

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
3-D моделирование
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

В методических указаниях, составленных в соответствии с требованиями ФГОС ВО, основное внимание уделено изучению методики построения трехмерных твердотельных моделей изделий.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, направленность (профиль) «Технология машиностроения»), квалификация выпускника – бакалавр.

Составители:

доцент департамента ФМиИК Герасимов Р.В.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент М.А. Шпак
начальник отдела опытно-конструкторских работ
ОА «Электровтоматика» Горячий И.В.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Лабораторная работа №1 ПРИНЦИПЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	6
Лабораторная работа №2 ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭСКИЗОВ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ	20
Лабораторная работа №3 ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭСКИЗОВ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ. РАЗМЕРНАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ..	37
Лабораторная работа №4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ГЕОМЕТРИИ ЭСКИЗОВ.....	50
Лабораторная работа №5 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ	61
Лабораторная работа №6 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ.....	67
Лабораторная работа №7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ.....	79
Лабораторная работа №8 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	97
Лабораторная работа №9 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	114
Лабораторная работа №10 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ФУНКЦИЙ ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	129
Лабораторная работа № 11 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ТИРАЖИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	153
Лабораторная работа №12 СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ УЧАСТКАМИ	167
Лабораторная работа №13 СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ С КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ	184

Лабораторная работа №14 СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ СЕЧЕНИЯМИ.....	195
Лабораторная работа №15 ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ В СБОРОЧНЫХ МОДЕЛЯХ	209
Лабораторная работа №16 СОЗДАНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ	222

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все больше компаний для повышения конкурентоспособности переходят от двухмерного проектирования к трехмерному. Трехмерное проектирование деталей позволяет существенно сократить как сроки подготовки технической документации, так и сроки самого процесса проектирования, а также повысить его качество. Как правило, в качестве систем трехмерного проектирования используются системы автоматизированного проектирования среднего уровня.

Несмотря на широчайшее распространение САПР низшего уровня, при помощи которых выполняется около 70 процентов всех проектных работ, системы автоматизированного проектирования среднего уровня набирают все большую популярность. Данные системы по своим возможностям и функционалу все сильнее напоминают системы высшего уровня, но при этом в удобстве использования намного их превосходят, и хотя полностью охватывают функционал систем низшего уровня, уступают тем по простоте интерфейса.

Говоря о твердотельном моделировании, как в машиностроении так и в любой другой сфере проектирования, необходимо прежде всего понимать, что данный термин является сокращением от трехмерного твердотельного параметрического моделирования и является весьма отстраненным понятием по отношению к термину «Трехмерное моделирование».

Создание параметрических моделей заложено в саму идеологию систем автоматизированного проектирования среднего и высшего уровней, а параметрическое описание объектов является базой для всего последующего процесса проектирования.

На сегодняшний день, системы автоматизированного проектирования поддерживают параметризацию, которую можно разделить на несколько групп: табличную, иерархичную, вариационную и геометрическую, которые в зависимости от конкретной САПР представлены в той или иной форме, но практически всегда находящие отражение в функционале системы.

Процесс параметрического моделирования представляет собой- процесс описания конструктором математической модели объекта с различными параметрами, например, геометрическими, размерными, логическими и другими, изменение которых ведет к изменению конфигурации детали или сборки. Данное свойство позволяет решать сразу множество проблем при проектировании новых изделий, тем самым, снижая стоимость разработки и увеличивая жизненный цикл изделия.

Понимание принципов построения трехмерных твердотельных моделей позволит конструктору использовать в своей деятельности любые доступные в настоящий момент инструменты из создания, к которым относятся системы автоматизированного проектирования. Знание же инструментов создания твердотельных моделей и технологии их эффективного использования позволит существенно сократить как время разработки, так и переход между системами автоматизированного проектирования различных производителей.

Лабораторная работа №1 ПРИНЦИПЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель работы: Изучение правил построения простых и сложных твердотельных параметрических моделей, а также области их применения в машиностроении.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знание алгоритма построения трехмерных твердотельных моделей.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять наиболее рациональную последовательность построения трехмерных твердотельных моделей.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками определения последовательности выполнения операций при построении трехмерных твердотельных моделей.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: Повсеместный переход промышленных предприятий от двухмерного проектирования к трехмерному обуславливает необходимость изучения принципиальных подходов классификации и построения твердотельных моделей, для их последующего использования при разработке. Знания полученные в рамках практического занятия необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Отправной точкой для работы всех перечисленных машиностроительных систем автоматизированного проектирования, являются трехмерные твердотельные параметрические модели объектов, построение которых производится с применением определенных правил, идентичных для САПР различных производителей.

Алгоритм создания твердотельных моделей, в большинстве САПР, представляет собой выполнение кинематических операций или операций с изменяемыми сечениями, за которым следует модификация созданного тела при помощи аналогичных операций или операций добавления конструктивных элементов, к которым можно отнести создание отверстий, скруглений и фасок.

Под кинематическими операциями подразумевается процесс перемещения замкнутого контура по некоторой заданной траектории. Примером построения модели, путем перемещения контура по заданной траектории, может служить модель картинной рамки, процесс создания которой показан на рисунке .

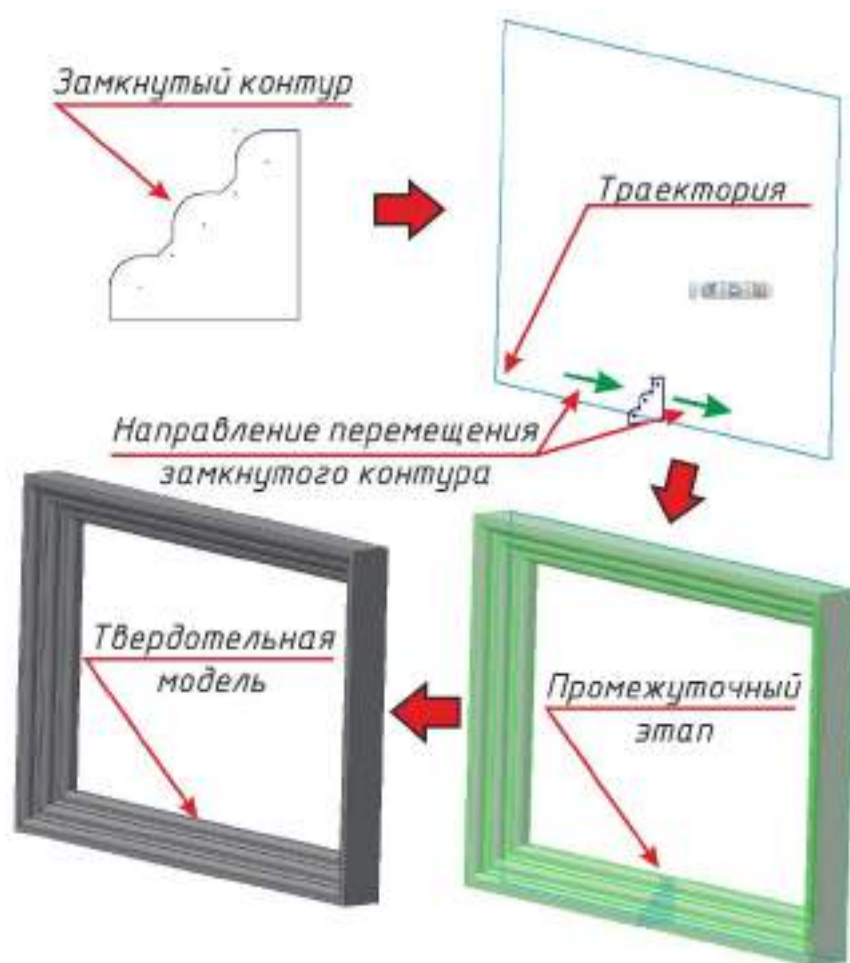


Рисунок 1 – Алгоритм выполнения кинематической операции

Рассматривая рисунок , можно поэтапно разложить процесс создания модели, который будет состоять из двух подготовительных и одного результирующего.

Первым этапом создания модели картинной рамы является определение, конструктором, формы и размеров ее поперечного сечения, с последующим созданием эскиза данного сечения инструментами двумерного проектирования, такими как отрезки, окружности, сплайны, дуги и т.д.

Вторым этапом является процедура создания эскиза содержащего траекторию, по которой будет перемещен эскиз с поперечным сечением рамы. Эскиз с траекторией, как и любой другой эскиз в САПР данного уровня, создается при помощи двумерных примитивов. При этом важно заметить, что траектория может иметь любую форму, а также быть не замкнутой в отличии от эскиза с профилем поперечного сечения.

В случае появления незамкнутого контура, в эскизе с профилем поперечного сечения, системой автоматизированного проектирования будет построена не твердотельная, а поверхностная модель, что является следствием возможности использования функциональных элементов моделей более низких порядков. Пример построения поверхностной модели показан на рисунке .

Третьим этапом построения модели является этап выбора соответствующей кинематической операции и выбор созданных ранее эскизов, то есть указание программе эскиза с контуром поперечного сечения и эскиза с траекторией. После указания которых, системой строиться фантомное изображение будущей модели. Результатом выполнения третьего этапа является построенная твердотельная модель объекта, в данном случае картинной рамы.

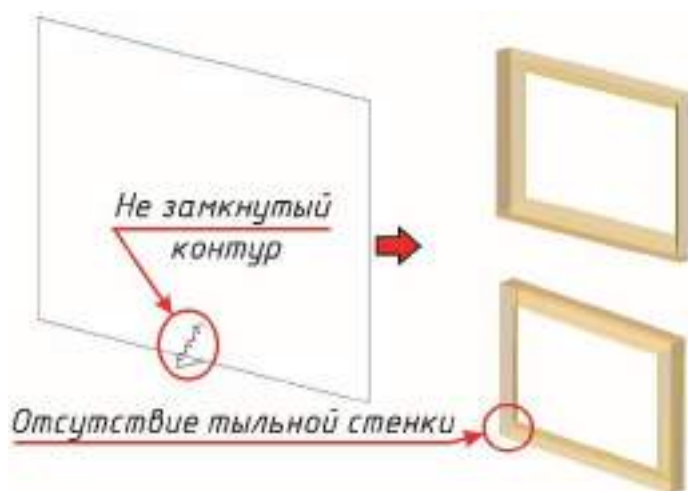


Рисунок 2 – Поверхностная модель

При помощи кинематических операций возможно создание моделей самых разнообразных форм, пример чего показан на рисунке .

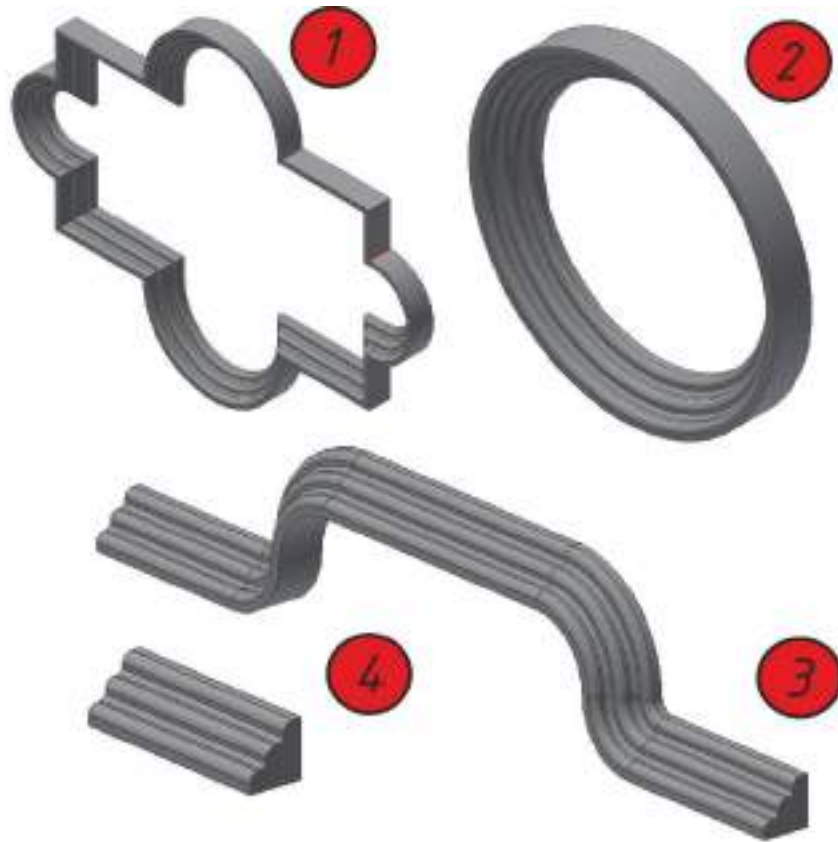


Рисунок 3 – Твердотельные модели, созданные при помощи кинематических операций

Рассмотренная кинематическая операция имеет в своей структуре два частных случая, позволяющих сократить рассмотренный алгоритм на один промежуточный этап.

Одним из частных случаев является кинематическая операция создания твердотельной модели по прямой траектории перпендикулярной плоскости эскиза с профилем поперечного сечения, пример чего показан на рисунке , под номером 4. Данный частный случай является наиболее распространенным методом построения призматических деталей и как правило в системах автоматизированного проектирования вызывается при помощи команды «Выдавливание». Использование специализированной команды, при моделировании, поз-

воляет сократить алгоритм до двух этапов: первый – подготовительный, с созданием эскиза, содержащего контур поперечного сечения, а второй - применение кинематической операции «Выдавливание». Алгоритм построения управляющего кулачка для токарно-револьверного полуавтомата 1Б140 показанного на рисунке ., представлен на рисунке .

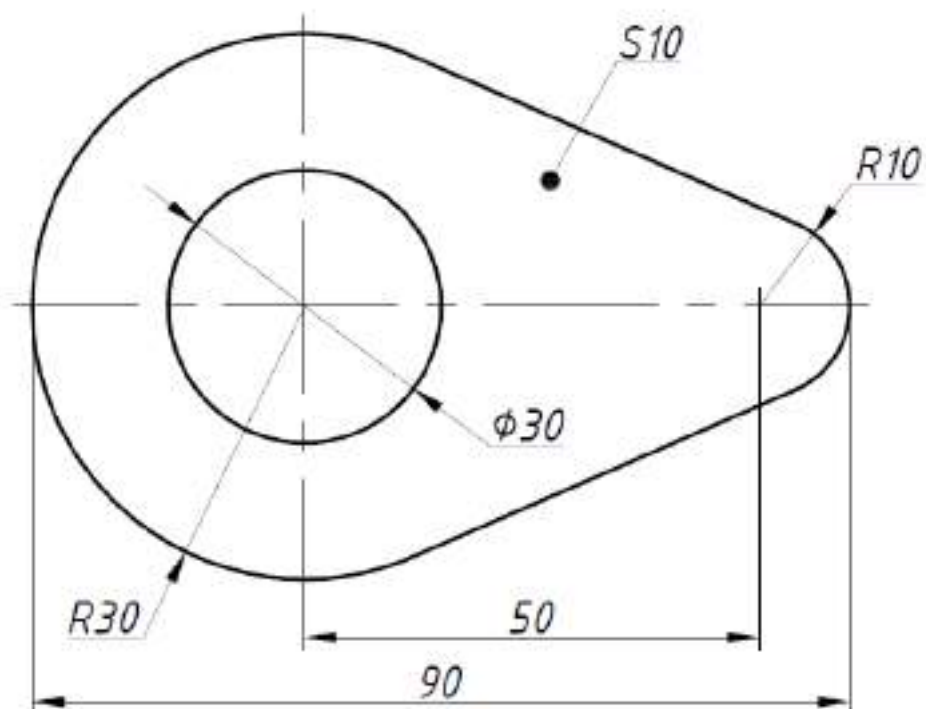


Рисунок 4 – Эскиз управляющего кулачка

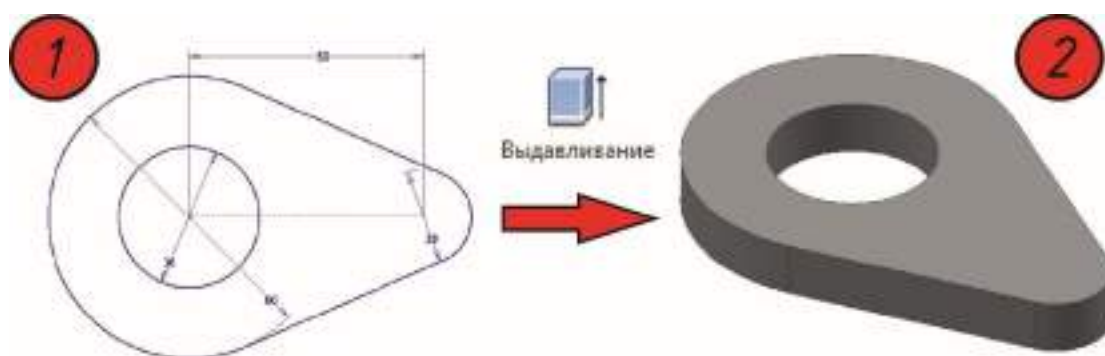


Рисунок 5 – Алгоритм выполнения операции выдавливания

Так, после подготовки эскиза содержащего профиль будущей модели и вызова команды «Выдавливание», разработчику остается указать лишь высоту выдавливания, которая в данном случае равна 10 мм.

Вторым частным случаем является кинематическая операция создания твердотельной модели с траекторией в форме окружности, то есть тела вращения. Внешний вид модели типа тела вращения показан на рисунке , под номером 2. Данный частный случай является наиболее распространенным методом построения тел вращения, и как правило, в системах автоматизированного проектирования вызывается при помощи команды «Вращение». Использование специализированной команды позволяет, аналогично первому частному случаю, сократить алгоритм создания модели до двух этапов, за счет использования всех необходимых построений в одном эскизе. Необходимость построения траектории в данном случае, заменяется осевой линией, которая является для системы определением тела вращения.

Алгоритм построения модели тела вращения, в качестве которого используется ступенчатый вал, показанный на рисунке , представлен на рисунке .

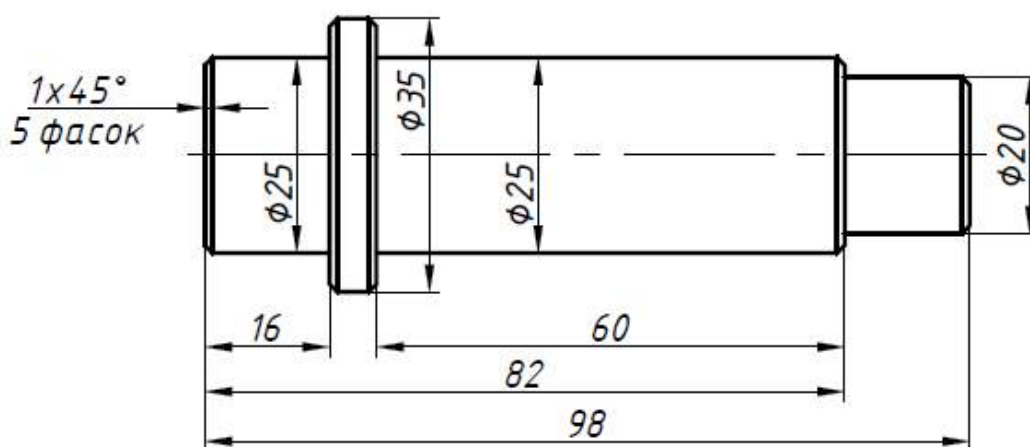


Рисунок 6 – Эскиз ступенчатого вала

тым, расположенным на необходимом расстоянии от оси, пример чего представлен на рисунке .

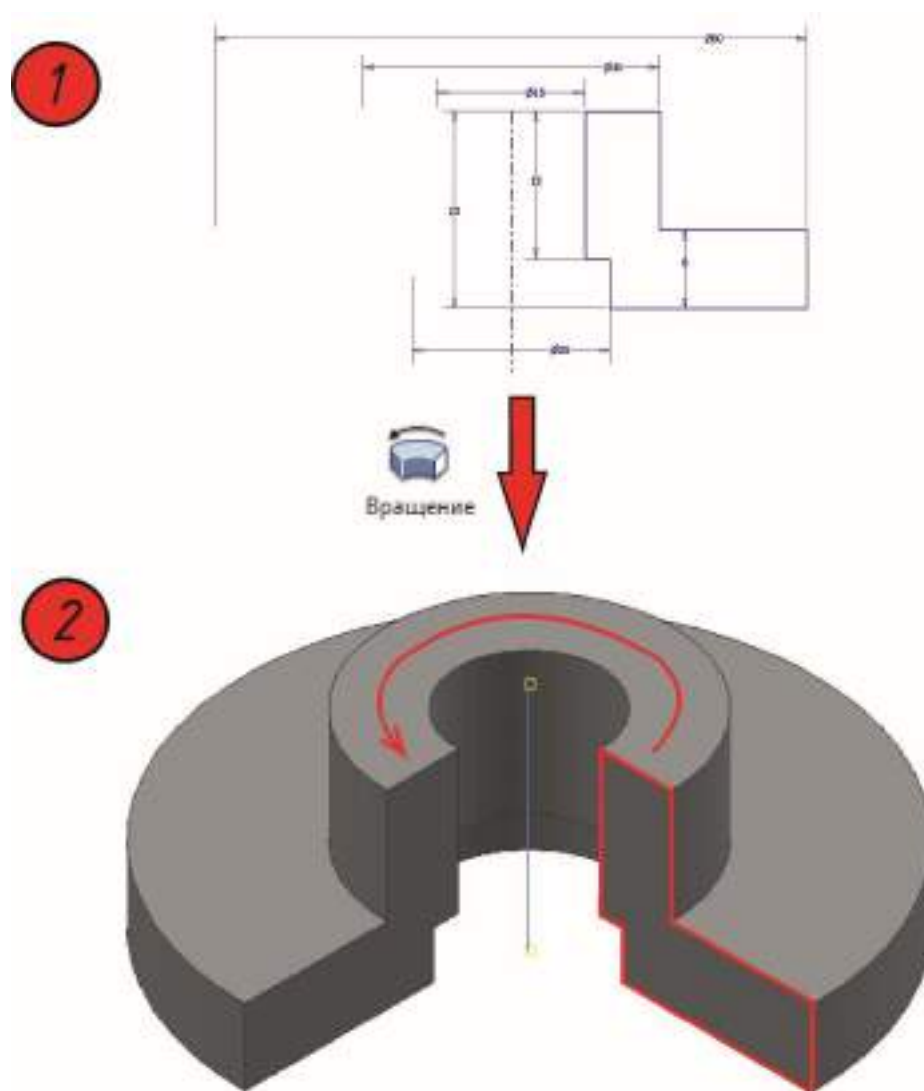


Рисунок 8 – Пример модели детали с осевым отверстием

Как правило, создание модели в одну операцию невозможно, в связи с чем появляется необходимость многократного повторения приведенного алгоритма, так как модели могут содержать в себе различные отверстия, пазы, выступы, и многое другое.

Достижение данной цели возможно благодаря использованию в системах автоматизированного проектирования операций основанных на применении булевой алгебры, то есть работы со множествами. Для понимания данного процесса необходимо рассматривать результат выполнения кинематических опера-

ций как множество точек ограниченных поверхностями и имеющими пространственные координаты, над которыми можно проводить следующие операции: сложение, вычитание, взаимное исключение. Примером выполнения операций сложения и вычитания может служить модель детали показанная на рисунке 9. Так представленную деталь можно рассматривать как совокупность трех множеств.

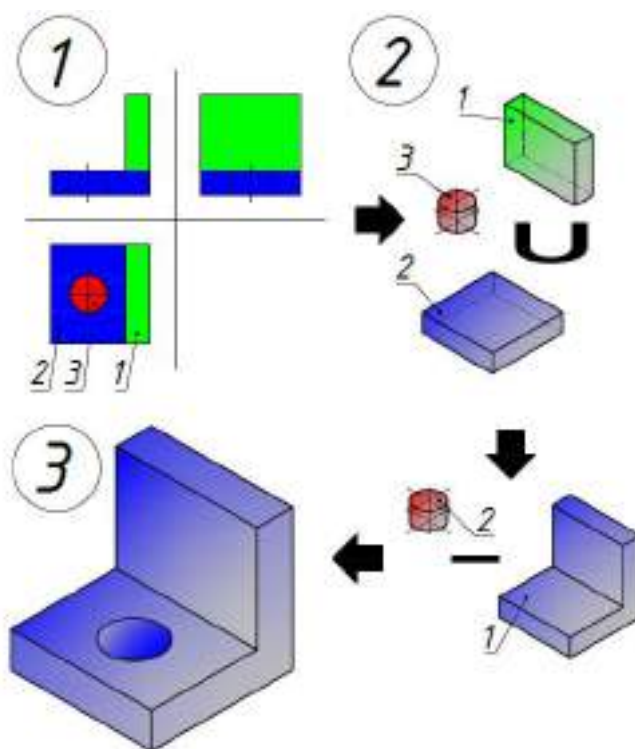


Рисунок 9 – Пример применения булевых операций

Которые представляют собой два параллелепипеда и один цилиндр, производя сложение параллелепипедов достигается получение г-образного тела, в котором отверстие получено вычитанием цилиндра.

Имея ввиду факт изучения именно параметризованных моделей и параметризации в целом, рассмотренный выше пример построения модели содержит в себе ошибку из которой становится возможным вывод правила построения моделей сложных деталей, заключающееся в следующем: построение модели необходимо производить с применением минимального числа кинематических операций. Таким образом, в данном случае, модель представленную на рисунке 9 требуется рассматривать как совокупность г-образного профиля, мо-

делирование которого возможно в рамках одной кинематической операции, и вычитания отверстия. То есть, получения модели за две операции «Выдавливание» вместо рассмотренных трех. Возникновение данного правила вызвано использованием в системах автоматизированного проектирования совокупности нескольких типов параметризации, к которым относятся: табличная, иерархическая, вариационная и геометрическая, а также существования проблемы параметризации [Ошибка! Источник ссылки не найден.] и стремления ее избежать. Анализ типов и проблем связанных с параметризацией будет произведен позднее.

Еще одной отличительной особенностью создания сложных моделей является невозможность прямой работы по модификации или созданию конструктивных элементов на поверхностях отличных от плоскости, а это, в свою очередь, требует от конструктора использования вспомогательной геометрии в целом, и создания дополнительных рабочих плоскостей в частности.

Для примера рассмотрим представленный ранее ступенчатый вал, но добавив в его конструкцию шпоночный паз, пример чего показан на рисунке 10.

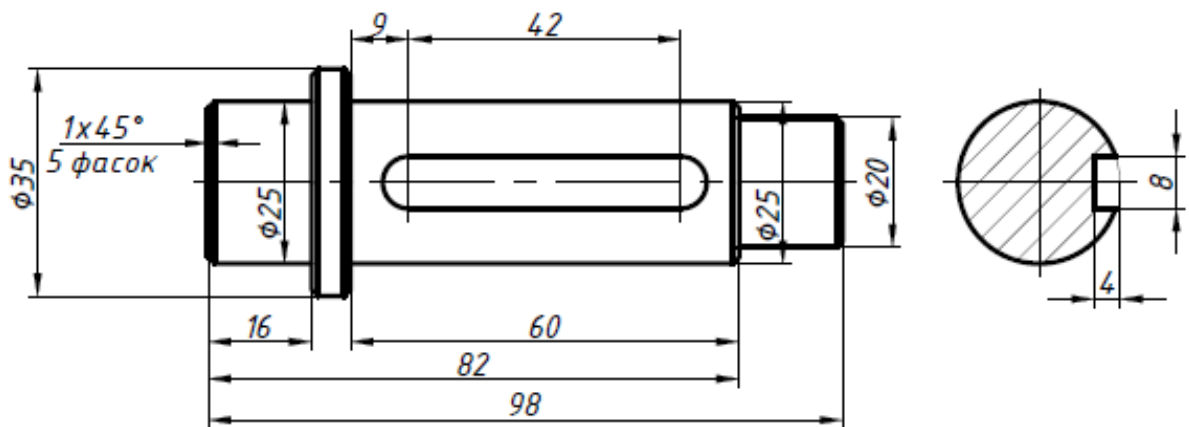


Рисунок 10 – Эскиз модифицированного ступенчатого вала

Построение данного шпоночного паза требует предварительного построения плоскости, касательной к цилиндрической поверхности его содержащей. Для выполнения данного этапа в системах автоматизированного проектирования существует возможность использования разнообразных вспомогательных инструментов, с возможностью задания условий построения, например, плос-

кость параллельная другой плоскости и касательная к цилиндрической поверхности, пример показан на рисунке 11.



Рисунок 11 – Построение вспомогательной геометрии

Дальнейшее построение конструктивного элемента выполняется по уже известному алгоритму построения эскиза, на созданной рабочей плоскости, и применения кинематической операции «Выдавливание», представленной на рисунке 12.

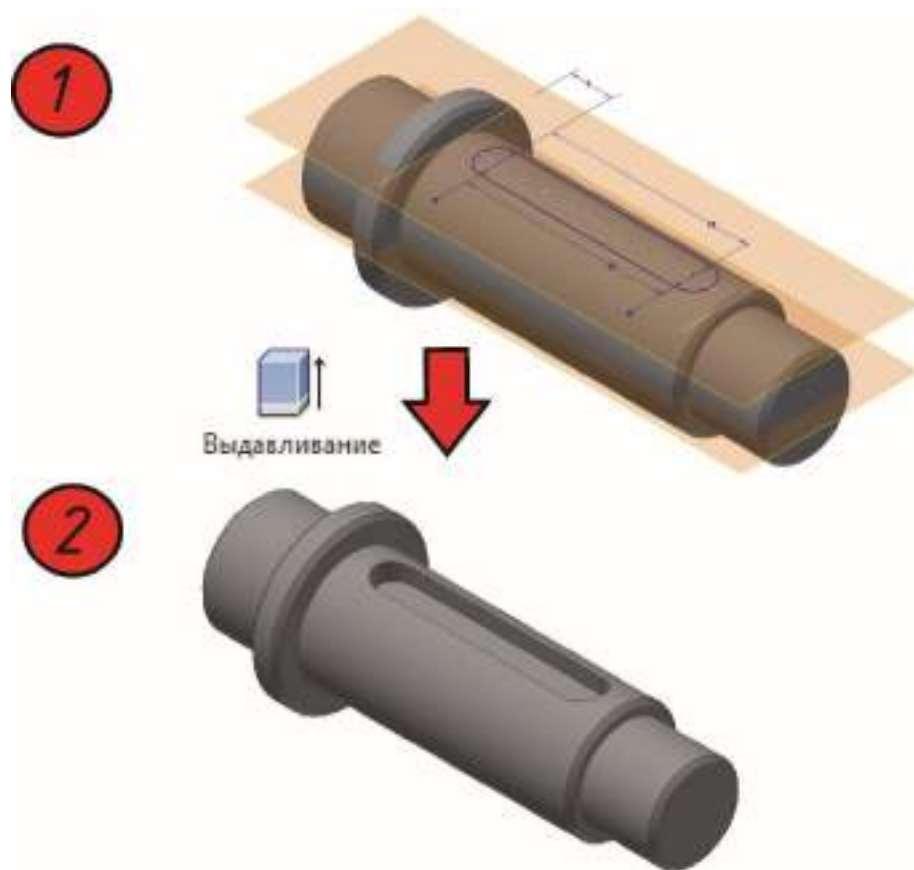


Рисунок 12 – Пример построения шпоночного паза

Представленный пример позволяет выполнить вывод следующего правила, руководство которым носит рекомендательный характер, а именно создание эскизов деталей, имеющих одну или несколько осей симметрии, необходимо выполнять с использованием точки начала координат, таким образом, чтобы оси симметрии и базовые оси глобальной системы координат совпадали. Выполнение данного правила позволяет решить две проблемы: первой из которых является необходимость строить эскизы с полным базированием, то есть, ограничением всех имеющихся степеней свободы всех примитивов входящих в эскиз; второй задачей является облегчение процедуры создания вспомогательных элементов.

В случае, если деталь не имеет осей симметрии, то необходимо использовать базовые плоскости как основание для будущего эскиза, а точку начала координат в качестве опорной точки при создании примитивов.

Создание моделей деталей второй группы ,с использованием операций с изменяемыми сечениями, в общем виде аналогично процессу создания кинематических операций, в них присутствует подготовительный этап и этап выполнения операции, с той лишь разницей, что подготовительный этап представляет собой подготовку нескольких эскизов, с использованием вспомогательных плоскостей расположенных на различном расстоянии и углами наклона по отношению друг к другу. Примером деталей, при моделировании которых необходимо создание подобных операций, может служить большинство бытовых приборов и хозяйственного инвентаря.

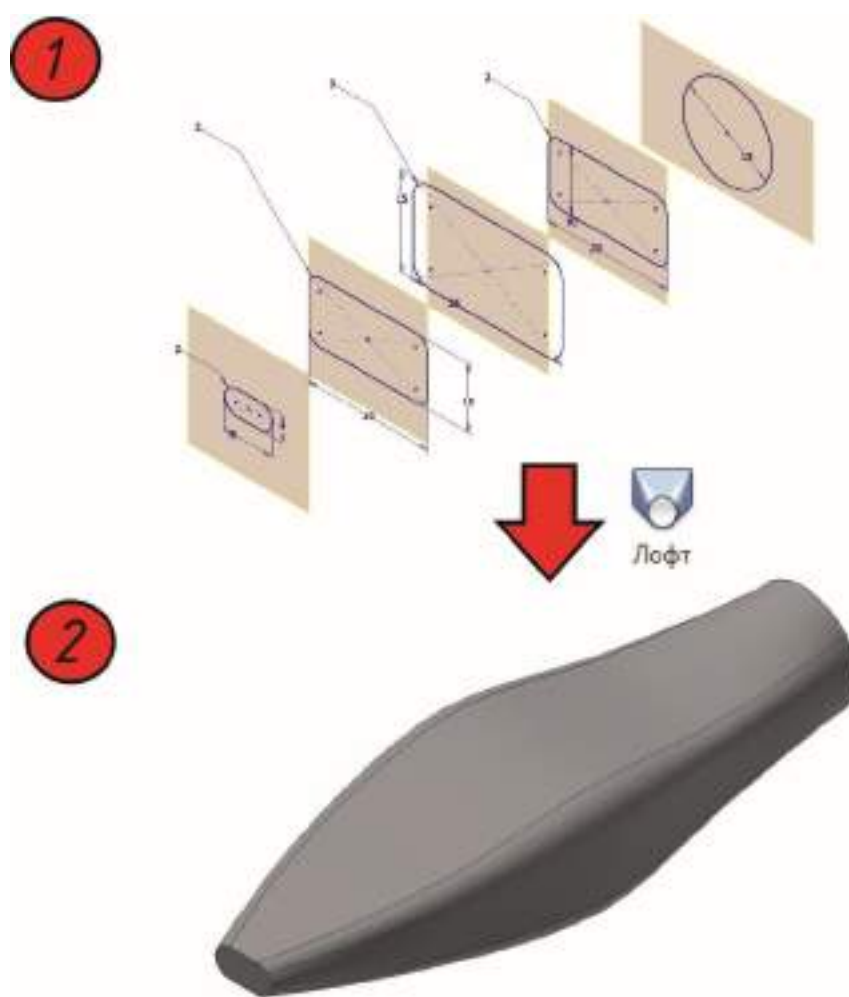


Рисунок 13 – Пример операции с изменяемыми сечениями

Из рисунка 13 видно, что для создания модели сложной пространственной формы потребовалось создание пяти рабочих плоскостей, на расстоянии 20 мм друг от друга и создания пяти эскизов на данных плоскостях.

В остальном, создание сложных моделей при помощи данной операции, не отличается от использования кинематических операций и все описанное ранее справедливо и для этого случая. Пример готовой модели бойка слесарного молотка сделанный на основе операции с изменяемыми сечениями и кинематических операций выдавливания показан на рисунке 14.



Рисунок 14 – Модель бойка слесарного молотка

Для выполнения данной модели потребовалось использование одной операции с изменяемыми сечениями, выполнения двух операций выдавливания, введения одной дополнительной рабочей плоскости и применения таких конструктивных элементов как скругление.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Для заданного преподавателем варианта, разработать дерево построений модели, и поэтапно описать процесс ее моделирования с указанием всех кинематических операций и приведением эскизов.

2. Результаты оформить в системе автоматизированного проектирования Autocad на формате А3, с заполнением основной надписи согласно ГОСТ 2.104-2006.

3. Понятие кинематической операции.

4. Системы автоматизированного проектирования среднего уровня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>

2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>

4. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>

5. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Лабораторная работа №2 ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭСКИЗОВ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ

(Работа проводится в интерактивной форме)

Цель работы: Изучение принципов использования геометрических зависимостей при построении эскизов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знание принципов построения и параметризации эскизов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять создавать и параметризовать эскизы.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования технологии параметризации в системах автоматизированного проектирования.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: Обусловлена необходимостью решения задачи автоматизации выполнения типовых операций, решение которой невозможно без изучения геометрической и вариационной составляющих параметризации и их применения в рамках процесса проектирования. Знания, полученные в ходе практического занятия, будут востребованы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рассмотренный ранее алгоритм создания моделей предполагает построение на первом этапе эскиза, но данному этапу как правило предшествуют подготовительные этапы по выбору и созданию файла модели. В системе автоматизированного проектирования пользователю доступна возможность создания нескольких типов файлов к которым относятся: «Деталь», «Сборка», «Чертеж» и «Презентация», каждый из которых имеет свой формат и предназначение.

Файл типа «Деталь» имеет формат ***.ipt** и предназначен для создания параметрических моделей деталей, состоящих из одного или нескольких твердых тел (Мультидеталь), а также моделей деталей из листового материала.

Файл типа «Сборка» имеет формат ***.iam** и предназначен для создания моделей сборочных узлов, сварных конструкций и пресс-форм для литья пластика.

Объект типа «Чертеж» имеет два формата: ***.dwg**; ***.idw** и предназначен для создания ассоциативных чертежей на основе трехмерных моделей деталей и сборочных узлов. Чертеж системы с форматом *.dwg требует конвертирования для его обработки с системе AutoCAD.

Объект типа «Презентация» имеет формат ***.ipn** и предназначен для создания анимированных схем сборки изделий.

Каждому типу объектов соответствует несколько типов стандартов со своими шаблонами, выбор же конкретного шаблона осуществляется при создании файла.

Создание нового файла осуществляется при помощи команды «Создать» расположенной в меню приложения или вкладке ленты «Начало работы». После активации команды перед пользователем возникает диалоговое окно «Создать новый файл» (Рисунок 15) с возможностью выбора типа файла и его шаблона.

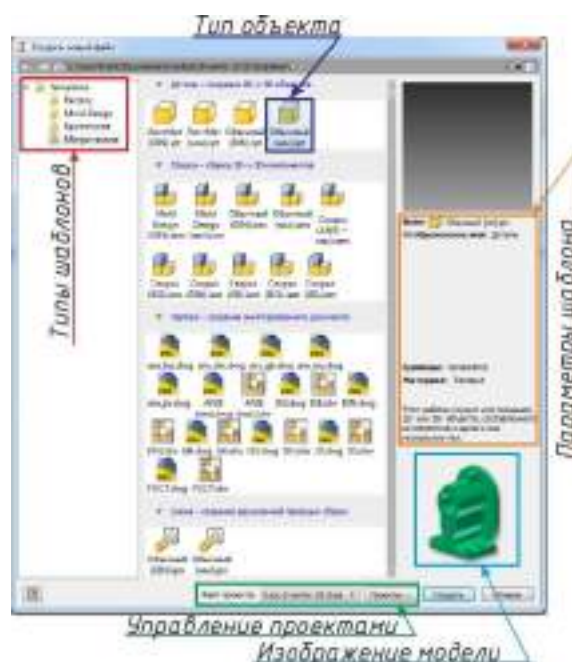


Рисунок 15 – Диалоговое окно «Создать новый файл»

Из рисунка 15 видно, что окно «Создать новый файл» помимо выбора типа и шаблона файла позволяет изучить параметры шаблона и пример детали наиболее характерной для данного типа файла, а также выбрать или создать проект, в состав которого должен входить создаваемый файл.

После выполнения подготовительных этапов по выбору шаблона и созданию файла разработчику становится доступен весь инструментарий моделирования. При этом необходимо заметить, что при разработке сборочных единиц классическая методика проектирования подразумевает создание эскизной компоновки изделия и лишь в последующем более конкретную проработку каждой конкретной детали. Данный подход к организации работы над изделием справедлив и для системы и более того является предпочтительным. В связи с этим при работе с типом моделей «Сборка» у разработчика всегда имеется возможность спуститься на уровень ниже и выполнить проработку как новой детали так и уже существующей.

Создание новой модели детали в рамках работы со сборкой выполняется при помощи команды «Создать» вкладки «Сборка», расположенной на ленте,

после выполнения которой перед пользователем открывается диалоговое окно «Создание компонента по месту» (Рисунок 16).

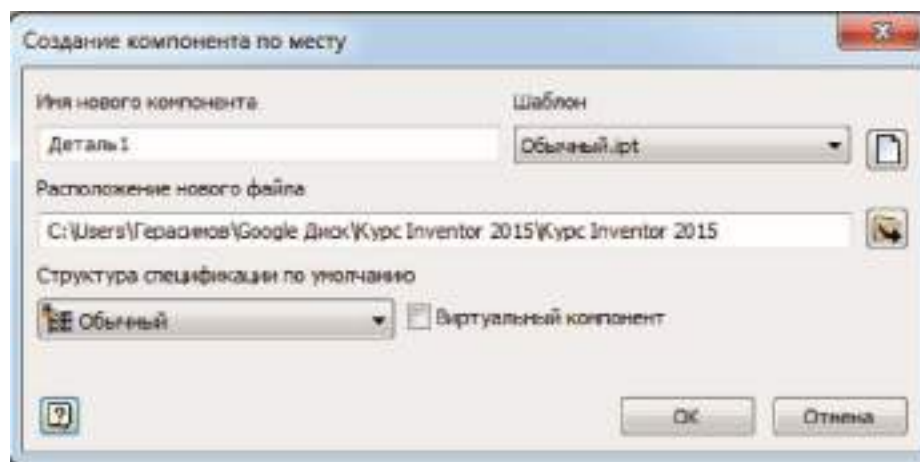


Рисунок 16 – Диалоговое окно «Создание компонента по месту»

Рассматривая окно, представленное на рисунке 16, можно заметить что при создании файлов в рамках сборки разработчик может указывать тип файла, например, «Деталь», «Сборка», задавать структуру спецификации, а также задавать наименование до сохранения, но при этом теряет возможность выбора или создания проекта. Невозможность выбора проекта в данном случае вызвана созданием файла более высокого уровня в каком-либо проекте.

После создания компонента данным образом перед пользователем возникает окно системы по инструментарию и возможностям аналогичное окнам, получаемым при обычном алгоритме создания, для каждого конкретного типа файла.

В системах автоматизированного проектирования, поддерживающих возможность создания трехмерных параметрических моделей, процесс моделирования всегда начинается с построения эскиза будущей детали.

Эскизом в черчении называется изображение детали, выполняемое без использования чертежных инструментов и точного соблюдения масштабов. При этом в современных системах среднего уровня понятие эскиза несколько отличается от представленного выше и несет в себе несколько иные функции.

Эскизом в САПР называется наиболее характерное изображение детали на основании, которого происходит построение модели, то есть вид наиболее полно описывающий конструкцию будущей детали, например, для, представленной на рисунке 17, детали наиболее полно раскрывающим конструкцию видом является вид показанный на рисунке 18.



Рисунок 17 – Модель детали «Полка»

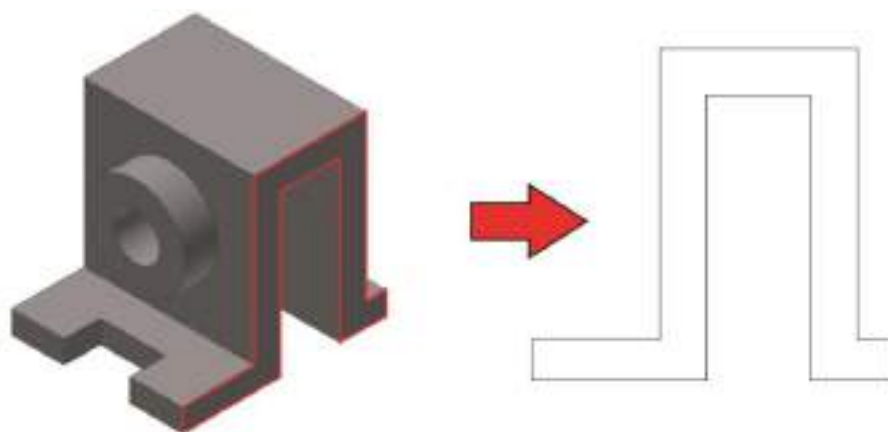


Рисунок 18 – Наиболее характерный вид

Другими словами эскиз – это профиль элемента или любой геометрический объект (траектория сдвига, ось вращения и т.п.), необходимый для создания конструктивного элемента [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Несмотря на то, что системы автоматизированного проектирования уже в самих себе несут весь функционал чертежных инструментов, они позволяют пользователю на первоначальных этапах создавать эскизы без точного соблюдения масштабов и пропорций. Более того основная идея создания эскиза за-

ключается в возможности проработки формы будущей детали а не ее размеров, масштабов и пропорций. Другими словами от пользователя первоначально требуется выполнить профиль будущей детали не обращая внимание на несоответствие реальных размеров необходимым. Данная особенность является следствием параметризации используемой в САПР среднего уровня, так как эскизы тоже являются параметрическими. И уже после проработки формы пользователю необходимо привести все размеры контура в соответствие с требуемыми. А это в свою очередь является общностью понятия эскиза в классическом понимании при ручном черчении и системах автоматизированного проектирования.

Для создания эскиза в системе необходимо активировать функцию «Создать 2D эскиз», расположенную во вкладке «3D-модель», и выбрать базовую плоскость, в которой должен находиться создаваемый эскиз, пример чего показан на рисунке 19.

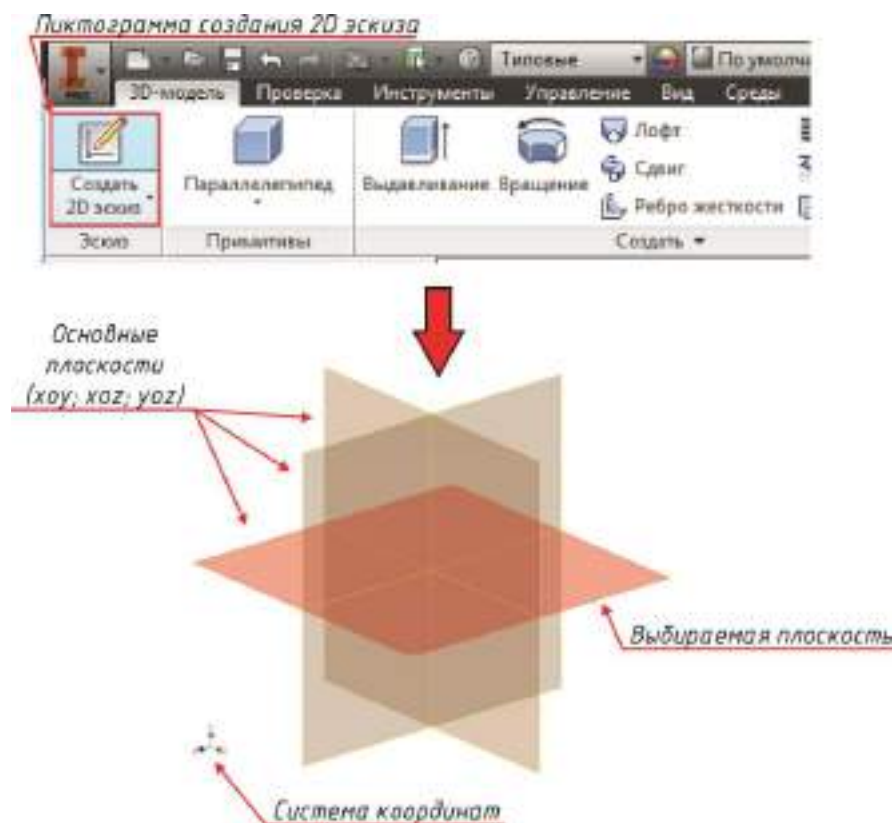


Рисунок 19 – Создание 2D эскиза

За выбором базовой плоскости следует ее автоматическая ориентация в пространстве, и установка вида перпендикулярного взгляду пользователя.

Представленный алгоритм создания плоского эскиза может быть сокращен на один этап путем задания постоянной плоскости первого эскиза в параметрах системы, например для постоянного создания эскиза в плоскости ХОУ необходимо во вкладке «Деталь» диалогового окна «Параметры системы» выбрать пункт «В плоскости ХУ» функциональной зоны «Автоматическое создание эскиза». Пример данного действия показан на рисунке 20.

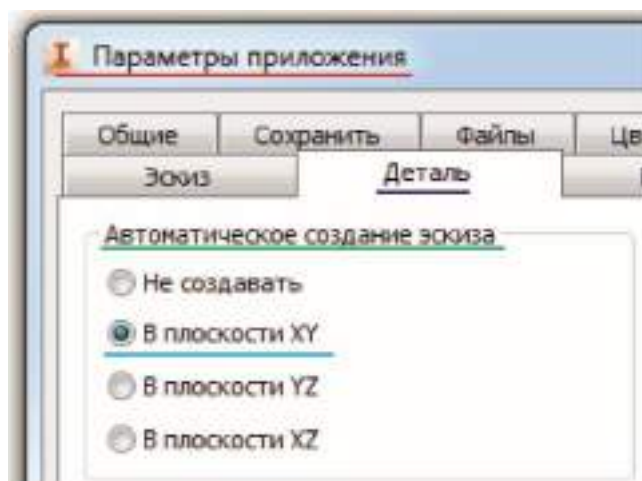


Рисунок 20 – Указание постоянной плоскости эскизов

В случае невозможности создания модели на основе одного эскиза (наиболее часто встречающиеся модели) в качестве плоскостей для дополнительных могут выступать любые плоские поверхности как имеющиеся геометрии, так и построенные специально при помощи различных вспомогательных элементов, пример данного действия показан на рисунке 21.

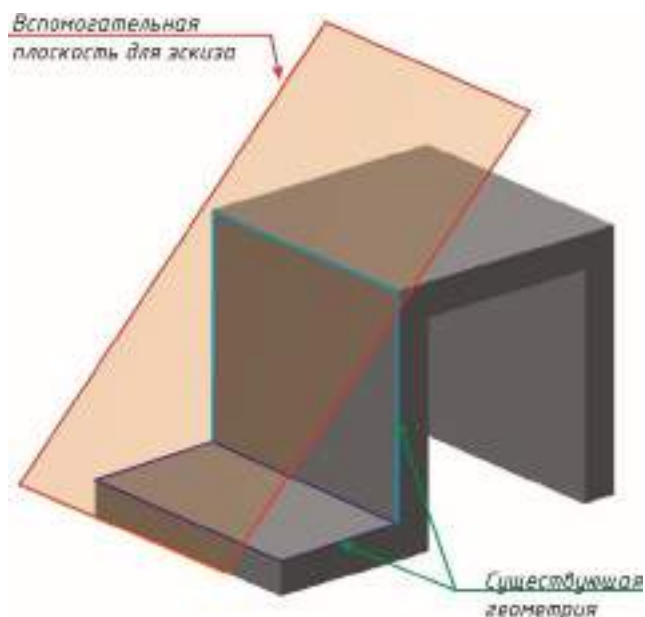


Рисунок 21 – Поверхности для создания эскизов

Построение эскиза осуществляется при помощи геометрических примитивов, аналогично любой системе векторной графики, а все необходимые для этого элементы собраны в одноименной вкладке, которая доступна постоянно и присутствует в ленте таких типов документов как: чертёж; деталь; сборка. Внешний вид данной вкладки представлен на рисунке 22.

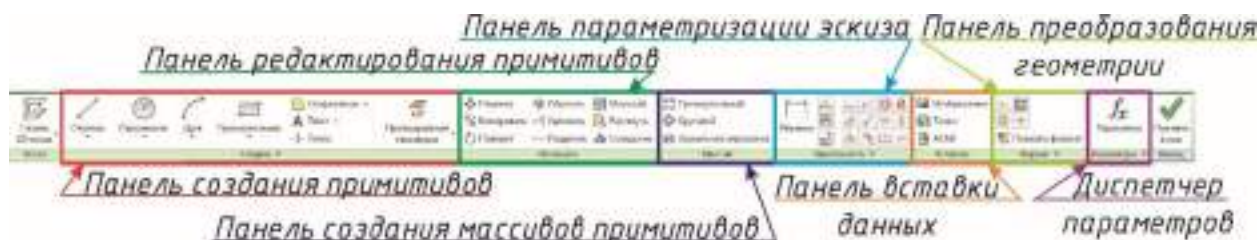


Рисунок 22 – Вкладка «Эскиз»

Вкладка «Эскиз» состоит из ряда панелей инструментов к которым относятся:

- «Создать» – панель создания и проецирования геометрии;
- «Изменить» – панель редактирования геометрии;
- «Массив» – панель создания массивов примитивов;
- «Зависимость» – панель параметризации эскизов, содержащая геометрические и размерные ограничения;

- «Вставка» – панель вставки растровых изображений, геометрии на основе данных электронных таблиц и геометрии на основе чертежей AutoCAD;
- «Формат» – панель преобразования геометрии и ее формата;
- «Параметры» – панель работы с параметрами их импорта и экспорта в электронные таблицы.

Данный набор панелей инструментов позволяет всесторонне работать с геометрией и создавать эскизы не только при построении моделей, но и при оформлении чертежей. При этом под всесторонней работой с геометрией следует понимать не столько процесс создания формы будущей детали сколько проработку всех параметров и зависимостей определяющих ее.

К параметрам и зависимостям эскиза следует отнести два типа ограничений одним из которых являются геометрические ограничения, а другим размерные. Оба представленных типа ограничений являются элементами вариационной группы параметризации и позволяют однозначно определить зависимость одних примитивов эскиза от других.

Геометрический тип ограничений позволяет определить зависимости расположения примитивов в рабочей области и содержит следующие команды:



Зависимость совмещения – определяет ограничения на расположение точек относительно геометрии других примитивов, например концы отрезков, совмещенные в одной точке (Рисунок 23а), совмещение конечной точки отрезка с окружностью или ее центром (Рисунок 23б).

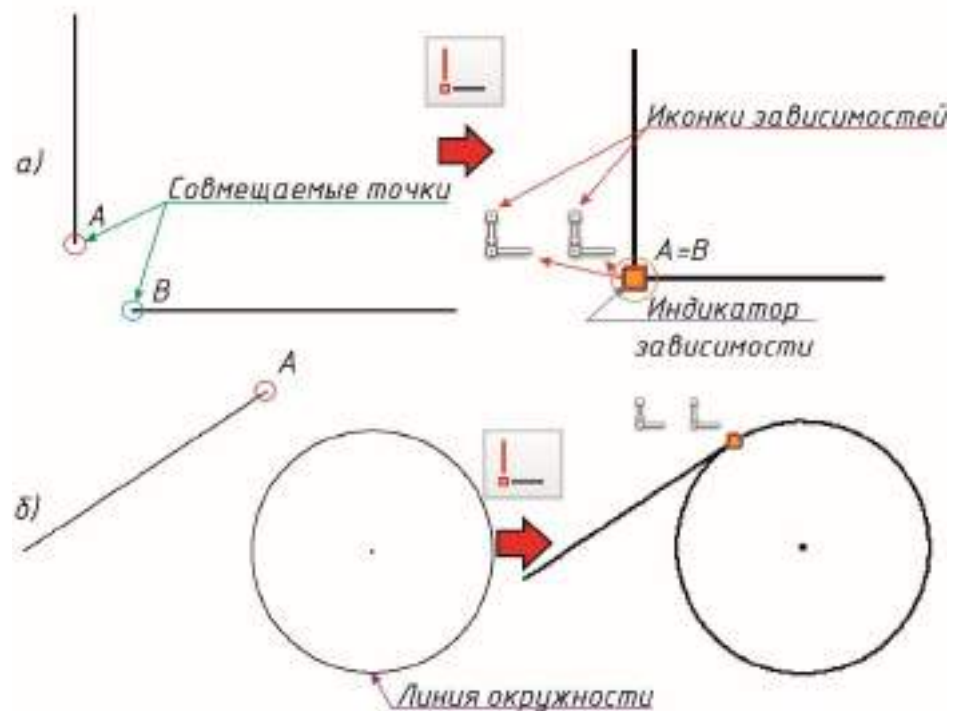


Рисунок 23 – Зависимость совмещения



Зависимость коллинеарности – определяет ограничения на расположение отрезков или осей эллипсов относительно друг друга, например расположение двух отрезков на вспомогательной линии (Рисунок 24).



Рисунок 24 – Зависимость коллинеарности



Зависимость концентричности – определяет ограничения на расположение центров окружностей, дуг и эллипсов, примером может служить процедура создания отверстий центры которых совпадают (Рисунок 25)



Рисунок 25 – Зависимость концентричности



Зависимость фиксации – определяет ограничение на расположение в системе координат эскиза характерной точки примитива или примитива в целом (Рисунок 26). При определении расположения примитива, цвет его линии меняется.



Рисунок 26 – Зависимость фиксации



Зависимость параллельности – определяет ограничения на расположение линейных объектов параллельно друг другу. Например, параллельность отрезка одной из сторон прямоугольника (Рисунок 27)



Рисунок 27 – Зависимость параллельности



Зависимость перпендикулярности – определяет ограничения на расположение линейных объектов перпендикулярно друг другу. Например, перпендикулярность отрезка одной из сторон прямоугольника (Рисунок 28).

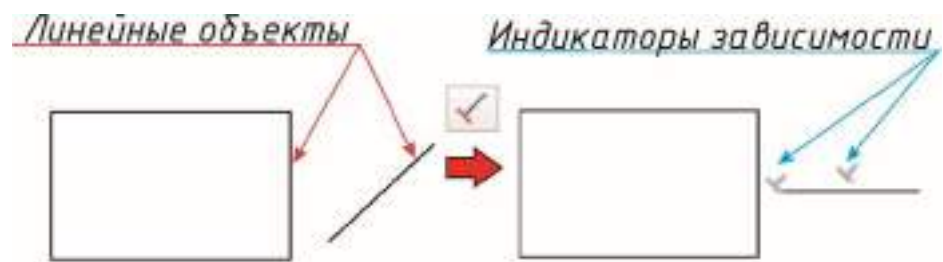


Рисунок 28 – Зависимость перпендикулярности



Зависимость горизонтальности – определяет ограничения на расположение линейных объектов строго горизонтально (Рисунок 29).

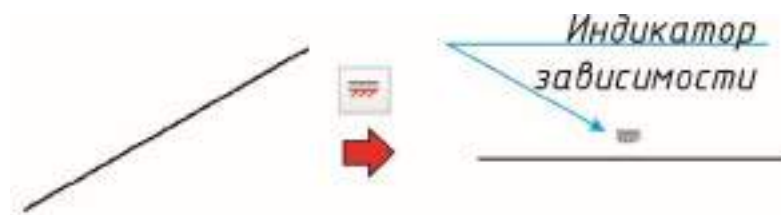


Рисунок 29 – Зависимость горизонтальности



Зависимость вертикальности – определяет ограничения на расположение линейных объектов строго вертикально (Рисунок 30).

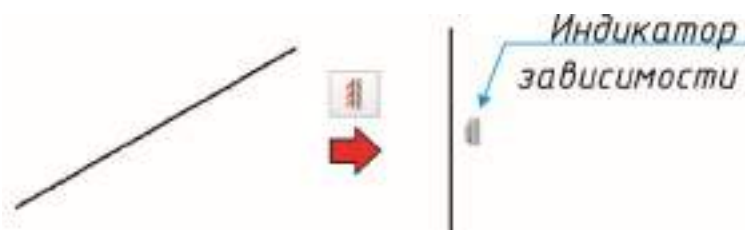


Рисунок 30 – Зависимость вертикальности



Зависимость касания – определяет ограничения на расположение линейных объектов относительно криволинейных (окружностей, дуг, эллипсов), и позволяет создать такой набор при котором через точку кривой возможно прохождение одной прямой. Например, определение точки окружности, через которую возможно прохождение лишь одного отрезка (Рисунок 31).



Рисунок 31 – Зависимость касания



Зависимость сглаживания – позволяет повышать размерность кривых для построения более плавных контуров. Примером может служить соединение двух отрезков при помощи сплайна, и его последующее сглаживание (Рисунок 32).



Рисунок 32 – Зависимость сглаживания



Зависимость симметричности – определяет ограничения на симметричное расположение примитивов относительно линейных объектов (Рисунок 33).

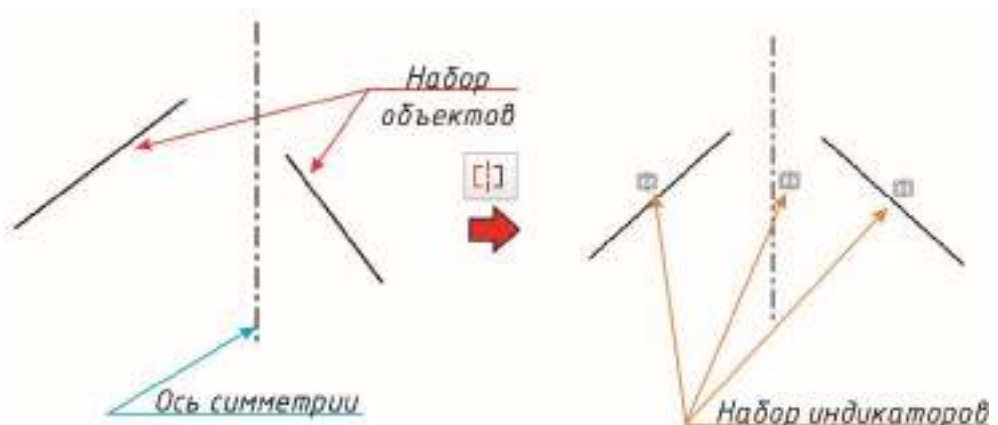


Рисунок 33 – Зависимость симметричности



Зависимость равенства – Позволяет ограничивать размеры одного геометрического объекта относительно другого (Рисунок 34).



Рисунок 34 – Зависимость равенства

Представленный набор зависимостей позволяет частично описать ограничения эскиза и определить поведение одних примитивов в зависимости изменения других.

При построении эскиза для будущей операции в системе формирование геометрических зависимостей создаваемых примитивов происходит автоматически в соответствии со стандартными настройками, пример чего показан на рисунке 35.

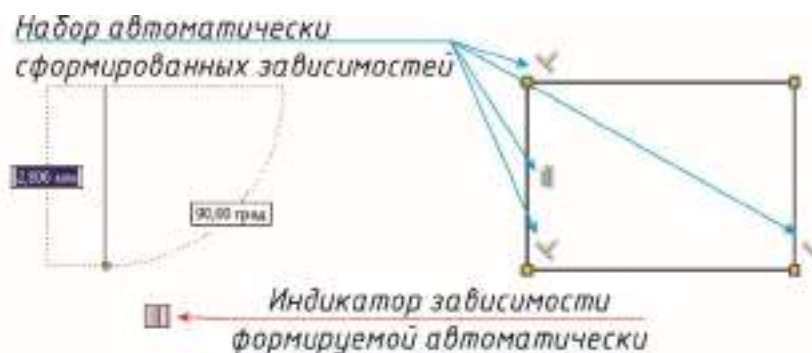


Рисунок 35 – Автоматическое формирование зависимостей

Следует заметить, что автоматическое формирование зависимостей не всегда является оптимальным решением при моделировании, так например, попытка поворота прямоугольника, представленного на рисунке 35, без изменения ограничений приведет к появлению ошибки (Рисунок 36).

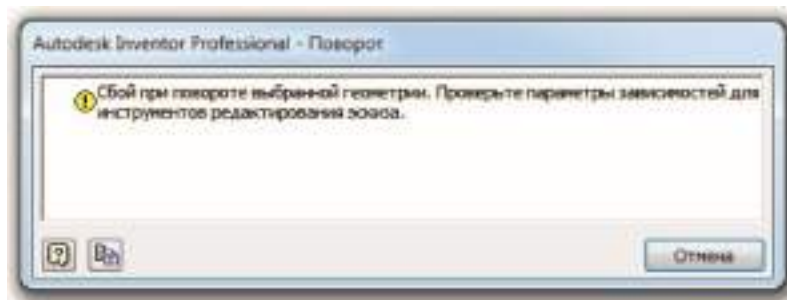


Рисунок 36 – Ошибка изменения геометрии

В данном случае ошибка вызвана наличием среди ограничений зависимости вертикальности, сформированной при построении одного из отрезков, как правило первого. С точки зрения решения проблемы параметризации автоматическое формирование зависимостей не может привести к появлению избыточного набора ограничений, а с конструктивной точки зрения как правило приводит, в связи с этим существует возможность настройки типов зависимостей формирование которых должно происходить автоматически. Для этого пользователю необходимо при помощи панели инструментов «Зависимость» открыть диалоговое окно «Настройки зависимостей» и перейти ко вкладке «Формирование», показанной на рисунке 37.

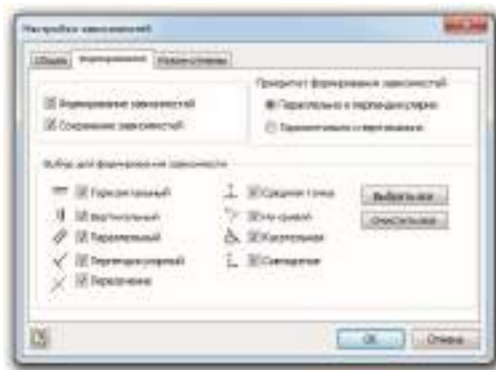


Рисунок 37 – Диалоговое окно «Настройки зависимостей»

В случае необходимости удаления какого-то конкретного геометрического ограничения необходимо первоначально выполнить процедуру отображения сформированных зависимостей в рабочей области эскиза. Выполнение данной процедуры возможно двумя способами: при помощи команды «Показать зависимости», расположенной в панели инструментов «Зависимость»; при помощи команды «Показать все зависимости», расположенной в строке состояния эскиза, которая показана на рисунке 38.

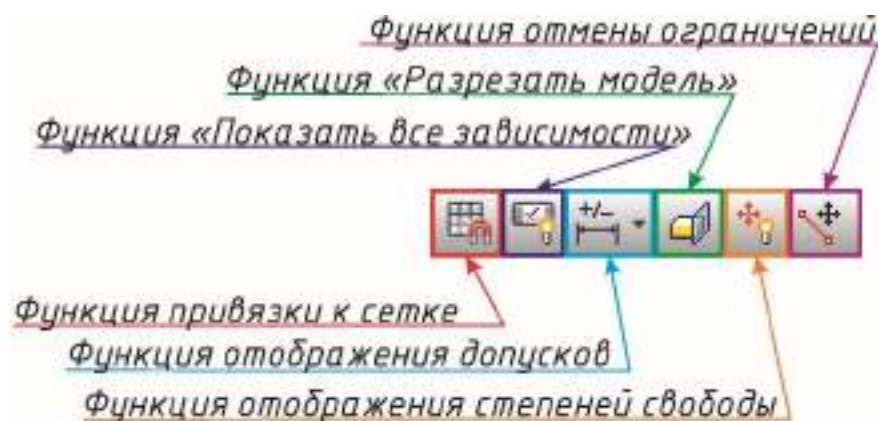


Рисунок 38 – Строка состояния эскиза

После отображения зависимостей необходимо выбрать требуемое ограничение и при помощи контекстного меню его удалить, пример чего показан на рисунке 39. Данное действие возможно также при помощи клавиши DELETE.



Рисунок 39 – Удаление геометрической зависимости

Из рисунка 38 видно, что помимо режима отображения зависимостей существует режим отображения степеней свободы (Рисунок 40), который позволяет пользователю увидеть варианты изменения положения примитивов, а также спрогнозировать ее поведение.

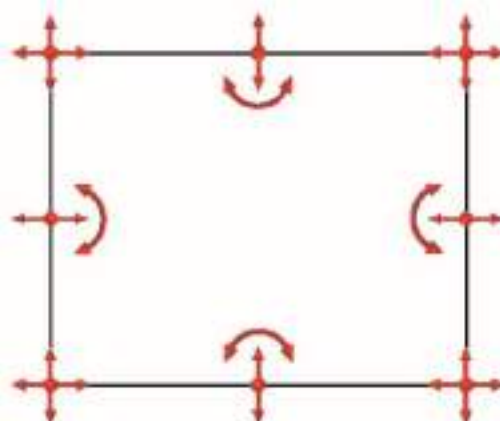


Рисунок 40 – Степени свободы примитивов

И хотя за счет использования большего количества геометрических зависимостей существует возможность уменьшения количества степеней свободы, полного определения геометрии достичь невозможно в связи с необходимостью ограничения размеров геометрических объектов. Ограничение размеров примитивов осуществляется при помощи второй группы зависимостей названных размерными.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить построение эскиза по выданному преподавателем чертежу.
2. Составить отчет по практической работе в текстовом процессоре MS Word с приведением снимков экрана с построенными эскизами, и с отображенными степенями свободы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>
2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>
4. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : элек-

тронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>

5. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Лабораторная работа №3 ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭСКИЗОВ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ. РАЗМЕРНАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ

Цель работы: Изучение принципов использования размерных зависимостей при построении эскизов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знание принципов построения и параметризации эскизов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определять создавать и параметризировать эскизы.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования технологии параметризации в системах автоматизированного проектирования.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: Обусловлена необходимостью решения задачи автоматизации выполнения типовых операций, решение которой невозможно без изучения геометрической и вариационной составляющих параметризации и их применения в рамках процесса проектирования. Знания, полученные в ходе практического занятия, будут востребованы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Нанесение размерных зависимостей выполняется также при помощи панели инструментов «Зависимость», в которой помимо наличия рассмотренных команд геометрических зависимостей, присутствует команда «Размеры».

Данная команда является универсальной, так как определение конкретного типа размера осуществляется в зависимости от выбранных примитивов и их расположения, так например при параллельном расположении линейных объектов будет применена параллельная размерная зависимость, а при даже вооб-

ражаемом пересечении будет применена угловая размерная зависимость, пример автоматического определения типа размера показан на рисунке 41.

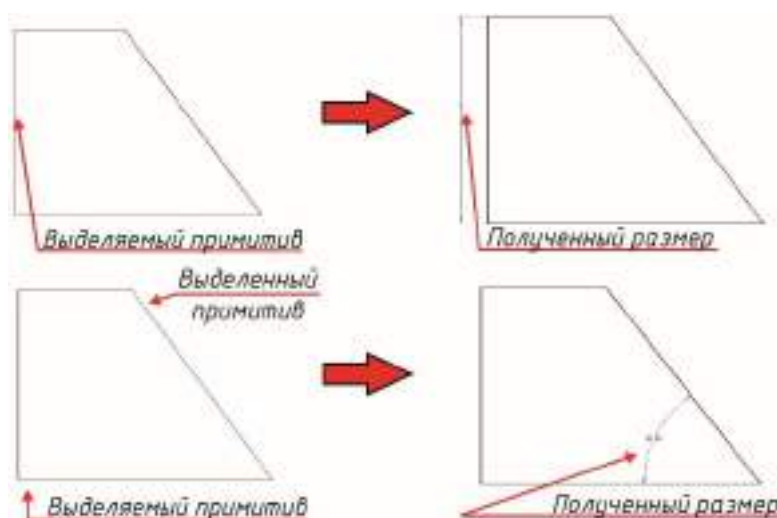


Рисунок 41 – Определение типа размера

При нанесении размерных зависимостей существует одна достаточно важная особенность, которая заключается в необходимости правильного выбора примитивов относительно которых должна быть применена зависимость. Так, например, существуют случаи, при которых зависимости неотличимы визуально, но несут в себе различные функции (Рисунок 42).

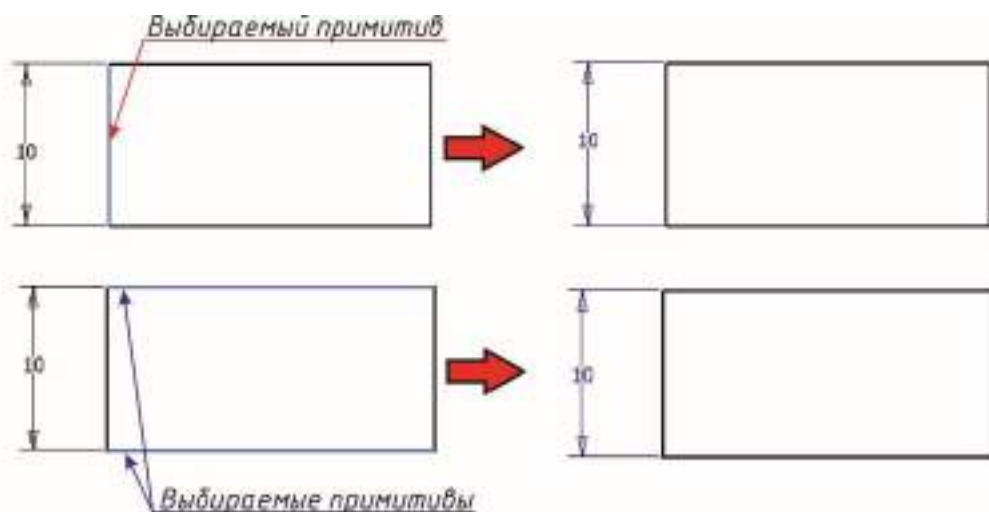


Рисунок 42 – Размерные зависимости

Примером данного случая может служить прямоугольник в качестве геометрических зависимостей которого установлены: совмещение конечных точек, горизонтальность одного отрезка и вертикальность другого отрезка, а также

совмещение конечной точки отрезка с началом координат эскиза (Рисунок 43). Данный пример позволяет наглядно продемонстрировать изменение степеней свободы, и важность правильного выбора необходимых ограничений.

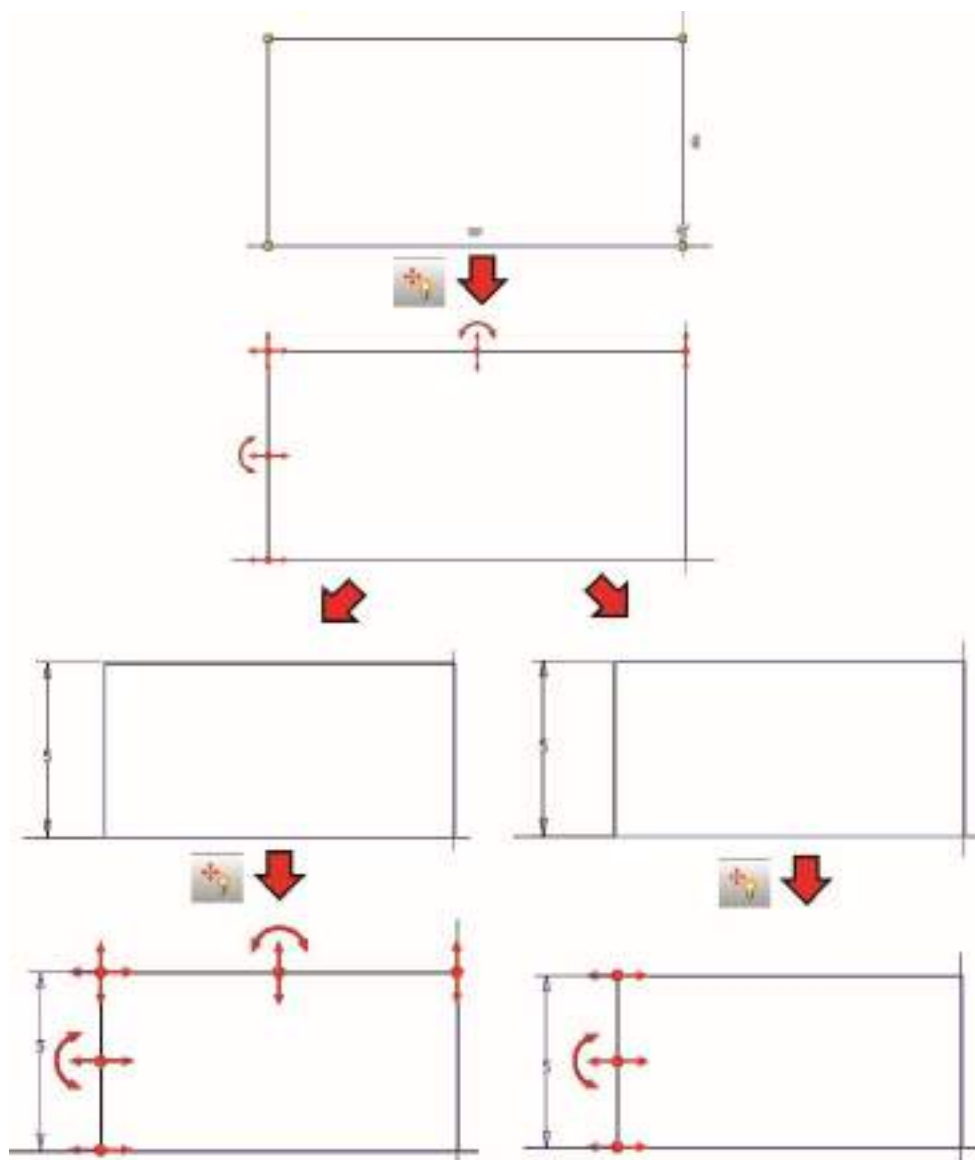


Рисунок 43 – Отличия действия размерных зависимостей

Рассматривая рисунок 43 можно увидеть, что в случае с указанием длины конкретного примитива количество степеней свободы остается неизменным, а при указании расстояния между примитивами происходит сокращение 4 степеней свободы, следовательно, это позволяет минимизировать количество ограничений необходимых для создания полностью определенной геометрии. Важ-

ность полного определения геометрии наиболее полно раскрывается при изучении проблемы параметризации.

Проблема параметризации заключается в неспособности человека отслеживать все зависимости в модели при их большом количестве. В следствие этого при моделировании сложных изделий может возникнуть 3 состояния модели:

1. Модель изделия полностью определена, задан набор зависимостей, количество которых необходимо и достаточно для правильного функционирования цифрового прототипа;
2. Модель изделия не определена, задан недостаточный набор зависимостей, правильное функционирование цифрового прототипа с точки зрения конструктора не гарантируется;
3. Модель изделия переопределена, задан избыточный набор зависимостей, блокирующих друг друга, в связи с чем работа цифрового прототипа невозможна, а устранение избыточности как правило приводит к полной его переработке.

Всестороннее исследование и оптимизация цифровых прототипов возможны лишь в первом случае, гарантированной адекватности и прогнозируемости результатов изменения параметров изделия.

При недостаточном наборе зависимостей современные системы автоматизированного проектирования в автоматизированном режиме дополняют модель необходимыми с их точки зрения зависимостями, работа которых, как правило, непредсказуема. При этом наличие большого числа зависимостей требующих проверки сводит на нет все преимущества применения САПР.

Развитие третьего случае в настоящее время практически невозможно в связи с автоматическим контролем избыточности в большинстве САПР среднего уровня.

В связи с описанными ситуациями можно сделать вывод общий как для построения эскизов, так и для моделирования в целом: построение моделей (эс-

кизов, сборок) следует производить с использованием минимального набора параметров необходимых для их полного описания .

Отход от данного правила, особенно на этапе построения эскизов, влечет за собой непропорциональное увеличение стоимости ошибки.

Рассматривая же в данном ключе способы нанесения размеров, представленные на рисунке 43, можно сделать вывод о правильности использования размера исключающего сразу 4 степени свободы. Достижение же минимального набора зависимостей возможно лишь при расширении правила рассмотренного в рамках первого практического занятия, а именно при использовании не только осей системы координат в качестве осей симметрии детали, но и при использовании точки начала координат рабочей области эскиза как базовой точки отсчета всех зависимостей, как размерных так и геометрических.

Так следом за созданием эскиза на одной из базовых плоскостей перед пользователем разворачивается рабочая область эскиза, имеющая внешний вид показанный на рисунке

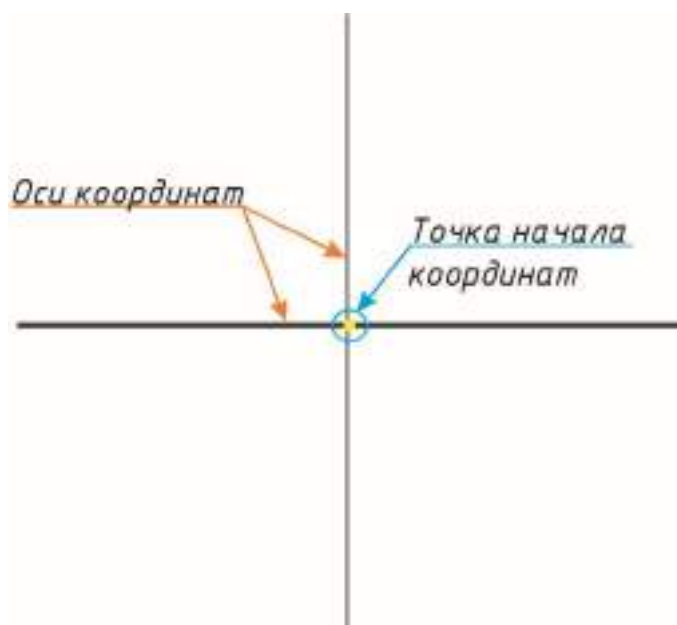


Рисунок 44 – Рабочая область эскиза

Исходя из описанного выше правила создание полностью определенного эскиза, содержащего прямоугольник возможно двумя способами: первый спо-

соб это привязка геометрии к базовой точке при помощи размерных зависимостей, а второй при помощи геометрических.

Руководствуясь рассмотренным выше правилом и рассматривая прямоугольник как геометрический объект, имеющий две воображаемые оси симметрии, можно сделать вывод о том, что его центр должен совпадать с точкой начала координат. Рассмотрим оба способа достижения данной цели. Как уже было замечено на начальном этапе необходимо проработать форму объекта, а не его размеры, в связи с этим создаваемый прямоугольник имеет произвольные размеры (Рисунок 45).



Рисунок 45 – Эскиз прямоугольника

При создании данного эскиза все геометрические зависимости сформированы автоматически, в связи с чем для полного определения геометрии эскиза необходим ввод 4 размерных ограничений, о чем свидетельствует надпись в правом углу строки состояния эскиза (Рисунок 46).

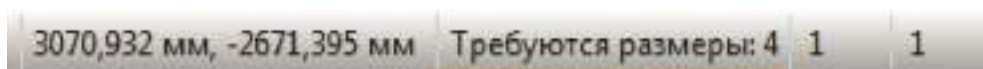


Рисунок 46 – Индикатор определенности

В данном случае четырьмя требующимися размерами являются: ширина, длина, расстояние от оси X до параллельного ей отрезка и расстояние от оси Y до параллельного ей отрезка. Результат данного варианта показан на рисунке 47.

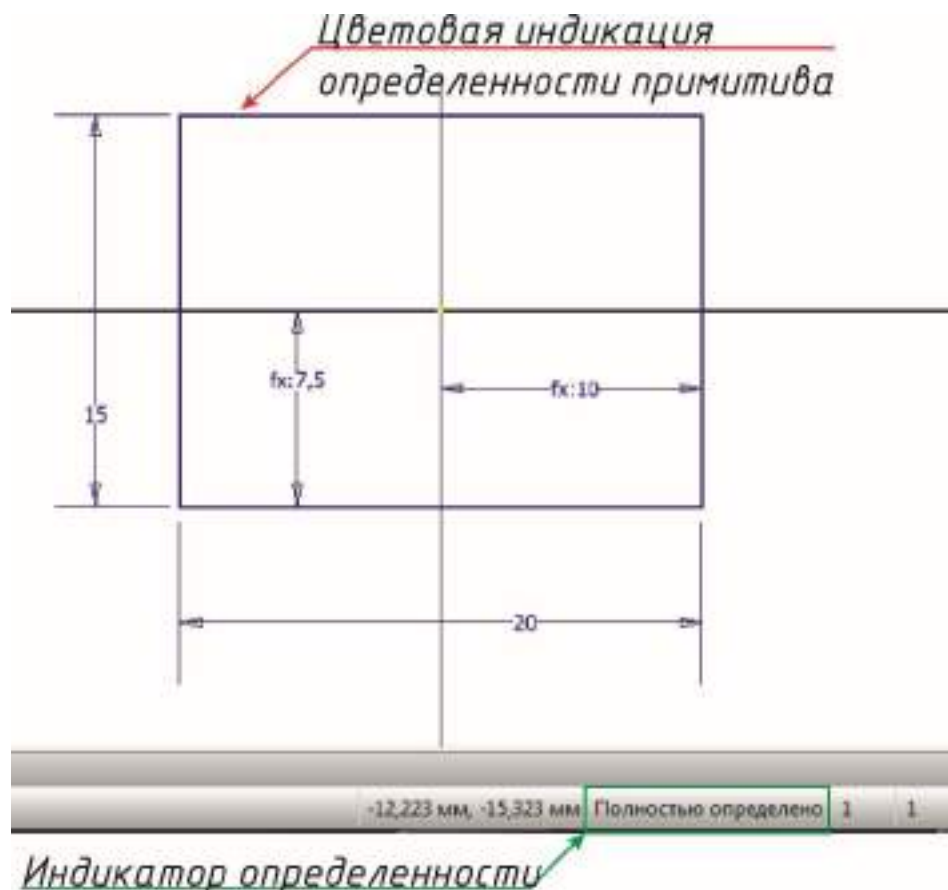


Рисунок 47 – Определение геометрии размерными зависимостями

Рассматривая рисунок 47 можно заметить два размера перед указанием значения которых имеется надпись «fx:», которая означает что определение конкретных значений происходит при помощи математических выражений. Для понимания способа создания аналогичных зависимостей необходимо рассмотреть правила учета системой размерных ограничений.

Введение в описание геометрии эскиза размерной зависимости указывает системе о определении новой переменной с определенным именем, так первой созданной, в системе, размерной зависимости присваивается имя переменной «d0», второй «d1», и так далее в порядке их добавления. Все определенные переменные записываются в диспетчер параметров. Структура записи переменных и внешний вид диспетчера показаны на рисунке 48.

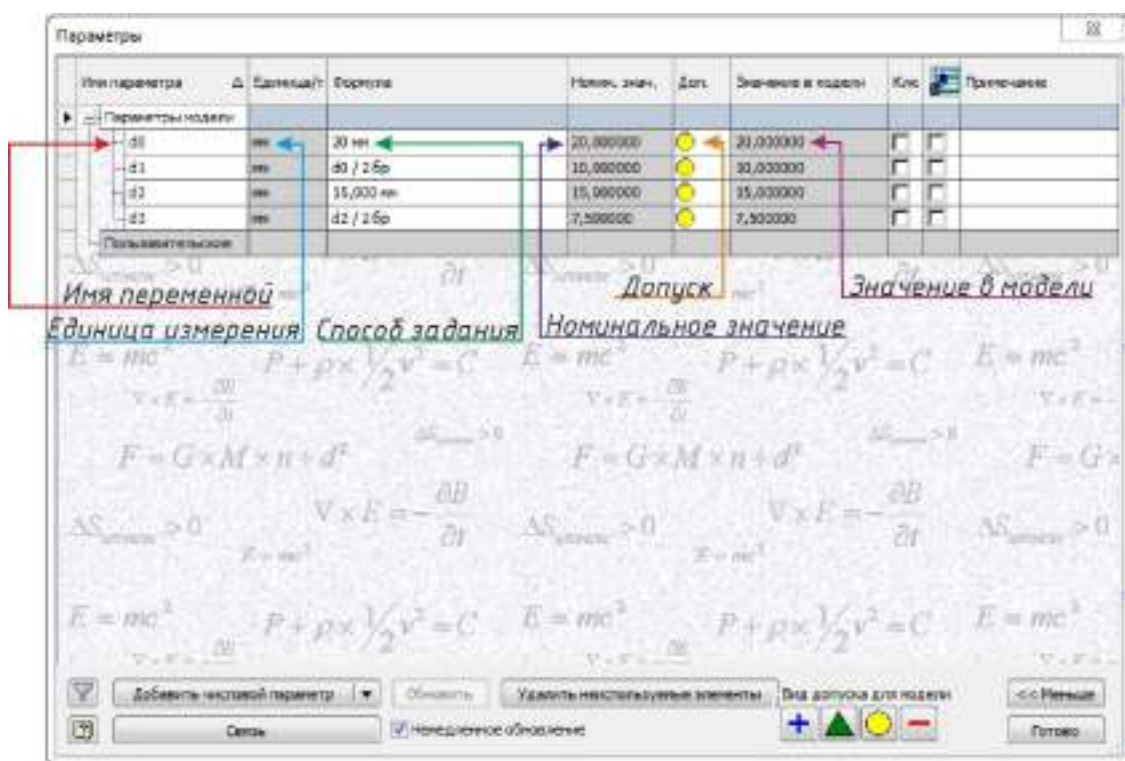


Рисунок 48 – Диспетчер параметров

Рассматривая структуру записи переменных можно выявить следующее: в качестве способа задания (поле «Формула») переменных «d1» и «d3» введены выражения «d0/2бр» и «d2/2бр» которые указывают системе о том что значение переменных «d1», «d3» равны половине значений переменных «d0», «d2» и их номинальные значения равны 10 мм и 7,5 мм соответственно. Представленная структура записи математического выражения во многом схожа со структурой записи формул в табличном процессоре Microsoft Excel, как по форме, так и по алгоритму задания. Работая с диспетчером параметров, для создания выражения необходимо установить курсор в ячейке поля «Формула» напротив нужной переменной и при помощи клавиатуры ввести необходимую формулу, которая может состоять как из констант так и ссылаться на другие переменные.

Создание аналогичных математических выражений позволяет в случае, показанном на рисунке 47, реализовать правило совпадение осей симметрии геометрической фигуры с осями системы координат при любых размерах сторон прямоугольника.

Рассмотренный вариант является абсолютно правильным с точки зрения работы системы автоматизированного проектирования, но при этом не является оптимальным из-за искусственного увеличения количества переменных а следовательно количества зависимостей которые необходимо контролировать. Так использование базовой точки более оптимально в совокупности с геометрическими зависимостями, определение которых не создает в системе переменных, поэтому следует рассмотреть этот же пример (Рисунок 45), но с включением базовой точки в структуру геометрических зависимостей.

Для использования геометрических зависимостей необходимо выполнить привязку базовой точки к существующей геометрии, причем сделать это так, чтобы она определяла геометрический центр прямоугольника. Для этого необходимо несколько модифицировать эскиз путем добавления дополнительного отрезка проходящего через центр прямоугольника, пример чего представлен на рисунке 49.

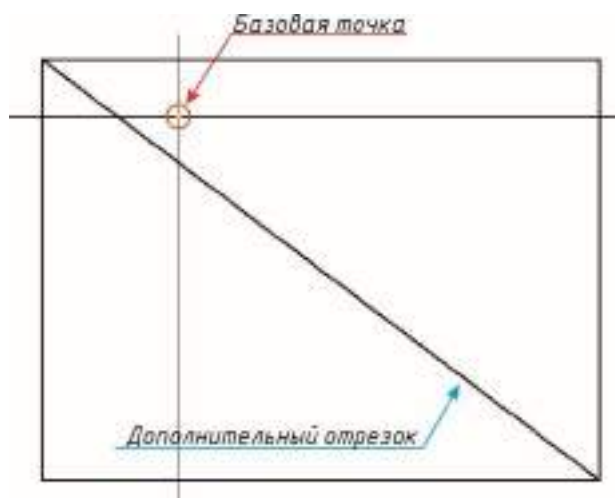


Рисунок 49 – Модификация эскиза

Теперь необходимо совместить центр дополнительного отрезка, который проходит через центр прямоугольника, с базовой точкой. Данное действие возможно при помощи зависимости «Совмещение», указав в качестве объектов совмещения базовую точку и среднюю точку отрезка, как показано на рисунке 50.

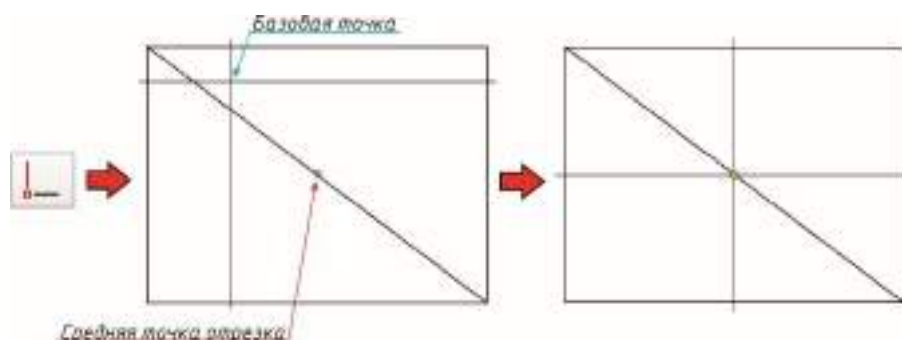


Рисунок 50 – Совмещение геометрии с базовой точкой

В результате выполнения такого совмещения количество размерных зависимостей необходимых для полного определения геометрии эскиза уменьшится с 4 до 2, о чем свидетельствует индикатор определенности (Рисунок 51)

Требуются размеры: 2

Рисунок 51 – Индикатор определенности после совмещения

Данными размерами являются: длина и ширина прямоугольника (Рисунок 52)

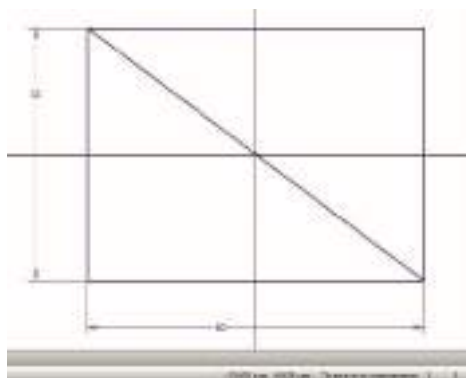


Рисунок 52 – Определение эскиза двумя размерными зависимостями

Представленный пример оптимизации количества размерных зависимостей требует дальнейшей проработки, так как для системы данный эскиз содержит два замкнутых контура в виде треугольников вместо одного необходимого. В связи с этим необходимо исключить из расчета дополнительный отрезок. Выполнение данного действия возможно при преобразовании отрезка в вспомогательную геометрию с помощью одноименной команды в панели инструментов «Формат». Для этого необходимо выделить необходимый отрезок, в

данном случае дополнительный и активировать команду «Вспомогательная геометрия», пример чего показан на рисунке 53.

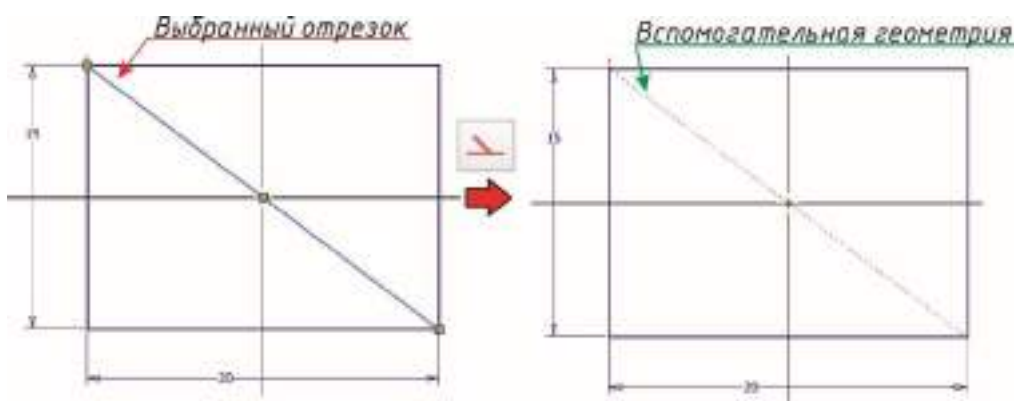


Рисунок 53 – Создание вспомогательной геометрии

В результате выполнения преобразования система перестанет обсчитывать дополнительный отрезок, как элемент контура эскиза, а его внешний вид изменится на тонкую прерывистую линию.

Рассматривая оба варианта определения геометрии эскиза можно сделать вывод: при наличии возможности определения геометрии эскиза как размерными так и геометрическими зависимостями, следует выбирать вариант определения при помощи геометрических который позволяет выполнить сразу две рекомендации:

1. Минимизировать количество переменных, требующих контроля, а следовательно создать ситуацию при которой уменьшается вероятность возникновения проблемы параметризации.
2. Использовать в качестве осей симметрии модели оси системы координат, а также базовую точку, тем самым облегчив процесс создания вспомогательной геометрии при последующей работе с моделью.

Следует заметить, что применение геометрических зависимостей не всегда позволяет достичь требуемых результатов (минимизации переменных) и наиболее частым случаем невозможности является построение эскиза на поверхности уже существующей модели, в связи с частым отсутствием базовой точки. В та-

ком случае в системе существует возможность проецирования существующей в модели геометрии, к которой относятся: точки, ребра, грани.

Данный способ построения эскизов будет рассмотрен совместно с изучением кинематических операций.

Стремление к правильному построению эскизов и корректному наложению зависимостей во многом определяет степень последующей параметризации цифрового прототипа, так необдуманное нанесение размерных зависимостей приведет к невозможности связи модели с моделями других деталей. Нанесение зависимостей как геометрических так и размерных служит своеобразной основой в которой системы автоматизированного проектирования стремятся к идентичности с классическими методиками проектирования, но в тоже время это же свойство их и отличает за счет того, что пользователь может сознательно идти на нарушения правил проектирования в их классическом понимании, но при это открывать возможность более гибкой связи моделей внутри системы.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить построение эскиза по выданному преподавателем чертежу.
2. Составить отчет по практической работе в текстовом процессоре MS Word с приведением снимков экрана с построенными эскизами, и с отображенными степенями свободы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>

2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>

4. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>

5. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Лабораторная работа №4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ГЕОМЕТРИИ ЭСКИЗОВ

Цель работы: Изучение принципов назначения допусков и отклонений при построении эскизов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: знание принципов размерного анализа моделей.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения выполнять назначение допусков и отклонений на размерные зависимости.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования методики назначения отклонений от номинальных значений для размерных зависимостей.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: Изучение правил рационального построения моделей одного из наиболее распространенных классов деталей позволяет сделать вывод об актуальности рассматриваемой темы. Знания, полученные в ходе практического занятия, будут востребованы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Классификация деталей в машиностроении является достаточно сложной задачей, решение которой позволяет произвести автоматизацию многих процессов связанных с подготовкой производства, при этом на современном этапе развития информационных технологий определяющим фактором при разработке новых изделий является получение трехмерных твердотельных параметрических моделей, которые в последующем служат основой для выполнения всего комплекса работ по проектированию и подготовке производства. В связи с этим

получение моделей в максимально сжатые сроки при минимальных трудозатратах является приоритетной задачей моделирования, решение которой возможно лишь при правильном определении класса модели, а следовательно и операций ее построения.

Так в качестве условного классификационного признака можно принять операцию, с которой начинается процесс моделирования, и разделить модели на следующие группы:

1. Модели призматических деталей с прямолинейной траекторией создания, выполняемые при помощи операции выдавливания (Рисунок 54);
2. Модели деталей типа тел вращения с траекторией создания в виде окружности, выполняемые при помощи операции вращения (Рисунок 55);
3. Модели деталей с криволинейными участками, траектория создания которых представляет собой сложную криволинейную линию. Выполняются при помощи операции сдвига (Рисунок 56);
4. Модели деталей с непостоянной формой поперечного сечения, выполнение которых происходит при помощи операции лофта (Рисунок 57).



Рисунок 54 – Модель призматической детали



Рисунок 55 – Модель детали типа тела вращения



Рисунок 56 – Модель детали с криволинейным участком.



Рисунок 57 – Модель детали с изменяющимися сечениями.

Рассматривая рисунки 54 – 57 можно увидеть, что хоть классификация проведена по признаку базовых операций, при моделировании всех деталей использовалась совокупность двух и более видов операций, в связи с чем требуется детальный разбор применения каждой из них.

Как было рассмотрено ранее операция «Выдавливание» представляет собой частный случай кинематической операции перемещения замкнутого контура по какой-либо траектории, в котором траектория всегда представляет собой прямую перпендикулярную плоскости эскиза, пример чего представлен на рисунке 58 (При этом операция может производиться в прямом, обратном и одновременно двух направлениях).

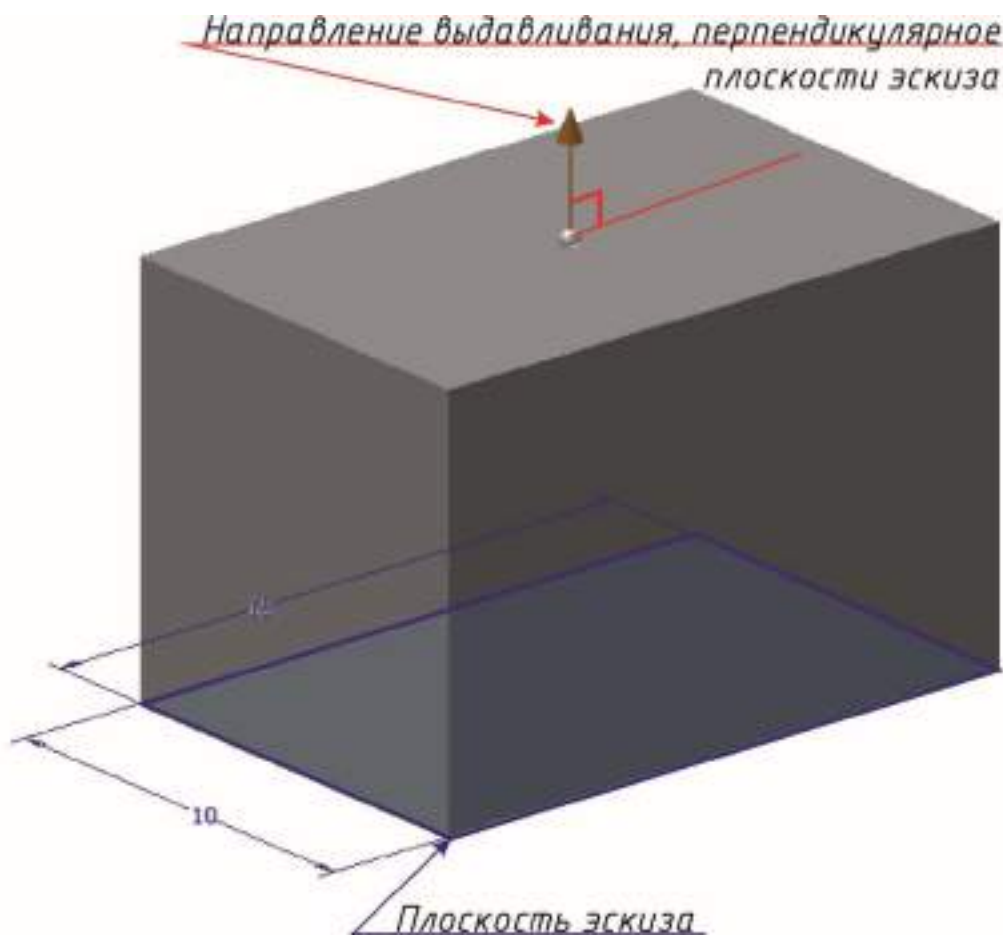


Рисунок 58 – Траектория выдавливания

Поэтому процесс подготовки системы к выполнению операции является наименее трудоемким в связи с необходимостью выполнения не серии эскизов

(отдельно с контуром и отдельно с траекторией) а лишь эскиза содержащего замкнутый контур будущего конструктивного элемента, или модели.

Так необходимым и достаточным критерием выполнения операции выдавливания (при создании твердотельной модели) является наличие эскиза содержащего один или несколько замкнутых контуров, построенных с соблюдением изложенных ранее правил. При этом вследствие необходимости использования создаваемых моделей при последующих этапах проектирования и оптимизации нового изделия, а также их использования как основы для создания технологии производства требуется ввести дополнительное правило, которое заключается в необходимости инициализации полей допусков размерных зависимостей модели.

Применение данного правила позволяет в последующем использовании модели добиться ряда преимуществ, например, возможности оформления конструкторской документации в виде электронных моделей согласно стандарту ГОСТ 2.052-2006, существенно облегчить задачу оформления чертежей за счет использования функций извлечения размеров с модели, производить оценку пересечений с учетом реальных размеров деталей, производить расчет размерных цепей при помощи калькулятора допусков и много другое.

Процедура инициализации поля допуска размерной зависимости может осуществляться тремя путями: при помощи диалогового окна «Свойства размера»; при нанесении размерной зависимости (или ее редактировании) в рабочей области; при работе с диспетчером параметров. Следует заметить, что работа с диспетчером параметров является более универсальным вариантом, так как позволяет назначать поля допусков не только переменным в эскизу, но и переменным полученным в результате выполнения кинематических операций.

Рассмотрим процедуру инициализации полей допусков при помощи диспетчера параметров. Для этого необходимо установить курсор в поле «Формула» диспетчера, напротив той переменной, которой требуется задать поле допуска, после чего перед пользователем появится изображение треугольника

выпадающего меню, расположенного в правой части поля, пример чего представлен на рисунке 59.

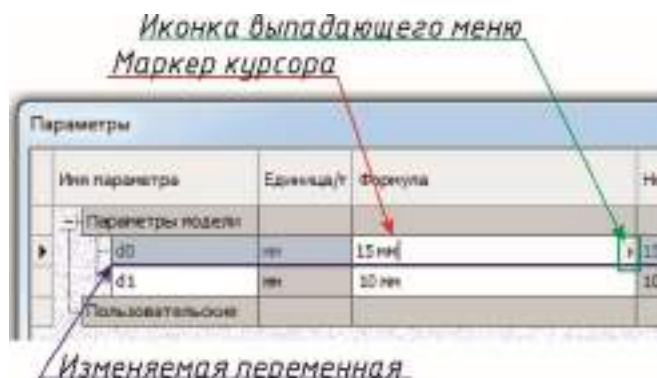


Рисунок 59 – Процедура инициализации поля допуска

При нажатии на появившийся треугольник происходит открытие контекстного меню, содержащего команду «Допуск...», активация которой вызывает одноименное диалоговое окно (Рисунок 60).



Рисунок 60 – Открытие диалогового окна «Допуск»

В открывшемся диалоговом окне «Допуск» возможно выполнение следующих действий:

- указание степени точности отображаемых размеров, как линейных так и угловых;
- указание типа используемого в модели размера: верхнего или нижнего предельных размеров, среднего и номинального;
- назначение поля допуска или предельных отклонений;
- выбор способа отображения размеров модели.

Весь функционал диалогового окна представлен на рисунке

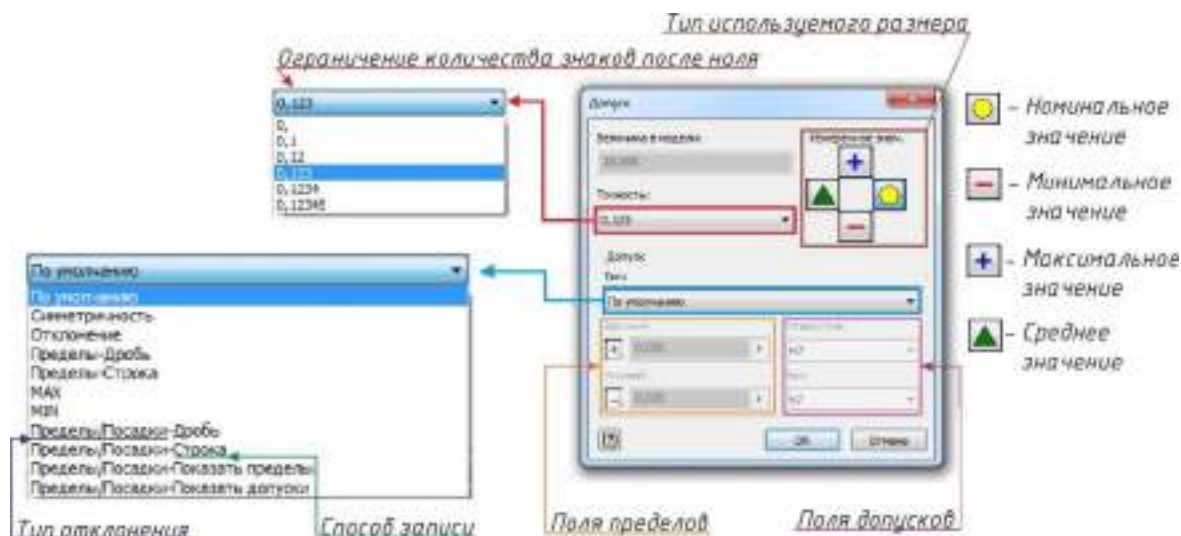


Рисунок 61 – Функционал диалогового окна «Допуск»

Так, например, после указания поля допуска h10 для выбранной размерной зависимости со значением 15 мм, с точностью до второго знака после запятой, и использованием минимально возможного размера в модели диалоговое окно «Допуск» примет вид, показанный на рисунке 62.

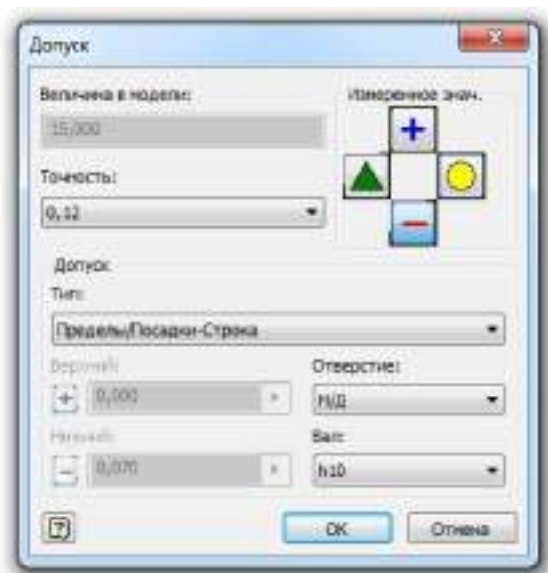


Рисунок 62 – Пример назначения поля допуска

Назначение допуска размерной зависимости приводит к изменению внешнего вида эскиза и окна диспетчера параметров, пример чего показан на рисунке 63.

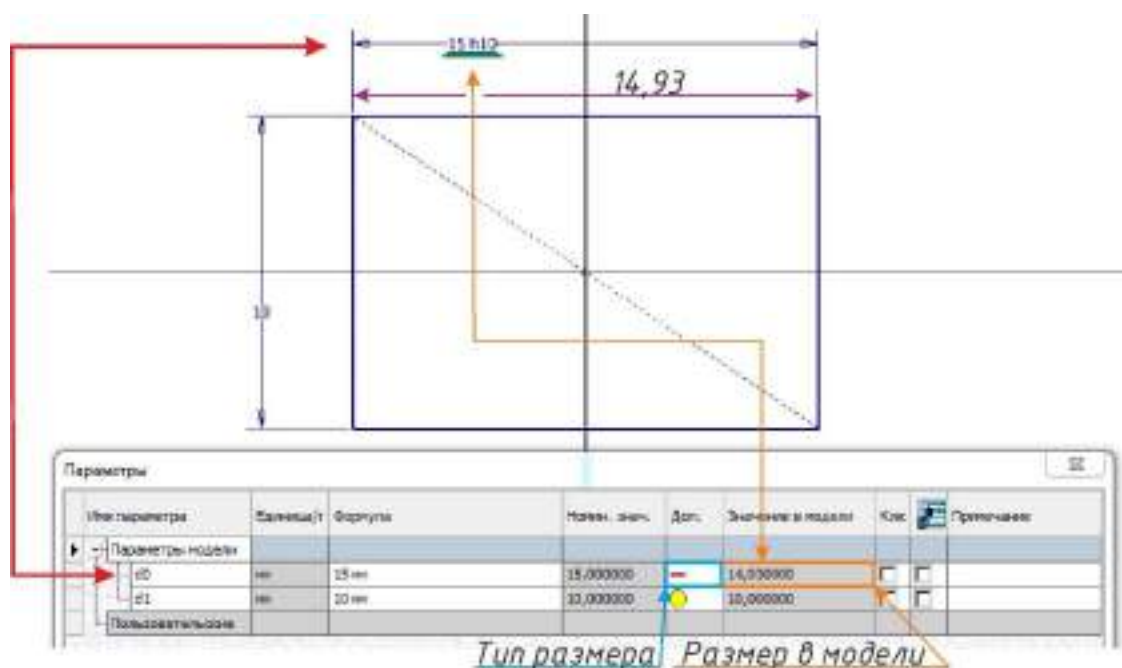


Рисунок 63 – Индикация допуска

Из рисунка 63 видно, что фактически используемый размер переменной «d0» отличается от 15 на величину поля допуска равную 70 мкм, о чем свидетельствует индикация типа размера в поле «Доп.» и значение размера в поле «Значение в модели», и при проведении проверки пересечений в сборочных

единицах системой будет использоваться именно размер 14,93 мм а не 15 мм, а извлечении размера с модели в чертеж будет указано номинальное значение размера с полем допуска 15h10.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить назначение допусков на размеры эскиза по выданному преподавателем чертежу.
2. Составить отчет по практической работе в текстовом процессоре MS Word с приведением снимков экрана с построенными эскизами, и с отображенными степенями свободы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Бумага, А. И. Трехмерное моделирование в системе проектирования КОМПАС - 3D : учебно-методическое пособие / А. И. Бумага, Т. С. Вовк. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2019. — 78 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный

ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92355.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Лабораторная работа №5 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: Изучение операций моделирования призматических деталей и построения эскизов на существующей геометрии.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: изучение принципов построения моделей призматических деталей.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения выполнять модели призматических деталей.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования методики построения моделей призматических деталей.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: Изучение правил рационального построения моделей одного из наиболее распространенных классов деталей позволяет сделать вывод об актуальности рассматриваемой темы. Знания, полученные в ходе практического занятия, будут востребованы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Подготовленный должным образом эскиз (Рисунок 64) позволяет произвести операцию создания твердого тела. Для этого необходимо завершить работу с эскизом при помощи команды «Принять эскиз», расположенной в правой части вкладки «Эскиз» и активировать команду «Выдавливание» во вкладке «3D-модель».

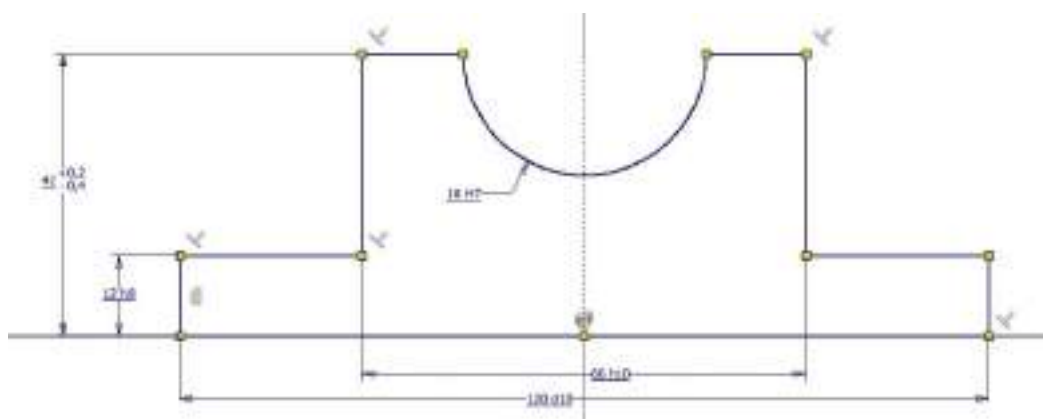


Рисунок 64 – Эскиз контура будущей модели

Результатом активации команды выдавливание станет построение фантомного изображения будущей модели с возможностью настройки необходимых параметров в одноименном диалоговом окне (Рисунок 65).

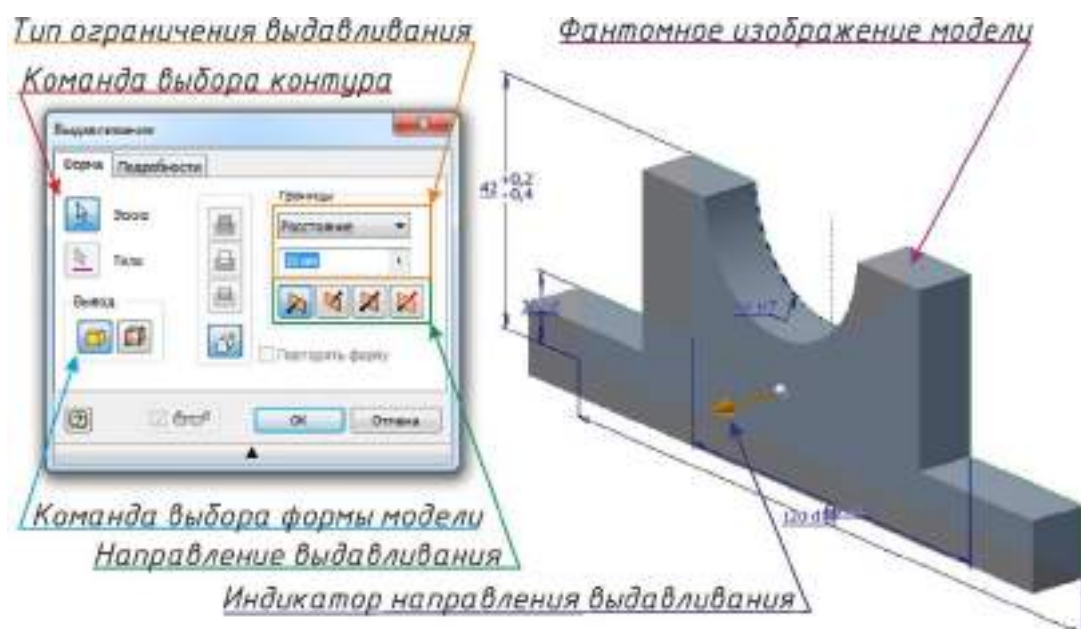


Рисунок 65 – Активация команды «Выдавливание»

Так в случае наличия в эскизе нескольких замкнутых контуров необходимо будет выбрать один или несколько конкретных контуров для выполнения операции, а в случае наличия единственного замкнутого контура система автоматически строит фантомное изображение модели на его основе. Помимо создания твердого тела, существует возможность выбора формы модели, которая может быть представлена как в виде твердого тела, так и в виде поверхности.

Также в данном диалоговом окне настраиваются параметры создания конструктивного элемента, которые при выполнении первой операции неактивны, и способы указания ограничений размера выдавливания и его направления.

В случае выполнения первой операции наиболее рациональным будет являться указание именно расстояния выдавливания, а при учете необходимости использования базовой плоскости в качестве плоскости симметрии, следует выбрать симметричные направления создания, для рассматриваемого примера расстояние выдавливания будет составлять 76 мм, пример настройки операции показан на рисунке 66.

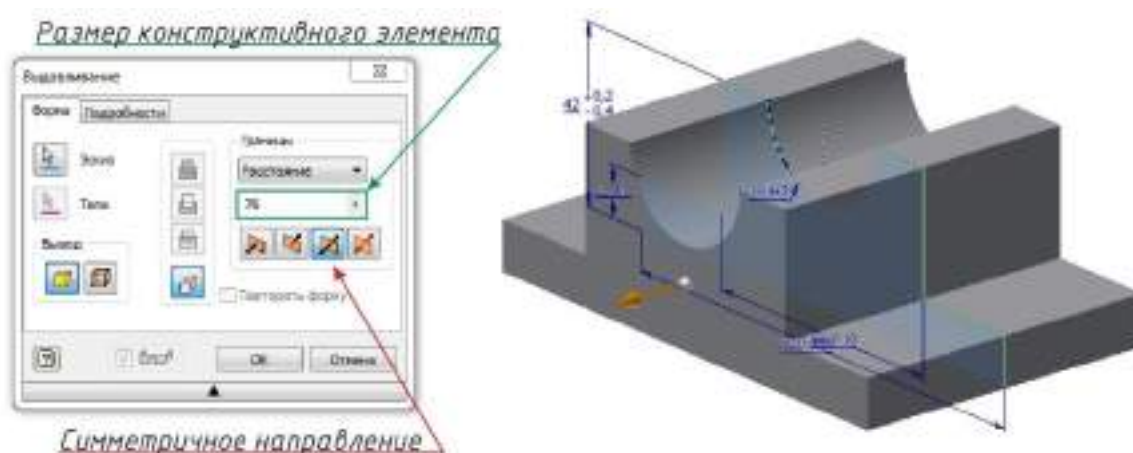


Рисунок 66 – Определение ограничений выдавливания

После подтверждения выполнения операции при помощи кнопки «ОК» в системе параметризации происходит ряд изменений. В иерархическом представлении модели происходит создание элемента выдавливание и вхождение в него ранее построенного эскиза, со скрытием его видимости в рабочей области (Рисунок 67). В вариационной составляющей параметризации происходит добавления переменных настраиваемых в ограничениях операции, пример чего показан на рисунке 68.

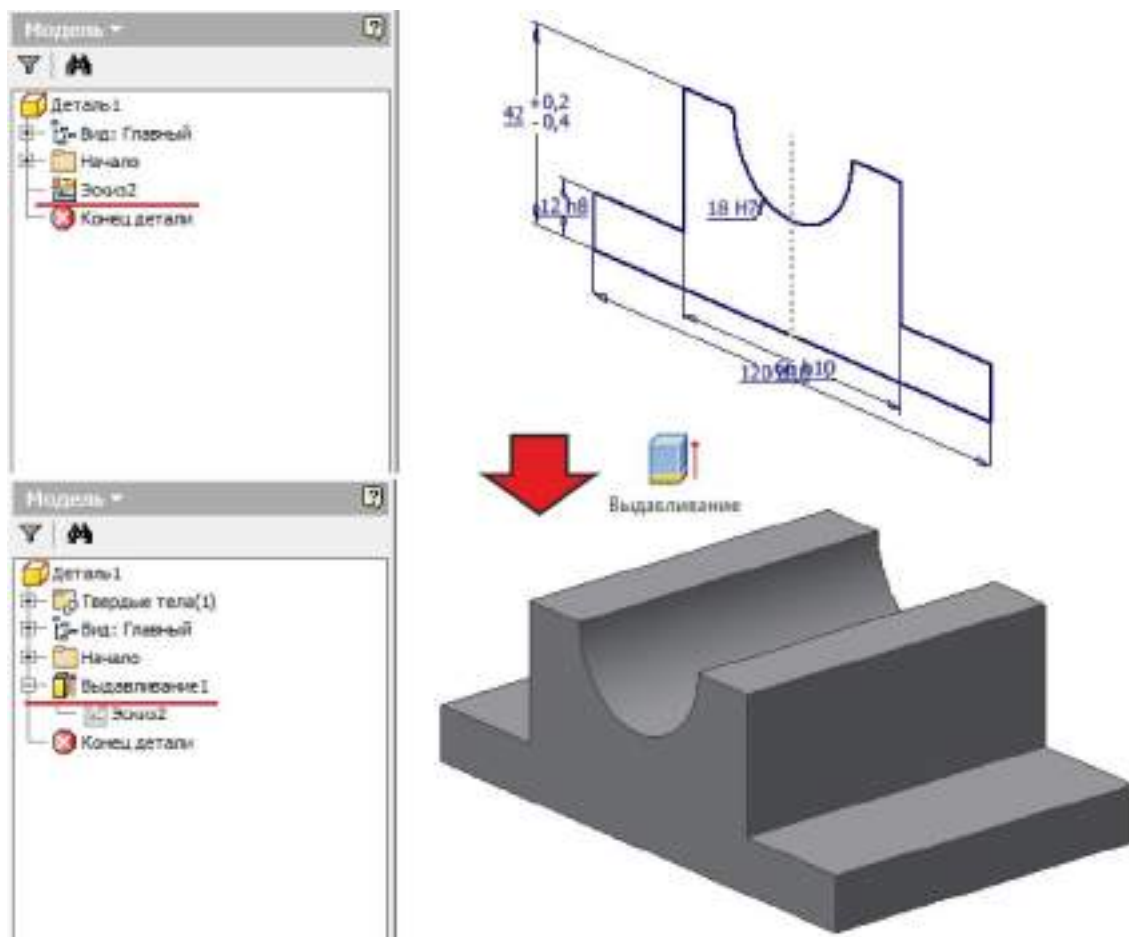


Рисунок 67 – Изменение иерархического представления модели

Параметры модели							
d2	мм	120 мм	120,000000	+	119,880000	☐	☐
d3	мм	12 мм	12,000000	-	11,973000	☐	☐
d4	мм	66 мм	66,000000	-	65,880000	☐	☐
d5	мм	18 мм	18,000000	+	18,018000	☐	☐
d6	мм	42 мм	42,000000	▲	41,900000	☐	☐

Выдавливание

Параметры модели							
d2	мм	120 мм	120,000000	+	119,880000	☐	☐
d3	мм	12 мм	12,000000	-	11,973000	☐	☐
d4	мм	66 мм	66,000000	-	65,880000	☐	☐
d5	мм	18 мм	18,000000	+	18,018000	☐	☐
d6	мм	42 мм	42,000000	▲	41,900000	☐	☐
d7	мм	76 мм	76,000000	●	76,000000	☐	☐
d8	град	0 град	0,000000	●	0,000000	☐	☐

Параметры операции выдавливания

Рисунок 68 – Изменение вариационной составляющей

Рассматривая рисунок 68 можно заметить, что при выполнении операции выдавливания созданы две переменных с именами «d7» и «d8» в то время как ограничение равное 76 мм вводилось лишь для переменной «d7». Данное поведение системы вызвано тем, что при определении ограничений один из параметров операции был оставлен со значением по умолчанию. Этим параметром является угол конусности выдавливания настраиваемый во вкладке «Подробности» диалогового окна «Выдавливание».

Для созданных, при выполнении кинематической операции, переменных также актуальна необходимость указания полей допусков в случае их отличия от нуля, что производится рассмотренным ранее способом.

Следующим этапом построения модели детали «Опора» является создание 4-х отверстий диаметром 12 мм, для этого необходимо создать новый эскиз, с применением существующей геометрии. Выполнение данного действия осуществляется следующим образом: при выделении курсором необходимой плоской поверхности.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить модель призматической детали по выданному преподавателем чертежу.
2. Подготовка эскиза для операции выдавливания.
3. Настройка операции выдавливания. Правила и ограничения.
4. Ошибки выполнения операции выдавливания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].

— URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Бумага, А. И. Трехмерное моделирование в системе проектирования КОМПАС - 3D : учебно-методическое пособие / А. И. Бумага, Т. С. Вовк. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2019. — 78 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92355.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Лабораторная работа №6 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Цель работы: Изучение операций моделирования деталей типа тел вращения.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: изучение принципов построения моделей деталей типа тел вращения.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения выполнять модели тел вращения.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования методики построения моделей тел вращения.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: Изучение правил рационального построения моделей одного из наиболее распространенных классов деталей позволяет сделать вывод об актуальности рассматриваемой темы. Знания, полученные в ходе практического занятия, будут востребованы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В рамках данной работы будет рассмотрен второй класс твердотельных моделей в основе которых лежит операция вращения. Детали типа тел вращения представляют собой второй по величине и частоте использования класс деталей в машиностроении, а изучение правил моделирования деталей данного класса следует начать аналогично первому классу с рассмотрения правил подготовки эскиза.

Операция «Вращение» является вторым частным случаем кинематической операции, при котором траектория перемещения контура всегда представляет собой окружность, пример чего представлен на рисунке 69. При этом под опре-

делением тела вращения понимается - объемное тело, возникшее при вращении плоской геометрической фигуры (фигур) вокруг оси лежащей в той же плоскости.

Рассматривая рисунок 69 и анализируя определение понятия тела вращения можно сделать вывод о том, что замена траектории в виде окружности на ось, лежащую в плоскости эскиза позволит сократить подготовительный этап на одно действие, не изменив при этом модель. Графическое представление данного утверждения представлено на рисунке 70.



Рисунок 69 – Пример тела вращения



Рисунок 70 – Пример неизменности результата при различных подходах

В связи с этим необходимым и достаточным условием создания тела вращения при помощи одноименной операции является наличие в эскизе замкнутого контура и оси, при чем замкнутость контура может быть достигнута при помощи осевой линии, как показано на рисунке 71.



Рисунок 71 – Замыкание контура при помощи оси

В остальном же процесс подготовки эскиза для выполнения операции вращения не отличается от процесса подготовки эскиза для операции выдавливания, за исключением ряда нюансов, заключающихся в нанесении размерных зависимостей и программном определении осевой линии. Для иллюстрации которых требуется рассмотреть процесс подготовки базового эскиза при моделировании детали «Крышка», представленной на рисунке 72.

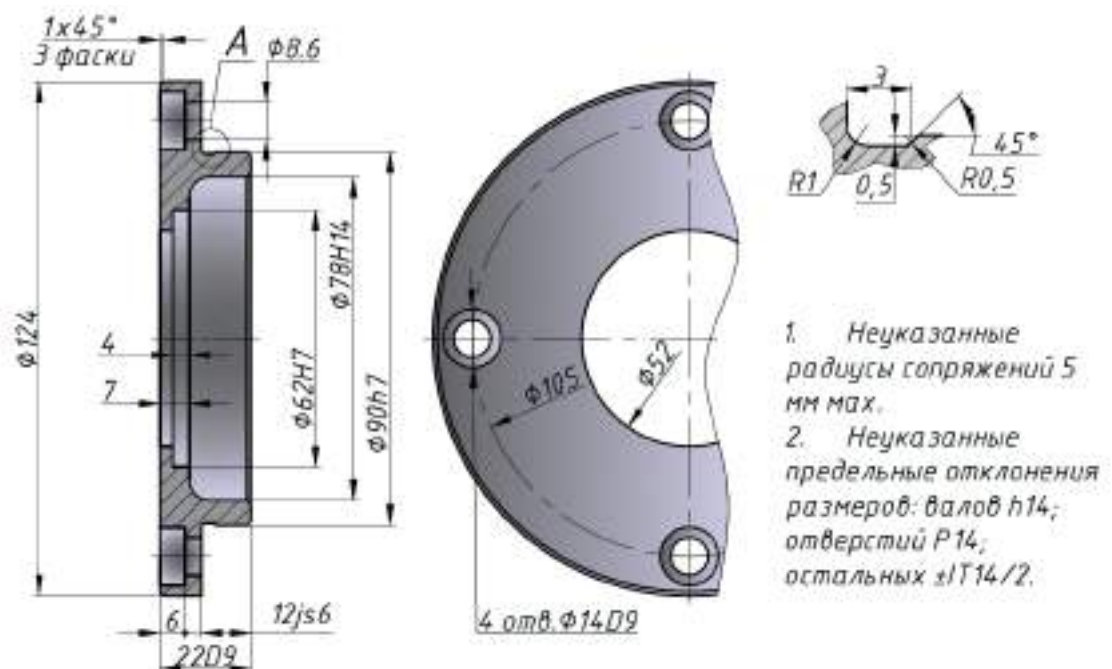


Рисунок 72 – Чертеж детали «Крышка»

Анализируя представленный на рисунке 72 чертеж можно выделить, что для создания тела вращения достаточно выполнить эскиз одной части профиля состоящего из замкнутой группы геометрических примитивов, представляющих собой сечение будущего тела вращения плоскостью, пример чего представлен на рисунке 73.

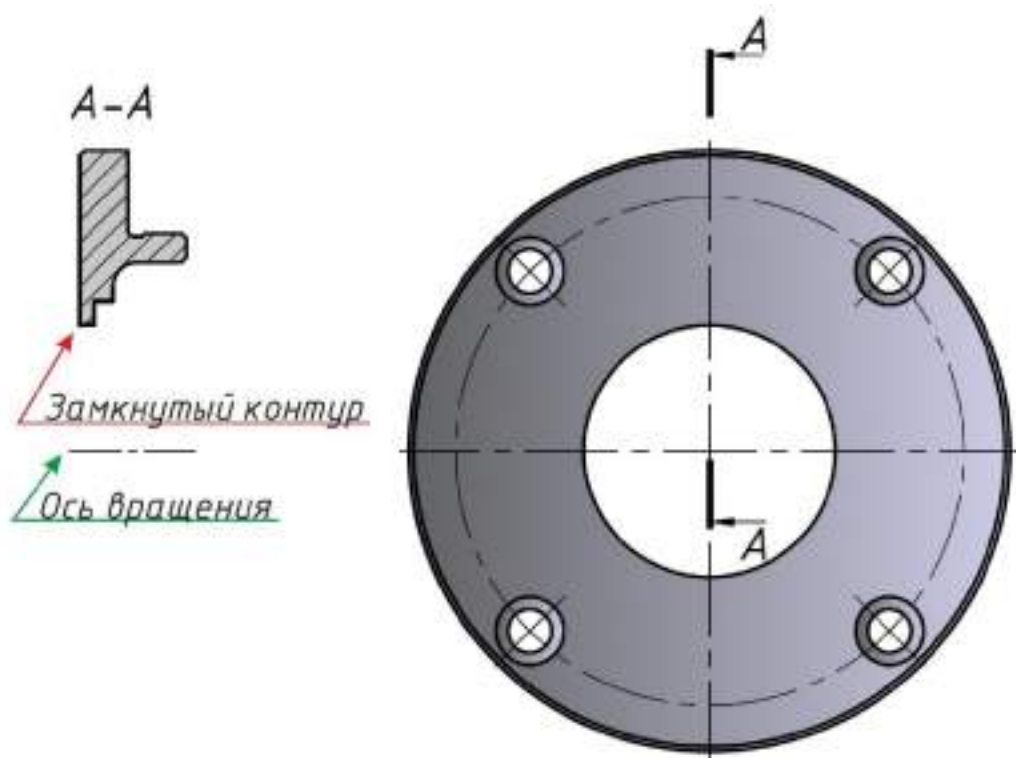


Рисунок 73 – Замкнутый контур

Построение необходимого контура сечения при подготовке эскиза производится аналогично построению при выдавливании, за той лишь разницей, что на первоначальном этапе необходимо выполнить правило симметрии, и произвести задание осевой линии привязанной к начальной точке системы координат. Производится данное действие при помощи примитива «Отрезок», одна из характерных точек которого совмещается с базовой точкой, после чего следует переопределение его свойств при помощи панели инструментов «Формат» вкладки «Эскиз». Иллюстрация данного действия показано на рисунке 74.



Рисунок 74 – Построение осевой линии

Выполнение правила симметрии позволяет совместить одну из базовых осей системы координат с имеющейся осью вращения детали, а задание отрезку свойств осевой линии позволяет решать сразу две задачи, одна из которых ускоряет работу будущей операции, вторая позволяет ускорить процесс нанесение размерных зависимостей.

Так задача правильного нанесения размеров заключается в необходимости при проектировании тел вращения задавать именно диаметральные размеры с целью их последующего контроля в процессе производства. Выполнение данного требования возможно только при наличии в эскизе отрезка которому преданы свойства оси.

Процедура нанесения диаметральной размерной зависимости для отрезков выполняется следующим образом: при выборе команды «Размеры» панели инструментов «Зависимости» указывается расстояние от требуемого отрезка до осевой линии, после чего системой проставляется размерная зависимость от существующего отрезка до воображаемого отрезка расположенного симметрично первому, как показано на рисунке 75.

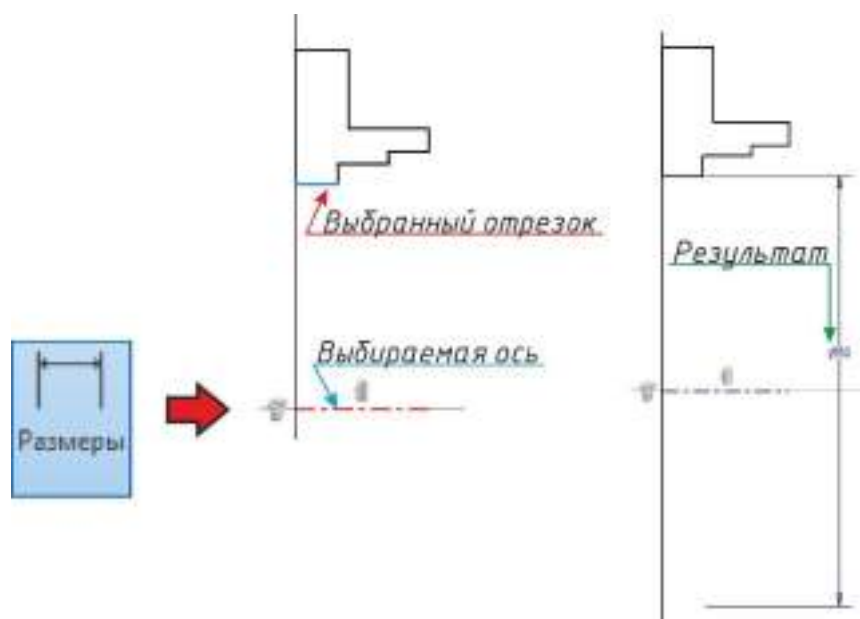


Рисунок 75 – Нанесение диаметальной размерной зависимости

В случае возникновения необходимости нанесения радиального размера от оси до геометрического примитива необходимо во время указания места расположения размерной зависимости вызвать, при помощи правой кнопки мыши, контекстное меню, после чего снять выбор с команды «Линейный диаметр», пример чего показан на рисунке



Рисунок 76 – Нанесение радиальной размерной зависимости

Алгоритм дальнейшего построения эскиза и инициализации полей допусков не отличается от рассмотренного при изучении операции выдавливания. Подготовленный должным образом эскиз, например, для создания детали «Крышка» (Рисунок 77), является основой для выполнения операции вращения.

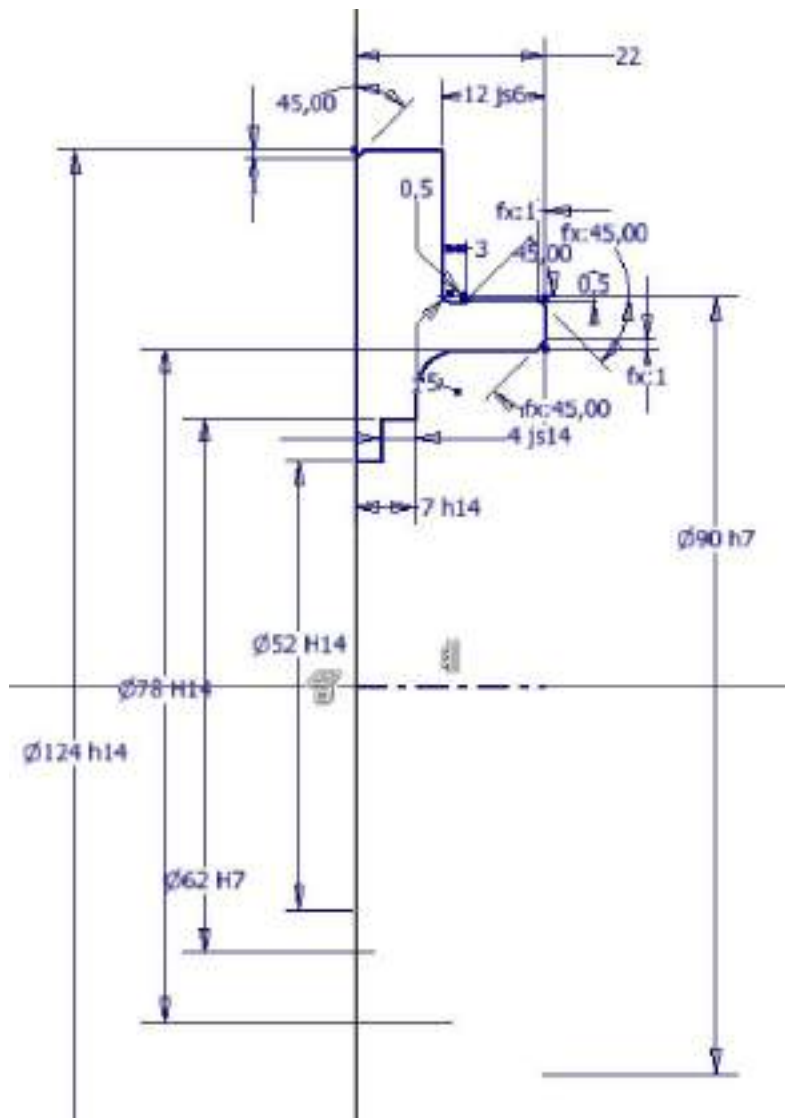


Рисунок 77 – Базовый эскиз детали «Крышка»

Создание твердого тела при помощи вращения

Процесс создания твердого тела при помощи вращения, по аналогии с моделированием призматических тел, начинается с соответствующей команды, следующей за принятием подготовленного должным образом эскиза. Так как эскиз детали «Крышка», представленный на рисунке 77, содержит один замкнутый контур и ось вращения, с заданными свойствами, активация команды

«Вращение» приведет к появлению фантомного изображения будущего твердого тела, пример которого представлен на рисунке 78.

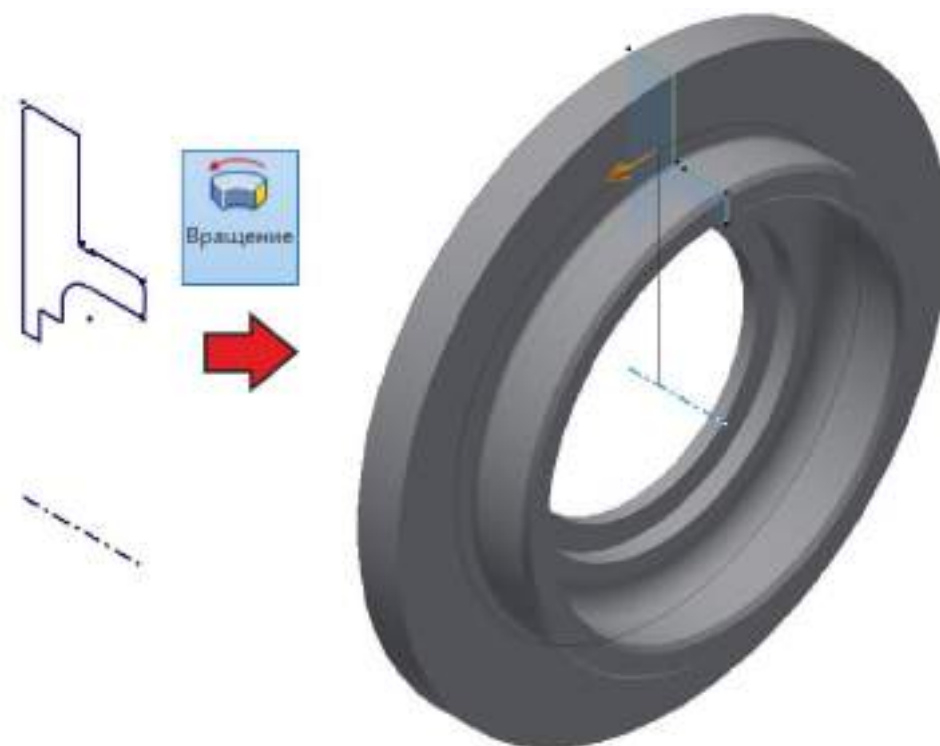


Рисунок 78 – Работа операции «Вращение»

Решение задачи ускорения процесса моделирования в контексте использования осевой линии можно наглядно представить рассмотрев несколько вариантов выполнения операции вращения совместно с диалоговым окном «Вращение», его функциональными зонами и настройками.

Анализируя диалоговое окно, представленное на рисунке 79 можно заметить наличие возможности указания не только профиля (замкнутого контура) но и оси будущего тела, что в свою очередь позволяет использовать в качестве оси любой прямолинейный примитив, или прямолинейный участок самого контура модели. Данное свойство можно продемонстрировать на примере рассмотренного базового эскиза детали «Крышка».

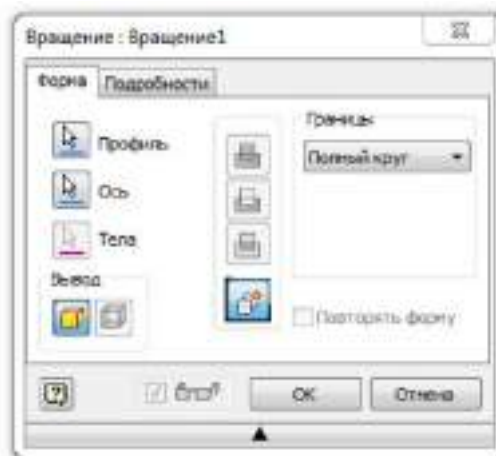


Рисунок 79 – Диалоговое окно «Вращение»

Так для переопределения оси вращения профиля необходимо выбрав команду «Ось», диалогового окна «Вращение» указать на выбранный в качестве таковой отрезок с зажатой клавишей «Shift» после чего указать новый отрезок, как показано на рисунке 80.

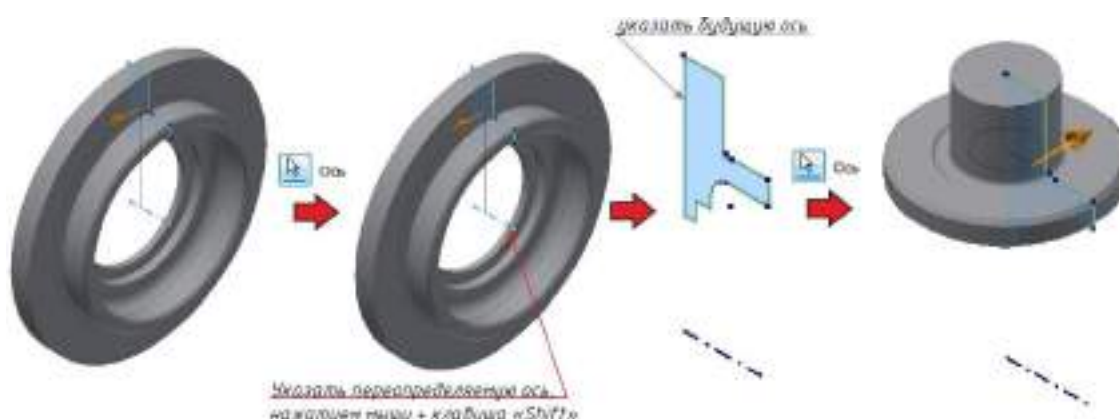


Рисунок 80 – Переопределение оси вращения профиля

Следует отметить, что в случае не назначения отрезку свойств осевой линии, возникает необходимость ее ручного указания, а это увеличивает время затрачиваемое на моделирование, при этом в случае переназначения оси существует еще и опасность появления проблемы параметризации вследствие необходимости контроля размеров с базой отличной от оси вращения.

Также анализ показывает, что в остальном, представленное на рисунке 79, диалоговое окно не отличается от такового окна операции выдавливания, а вот функционал по указанию границ позволяет в случае поворота контура на 360^0

создавать тела без ввода дополнительных переменных, о чем свидетельствует диалоговое окно «Параметры», представленное на рисунке 81.

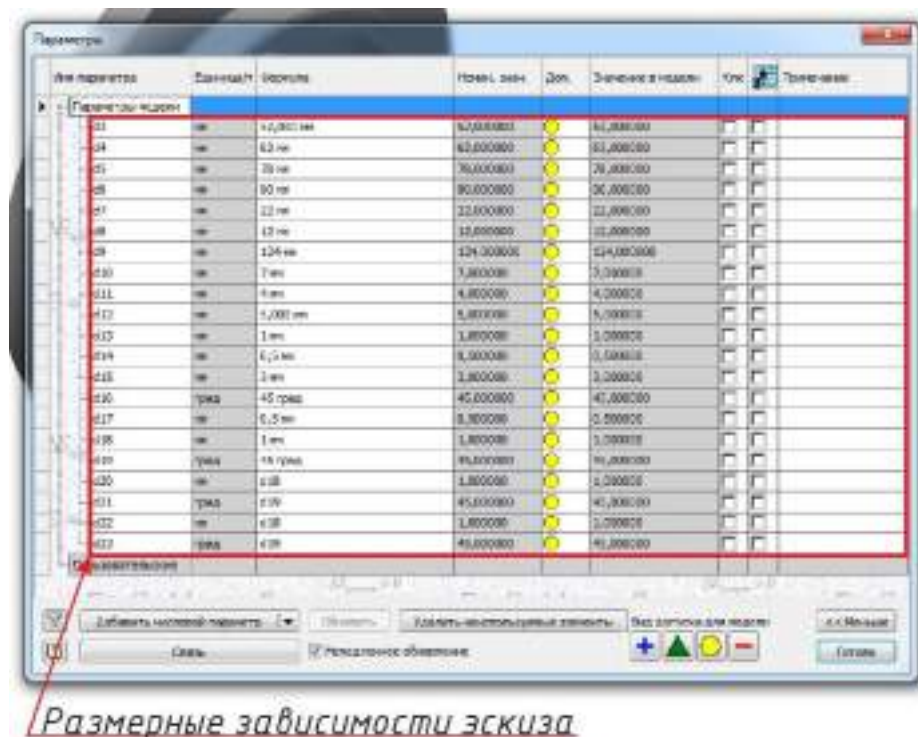


Рисунок 81 – Параметры операции

Дальнейшее построение четырех отверстий, показанных на рисунке 72, хоть и возможно при помощи операций вращения, но крайне нерационально и выполняется как правило при помощи выдавливания, применение которого не только позволяет ускорить процесс моделирования, но и не вводить дополнительные переменные, требующие контроля со стороны разработчика.

Готовая модель детали крышка с деревом построения и всеми необходимыми конструктивными элементами представлена на рисунке 82. Для наглядности которой дан разрез в одну четверть.



Рисунок 82 – Модель детали «Крышка»

При этом следует заметить, что задача моделирования отверстий имеет более изящное и правильное, с точки зрения работы системы автоматизированного проектирования, решение при помощи специализированных операций, рассмотрение которых будет произведено позже.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить модель тела вращения по выданному преподавателем чертежу.
2. Подготовка эскиза для операции вращения.
3. Настройка операции вращения. Правила и ограничения.
4. Ошибки выполнения операции вращения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург :

ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>

2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>

4. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>

5. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Лабораторная работа №7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Цель работы: Изучение правил построения и использования вспомогательной геометрии при построении моделей.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: изучение принципов работы со вспомогательной геометрией.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять вспомогательную геометрию.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования методики построения вспомогательной геометрии.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: Изучение правил рационального построения моделей одного из наиболее распространенных классов деталей позволяет сделать вывод об актуальности рассматриваемой темы. Знания, полученные в ходе практического занятия, будут востребованы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Зачастую при проектировании деталей типа тел вращения, возникает необходимость создания радиальных конструктивных элементов на цилиндрических поверхностях, но при этом системами автоматизированного проектирования не поддерживается возможность работы с ними напрямую, то есть невозможен выбор цилиндрической и любой другой криволинейной поверхности как базы для создания эскиза. В связи с этим решение задачи моделирования данной группы элементов производится при помощи вспомогательной геометрии, которая как правило представлена в виде рабочих плоскостей, осей и точек.

Наиболее показательным примером работы со вспомогательной геометрией является процесс моделирования ступенчатого вала, представленного на рисунке 83.

Анализируя чертеж можно сделать вывод о необходимости моделирования глухого радиального отверстия и ряда шпоночных пазов, различающихся по способам базирования при изготовлении, а следовательно и способам определения необходимой вспомогательной геометрии, реализующей создание переменных аналогичных указанным на чертеже размерам.

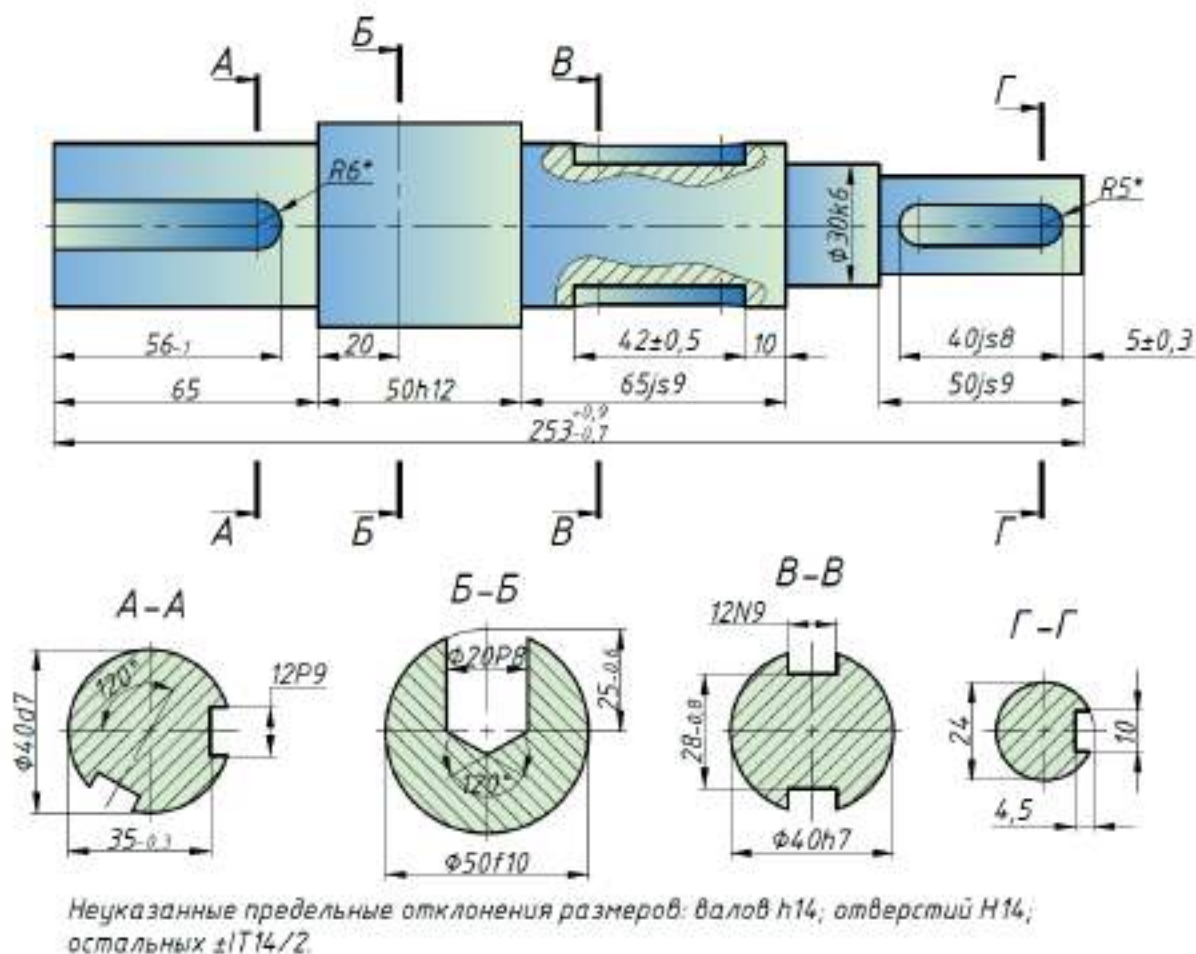


Рисунок 83 – Чертеж вала ступенчатого

Моделирование базового тела производится при помощи операции вращения, алгоритм выполнения которой представлен ранее, а результат построения для рассматриваемого случая показан на рисунке 84.



Рисунок 84 – Модель базового твердого тела

Дальнейшее моделирование конструктивных элементов вала невозможно без применения вспомогательной геометрии на основе рабочих элементов.

Рабочим элементом в системе принято считать плоскость, ось или точку, которые возможно спроецировать на эскиз или использовать при создании новых конструктивных элементов, а также задавать геометрические и размерные зависимости. Создание рабочих элементов производится при помощи одноименной панели инструментов, внешний вид которой представлен на рисунке 85.

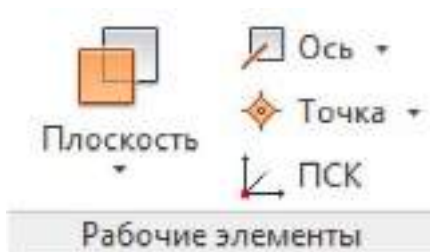


Рисунок 85 – Панель инструментов «Рабочие элементы»

Панель «Рабочие элементы» располагается во вкладке «3D-модель» и позволяет создавать следующие классы рабочих элементов: плоскости; оси; точки; пользовательские системы координат, каждый из которых содержит ряд вариантов построения.

Техническим задачам как правило свойственно наличие множества вариантов решения, и процесс моделирования деталей не является исключением, в связи с чем для более полного рассмотрения принципов работы и свойств рабочих элементов в рамках построения вала следует ввести ряд ограничений суще-

ственно сказывающихся на процессе, но при этом возможно не являющихся оптимальными.

Первым ограничением является использование в процессе моделирования конструктивных элементов только знаний и навыков полученных ранее, а именно операций выдавливания или вращения.

Вторым ограничением является реализация размерных и геометрических зависимостей преимущественно при помощи рабочих элементов даже при наличии возможности построения аналогичных зависимостей с помощью эскизов за меньшее количество операций.

Третьим ограничением является моделирование конструктивных элементов с минимально возможным количеством кинематических операций и размерных зависимостей.

Четвертым ограничением является игнорирование правила совпадения осей и плоскостей симметрии детали с базовыми осями и плоскостями, для создания большей наглядности процесса (Не следует использовать при последующем моделировании).

Рассмотрим процедуру создания глухого радиального отверстия, расположенного на ступени диаметром 50 мм, с учетом введенных ограничений. Так при условии минимизации количества операций по его созданию рациональным будет являться выполнение элемента с помощью вращения, что позволит в одном эскизе задать три размерные зависимости из четырех, к которым относятся: диаметр отверстия, его глубина и угол конуса, образованного режущими кромками сверла при обработке. Четвертая же размерная зависимость расположения оси отверстия относительно торца ступени может быть задана при помощи ввода рабочей плоскости.

Из всех возможных вариантов построения рабочих плоскостей наиболее подходящим для выполнения данного действия будет являться вариант построения рабочей плоскости смещенной, относительно заданной, пример чего показан на рисунке 86.

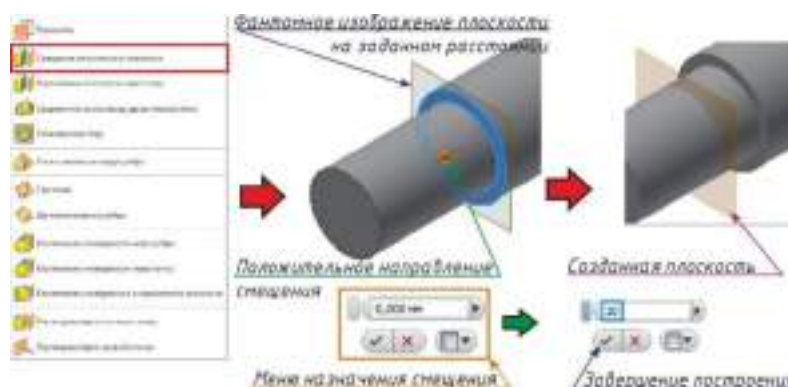


Рисунок 86 – Построение рабочей плоскости

Рассматривая чертеж вала (Рисунок 83) и результат создания смещенной плоскости (Рисунок 86) можно увидеть ошибку построения, заключающуюся в неправильном направлении смещения плоскости, что является недопустимым. Исправление данной ошибки возможно двумя способами которые позволят получить внешне одинаковые модели вала, с различными наборами переменных, один из которых будет являться неприемлемым.

Первым способом решения данной задачи является изменение направления смещения плоскости за счет использования отрицательного значения смещения, пример чего показан на рисунке 87

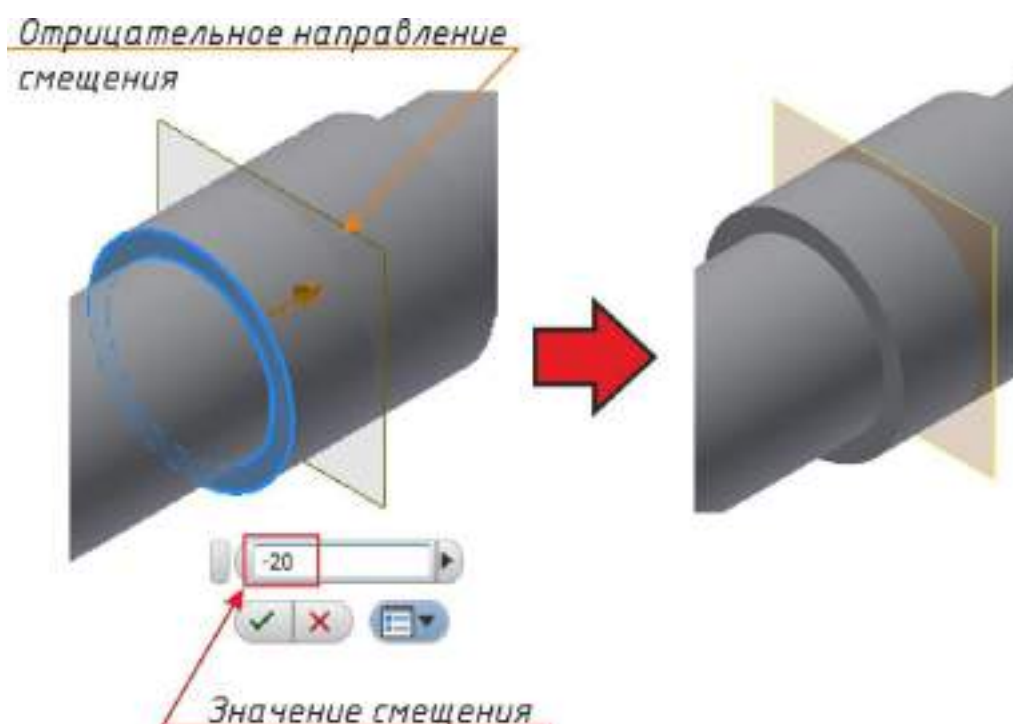


Рисунок 87 – Построение смещенной плоскости

Визуально результат данного построения является решением поставленной ранее задачи, но при более детальном рассмотрении структуры модели и ее переменных можно заметить одну достаточно грубую ошибку, а именно создание переменной с отрицательным значением, назначение поля допуска приведет к нарушению работы будущего изделия. Так расстоянию от торца до оси отверстия соответствует значение размера равное 20 мм с полем допуска h14. При назначении данного поля допуска отрицательному значению переменной, произойдет неправильный расчет предельных размеров, что может существенно сказаться на процессе оптимизации и технологии производства. Пример данного расчета представлен в формуле 11.1.

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_{\text{ном}} + es = -20 + 0 = -20 \\ P_{\min} &= P_{\text{ном}} + ei = -20 + (-0,25) = -20,25 \end{aligned} \quad (11.1)$$

в то время как правильным результатом будут являться значения предельных размеров, представленные в формуле 11.2.

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_{\text{ном}} + es = 20 + 0 = 20 \\ P_{\min} &= P_{\text{ном}} + ei = 20 + (-0,25) = 19,75 \end{aligned} \quad (11.2)$$

Из чего следует, что правильным решением данной задачи будет создание плоскости с положительным значением смещения в направлении тела ступени, а для этого требуется рассмотреть структуру (Рисунок 88) и свойства рабочей плоскости.



Рисунок 88 – Рабочая плоскость

Любая рабочая плоскость имеет лицевую и тыльную стороны, а также направление нормали, которые при построении вспомогательной геометрии на основе существующей наследуются от родительских объектов. Направление нормали плоскости отвечает за направление смещения, которое считается положительным при движении от лицевой стороны, и отрицательным от тыльной.

При этом после построения рабочих плоскостей существует возможность смены направления нормали, что в контексте решения поставленной задачи позволяет сделать вывод о необходимости ввода дополнительной рабочей плоскости с инверсированным направлением. Так для рассматриваемого примера направление нормали родительского объекта направлено от тела ступени, в то время как необходимо направить его в обратную сторону (Рисунок 89), при этом данную задачу требуется решить, не вводя в описание цифрового прототипа лишней переменной, что возможно при создании плоскости проходящей через точку и являющейся параллельной торцу ступени.

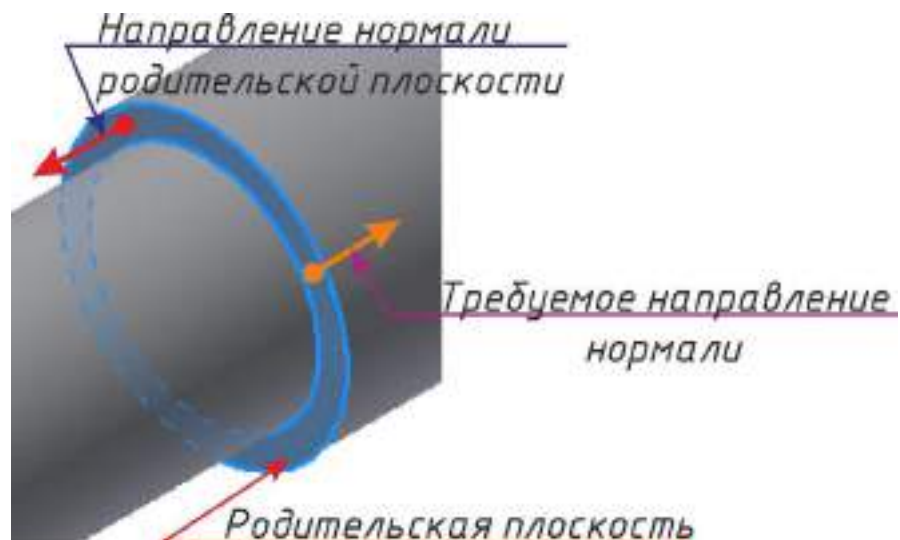


Рисунок 89 – Направление нормали родительской плоскости

В качестве такой точки может быть использована специально созданная рабочая точка, расположенная на оси вращения вала, для чего необходимо выбрать соответствующий вариант построения и указать ограничение, как показано на рисунке 90.

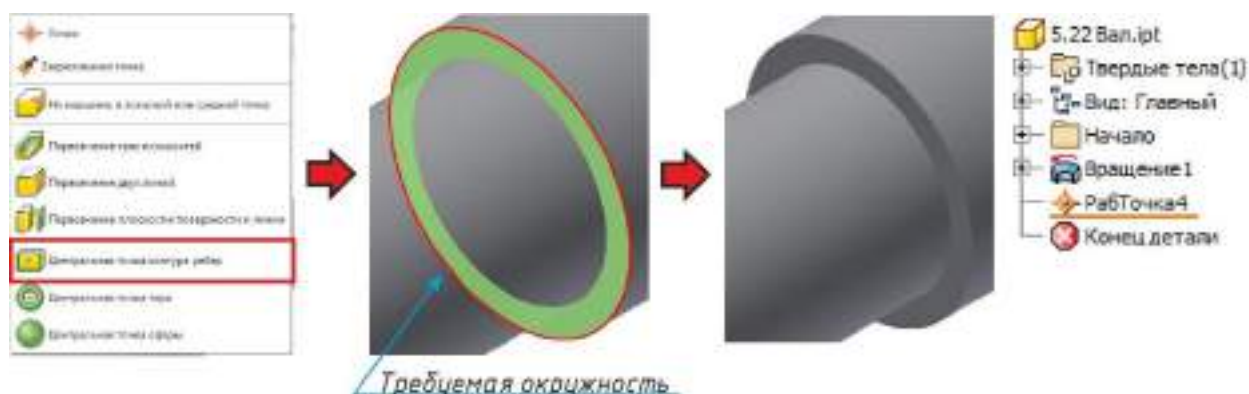


Рисунок 90 – Процесс создания рабочей точки

Рассматривая рисунок 90, можно заметить, что хоть создание рабочей плоскости и было произведено, ее использование в дальнейшей работе затруднительно, в связи с расположением в теле детали. Для решения данной проблемы требуется изменить стиль отображения модели при помощи одноименной функции во вкладке «Вид», пример чего показан на рисунке 91.



Рисунок 91 – Процесс изменения стиля отображения модели

Результатом выполнения описанного действия является возможность построения рабочей плоскости, совпадающей с торцом ступени (Рисунок 92), без инициализации дополнительной переменной, показывающей нулевое смещение созданной плоскости относительно родительской, что является важным фактором оптимизации описания модели.

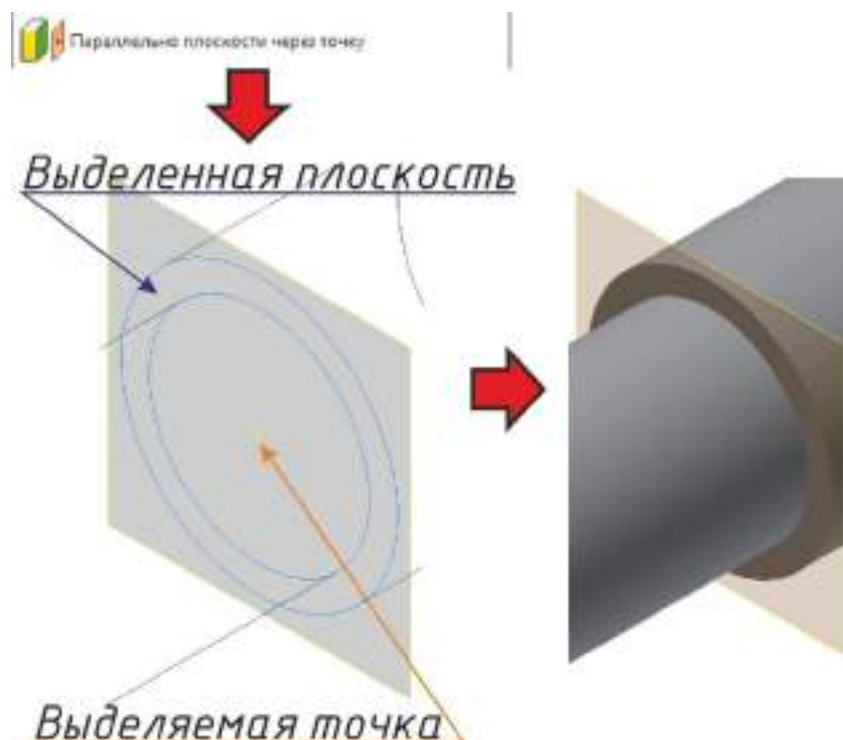


Рисунок 92 – Промежуточная рабочая плоскость

После создания промежуточной плоскости остается лишь изменить направление ее нормали и построить еще одну рабочую плоскость смещенную от промежуточной на 20 мм. Изменение направления нормали производится при помощи контекстного меню вызываемого при выделении рабочей плоскости в рабочей области или же в дереве построения (Рисунок 93)



Рисунок 93 – Изменение нормали плоскости

После чего выполняется построения смещенной рабочей плоскости, удаленной от промежуточной на 20 мм и построение на ней эскиза для операции вращения, пример чего показан на рисунке 94.

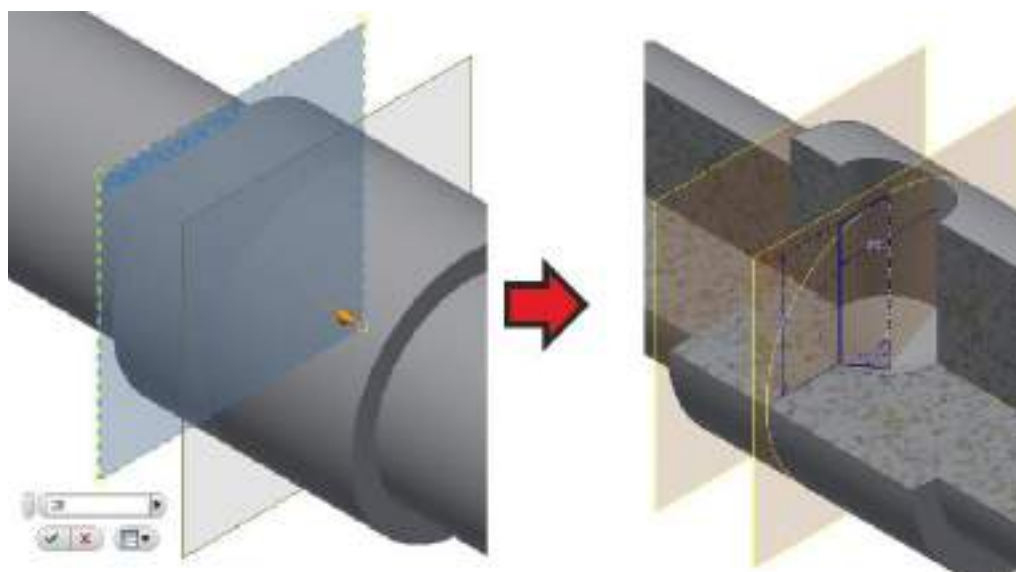


Рисунок 94 – Радиальное отверстие

При этом следует заметить, что создание переменной со значением угла заточки сверла, необходимо выполнить таким образом, чтобы задание данного угла происходило без промежуточных расчетов в виде деления угла на два при указании размера от следа режущей кромки сверла до оси. Представленная проблема может быть решена несколькими способами, но ввиду указанных ранее ограничение принимается вариант решения не требующий ввода дополнительных примитивов, хоть он и не будет являться оптимальным.

Так для создания модели в которой выполнялся бы ввод и контроль полного угла необходимо ввести дополнительную переменную которая в системе названа пользовательской. Производится данное действие в диалоговом окне «Параметры» при использовании команды «Добавить числовой параметр», после чего производится запись формулы для переменной используемой в эскизе. Пример описанного действия показан на рисунке 95.

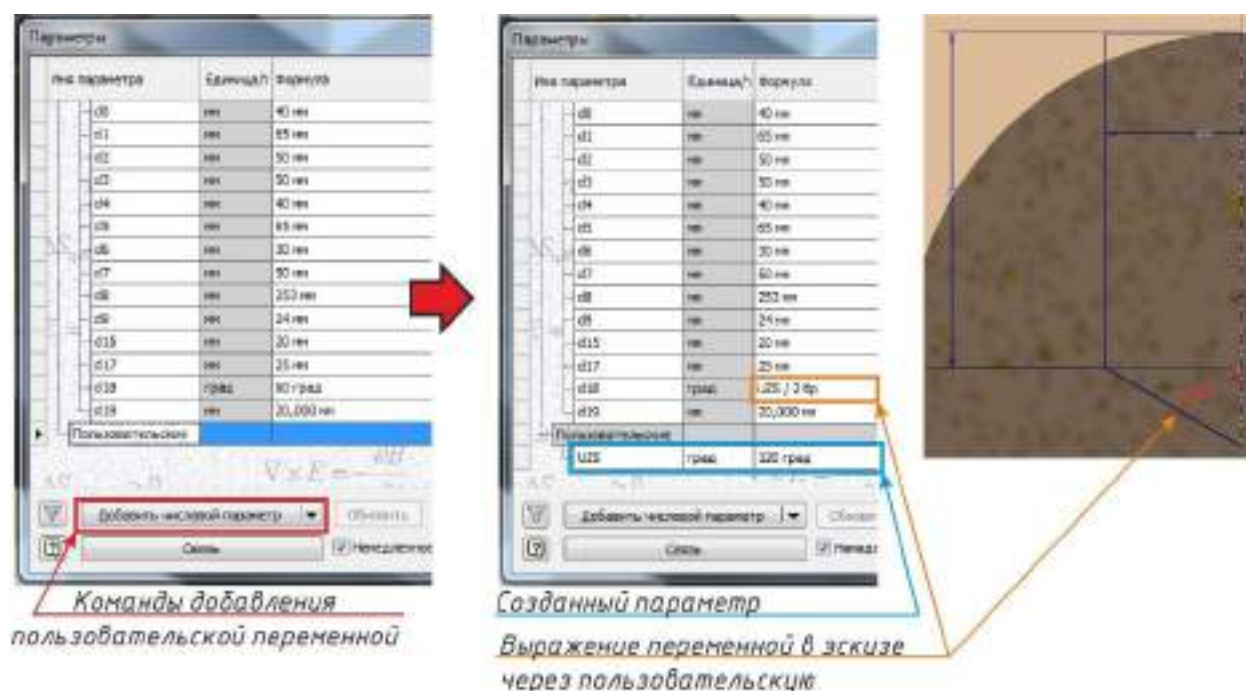


Рисунок 95 – Ввод пользовательского размера

Рабочие плоскости на основе которых уже выполнено построения конструктивных элементов могут быть скрыты путем их выбора и отключения видимости в контекстном меню. Отключение видимости вспомогательной геометрии требуется для облегчения восприятия всей модели в целом.

Следующим этапом моделирования вала является построение двух шпоночных пазов на ступени диаметром 40 мм с полем допуска d7. Для выполнения указанных конструктивных элементов и выдержки толщины вала требуется ввести две плоскости, одна из которых должна быть касательной к цилиндрической поверхности ступени, а вторая смещена от нее расстояние показанное в сечении А-А (Рисунок 83).

Так построение промежуточной плоскости осуществляется при помощи варианта «Касательно к поверхности и параллельно плоскости», где в качестве поверхности касания выступает цилиндрическая поверхность ступени, а в качестве параллельной плоскости одна из базовых. Базовая же плоскость выбирается таким образом, чтобы она являлась параллельной оси уже имеющегося радиального отверстия, которой в данном случае является плоскость XZ plane, а цилиндрическую поверхность необходимо выбирать с той стороны ступени где

необходима рабочая плоскость. Пример построения данного варианта расположения рабочей плоскости показан на рисунке 96.



Рисунок 96 – Построение касательной плоскости

Построение второй рабочей плоскости, смещенной относительно промежуточной производится аналогично созданию плоскости для радиального отверстия, после чего производится моделирование конструктивного элемента, иллюстрация которого представлена на рисунке 83.

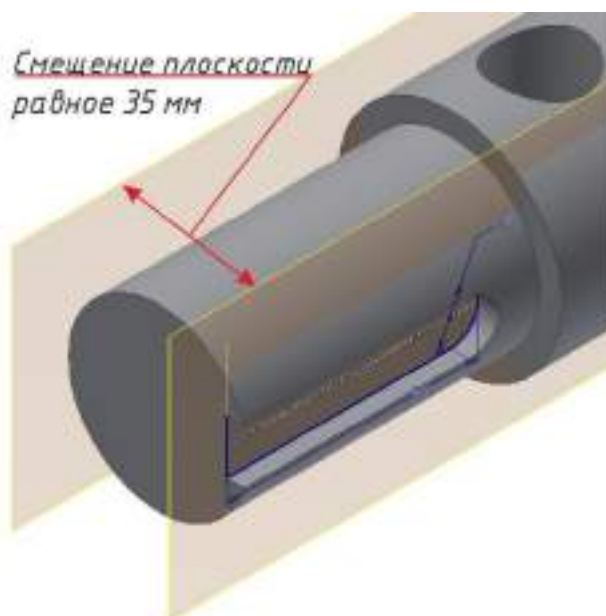


Рисунок 97 – Шпоночный паз сечения А-А

Построение второго шпоночного паза ступени производится аналогичным образом за тем исключением, что необходимо выдержать угол его наклона относительно первого. Для выполнения данного условия необходимо построить

плоскость под углом 120 к уже существующей рабочей плоскости, которая в последствии будет играть роль параллельной плоскости при создании касательной.

Выполнение описанного действия возможно при помощи варианта моделирования «Угол к плоскости вокруг ребра», где в качестве ребра может использоваться рабочая ось, совпадающая с осью вращения вала. Построение же рабочей оси не отличается от построения рабочей точки, а результат моделирования плоскости представлен на рисунке 98.

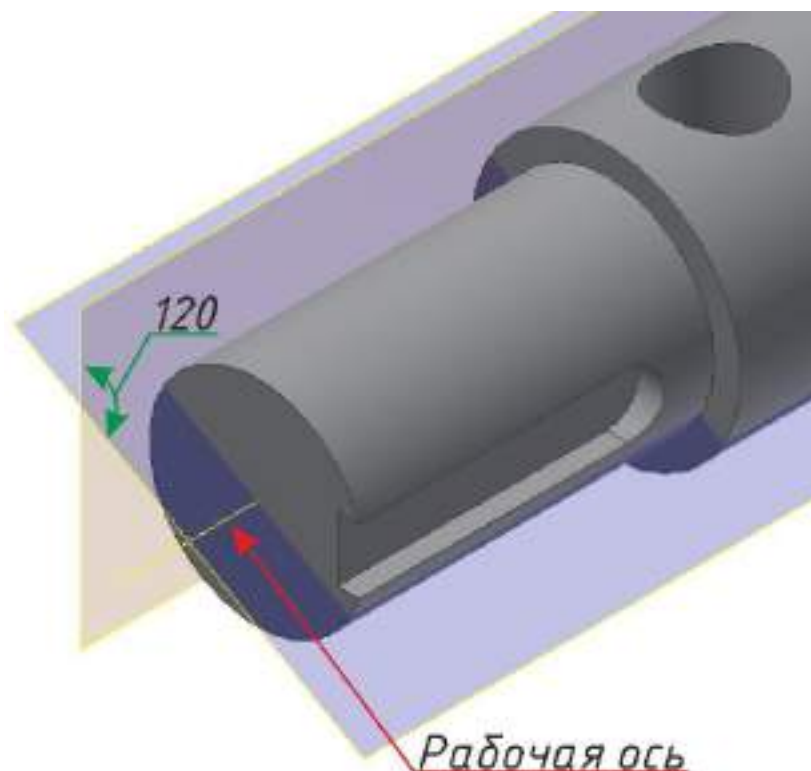


Рисунок 98 – Построение плоскости под углом к заданной

Дальнейшие действия полностью аналогичны процессу построения первого шпоночного паза, и представляет собой создание двух рабочих плоскостей и выполнение операции выдавливания. Следует отметить, что при моделировании второго шпоночного паза существует один нюанс, а именно необходимость использования зависимых переменных. Выполняется данное действие во время построения одной из рабочих плоскостей и эскиза второго паза, путем указания в качестве значения создаваемых переменных значений уже существующих. Так, например, при построении рабочей плоскости являющейся основанием для

эскиза второго паза необходимо вместо размера смещения указать имя переменной, которая задает смещения плоскости первого паза, как показано на рисунке 99.

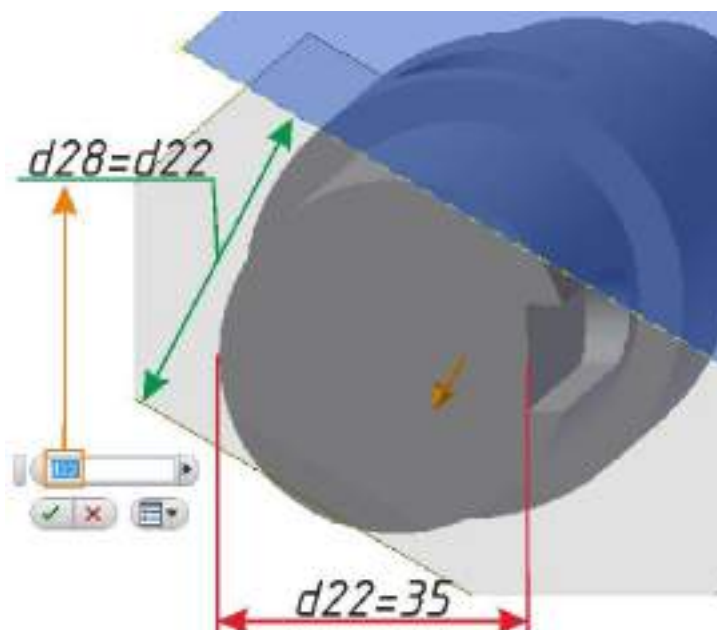


Рисунок 99 – Задание зависимой переменной

В результате действия показанного на рисунке 99, при изменении переменной $d22$, отвечающей за расстояние дна шпоночного паза от цилиндрической поверхности ступени, будет автоматически изменяться и переменная $d28$. Использование зависимых переменных в процессе моделирования позволяет сократить количество параметров, которые в последующем необходимо контролировать, тем самым уменьшая риск возникновения проблемы параметризации.

После построения двух шпоночных пазов на ступени с диаметром 40 мм и полем допуска $d7$ следует рассмотреть процесс моделирования двух шпоночных пазов показанных в сечении В-В на рисунке 83. Рассматривая чертеж вала можно заметить, что расположение пазов в сечении В-В является симметричным, а следовательно необходимо задать такой набор рабочих плоскостей который позволил бы реализовать необходимое и достаточное количество независимых переменных. Для этого первоначально необходимо построить плоскость симметрии, проходящую через ось вращения вала и перпендикулярную оси ра-

диального отверстия. Алгоритм ее создания аналогичен алгоритму создания промежуточной плоскости, лежащей на торце второй ступени, а в качестве ограничений данной плоскости могут быть указаны: существующая точка и одна из плоскостей ранее построенного шпоночного паза, как показано на рисунке 100



Рисунок 100 – Построение плоскости проходящей через ось вращения

Дальнейшее построение вспомогательной геометрии для создания пазов, сводится к созданию двух смещенных плоскостей. Одна из рабочих плоскостей строится от плоскости симметрии на расстоянии равном половине от требуемого, а вторая от первой на полном расстоянии (Рисунок 101).

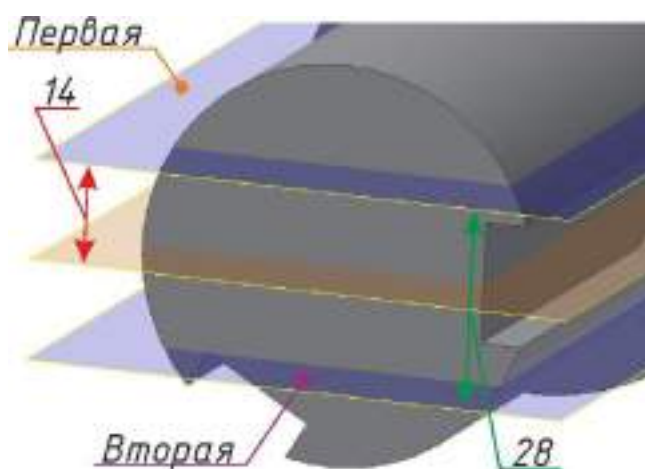


Рисунок 101 – Построение смещенных плоскостей

Задание же симметричности данных плоскостей осуществляется при помощи окна параметров, в котором в качестве формулы для расчета смещения первой плоскости записывается выражение с именем переменной смещения второй плоскости деленным на два, пример чего показан на рисунке 102.

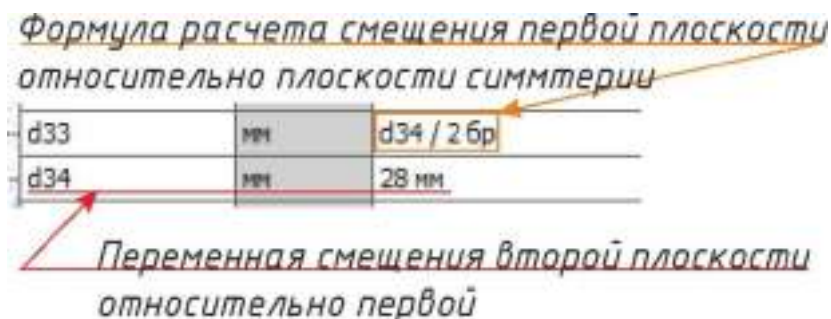


Рисунок 102 – Создание правила симметрии

После создания правила симметрии, производится построение одного из шпоночных пазов, контуры которого в последующем проецируются на вторую плоскость для построения симметричного паза, тем самым уменьшая количество переменных.

Построение же последнего паза не представляет трудностей за счет использования лишь одной рабочей плоскости, касающейся цилиндрической поверхности последней ступени.

Результатом выполнения всех описанных операций является модель вала содержащего необходимое и достаточное количество независимых переменных, пример которой представлен на рисунке 103.



Рисунок 103 – Модель ступенчатого вала

При этом важно заметить, что в связи с принятыми ранее ограничениями рассмотренный процесс моделирования является показательным в плане методики применения вспомогательной геометрии, но не позволяет оптимальным образом построить модель, хотя ее оптимизация возможна за счет использования стандартных функций редактирования, рассмотрение которых будет произведено в следующем практическом занятии.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
2. Определить алгоритм построения.
3. Выполнить построение модели детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Бумага, А. И. Трехмерное моделирование в системе проектирования КОМПАС - 3D : учебно-методическое пособие / А. И. Бумага, Т. С. Вовк. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2019. — 78 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный

ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92355.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Лабораторная работа №8 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель работы: Изучение функций изменения в процессе моделирования.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Ис функций изменения в процессе моделирования.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять функции изменения в процессе моделирования.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования функций изменения в процессе моделирования.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью уменьшения сроков проектирования новых изделий и увеличения их жизненного цикла, за счет внедрения в процесс моделирования деталей операций создания и редактирования типовых конструктивных элементов. Знания, полученные в рамках данного практического занятия, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При использовании систем автоматизированного проектирования возникает ряд задач от решения, которых напрямую зависит эффективность работы конструктора. К данным задачам следует отнести рациональность использования функционала САПР, выбор оптимальных методик построения моделей, степень автоматизации работ.

Одним из вопросов, затрагивающих представленные задачи, является вопрос ускорения моделирования широко распространённых конструктивных элементов, к которым относятся: фаски; закругления, отверстия; наружные и внутренние резьбы, ребра жесткости. Так в процессе проектирования нередко

возникают ситуации требующие изменения конструкции отдельных элементов, например отверстий в корпусных деталях.

Допустим, что при моделировании детали «Опора», представленной на рисунке, 4 сквозных отверстия диаметром 12 мм выполнены при помощи выдавливания, но в процессе конструирования возникла необходимость выполнить их глухими с моделированием конической поверхности, полученной режущими кромками сверла (Рисунок 104).

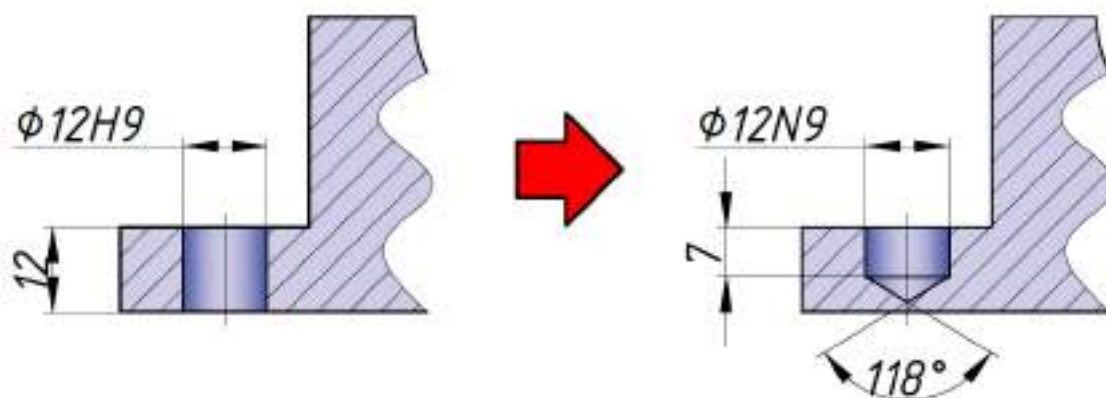


Рисунок 104 – Изменение отверстий детали «Опора»

Так при использовании лишь операций выдавливания или вращения решения возникшей задачи имеет два варианта. Первый вариант это изменение глубины выдавливания и добавление дополнительной операции с указанием значения конусности. При этом станет возможным построение всех четырех отверстий за 2 операции выдавливания, но возникнет необходимость добавления лишней переменной. Второй вариант это перестроение отверстий при помощи использования операции вращения, при которой станет возможным создание отверстий без инициализации лишних переменных, но потребуется выполнять каждое отверстие отдельно.

Не один из представленных вариантов решения проблемы не является оптимальным в связи с нерациональностью ввода дополнительных операций или же необходимостью больших затрат времени. В связи с этим в большинстве систем автоматизированного проектирования задачи моделирования широко используемых конструктивных элементов автоматизированы и представлены в

виде отдельных команд, которые предлагается рассмотреть в рамках данного практического занятия.

Фаски и сопряжения

Первым рассматриваемым конструктивным элементом являются фаски. Фаской называется поверхность, образованная скосом торцевой кромки или ребра детали (Рисунок 105).

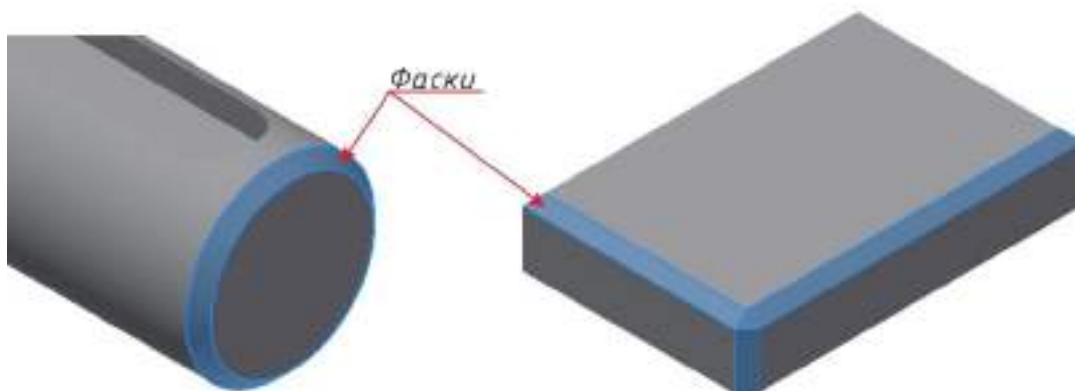


Рисунок 105 – Фаска

Использование данного конструктивного элемента обусловлено необходимостью достижения технологических, технических, декоративных или эргономических требований.

В системе существует два способа построения фасок: первый при работе с эскизом; второй при использовании стандартной команды редактирования модели – «Фаска», расположенной на панели инструментов «Изменить» вкладки «3D модель». Каждый из способов имеет набор идентичных вариантов построения фасок, со своими ограничениями, достоинствами и недостатками, например, при построении эскиза для создания базового тела выдавливанием не всегда возможно реализация всех необходимых фасок, в то время как при создании эскиза базового тела вращения возможно задание всех фасок, расположенных на цилиндрических поверхностях.

В набор возможных построений фасок входят следующие варианты:

 «Расстояние» – создание кромки с равной длиной скашиваемых граней, образующих ребро (Рисунок 106).

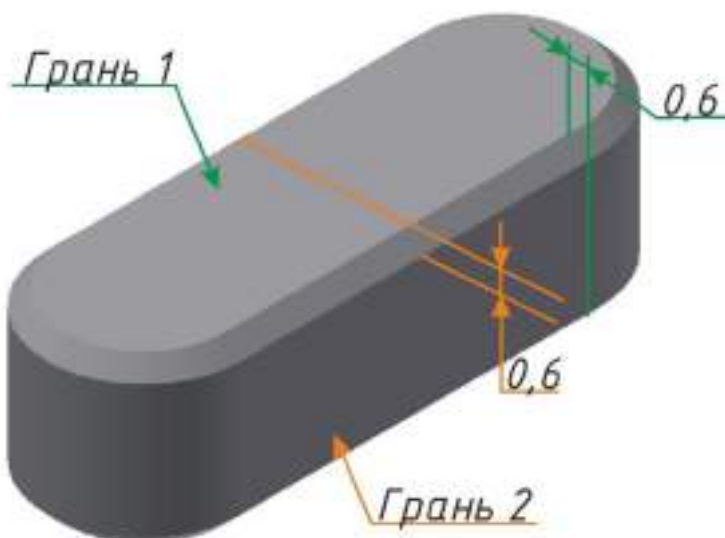


Рисунок 106 – Вариант построения фаски «Расстояние»

 «Длина и угол» – создание кромки на определенном расстоянии от ребра и угле скоса относительно выбранной грани (Рисунок 107).

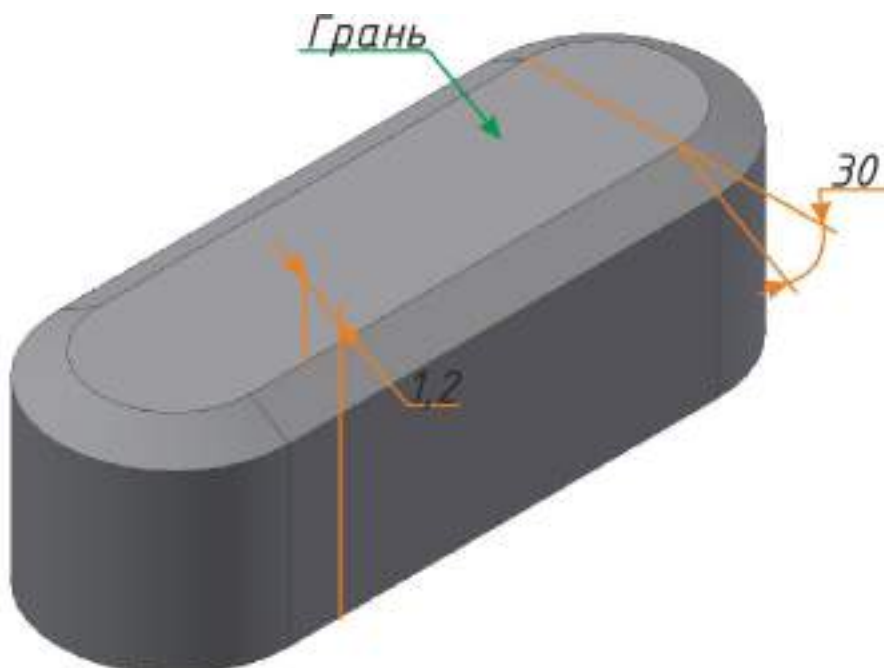


Рисунок 107 – Вариант построения фаски «Длина и угол»

 «Две длины» – создание кромки с двумя различными длинами скоса относительно граней, образующих ребро (Рисунок 108).

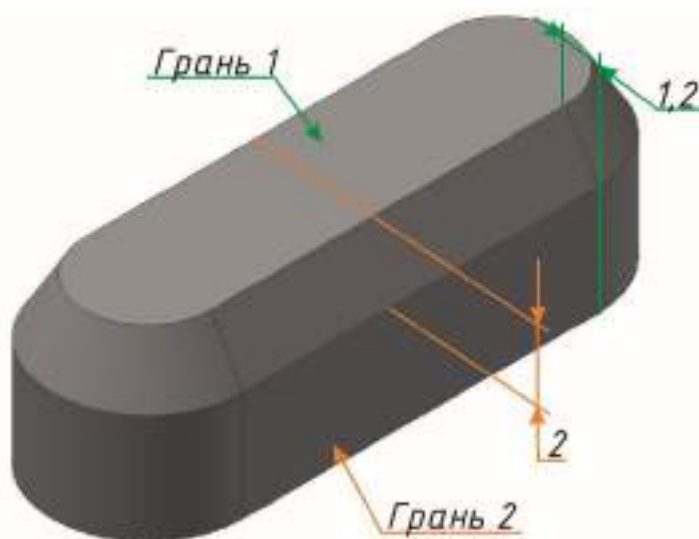


Рисунок 108 – Вариант построения фаски «Две длины»

Из представленных вариантов построения фасок наиболее предпочтительным является вариант «Длина и угол». Приоритетность использования именно этого варианта построения является следствием необходимости получения требуемых размеров, которые для фасок определяются стандартом ГОСТ 10948-64 «Радиусы закруглений и фаски», согласно которому, все фаски за исключением оговоренного ряда случаев, выполняются под углом 45° (Рисунок 109).

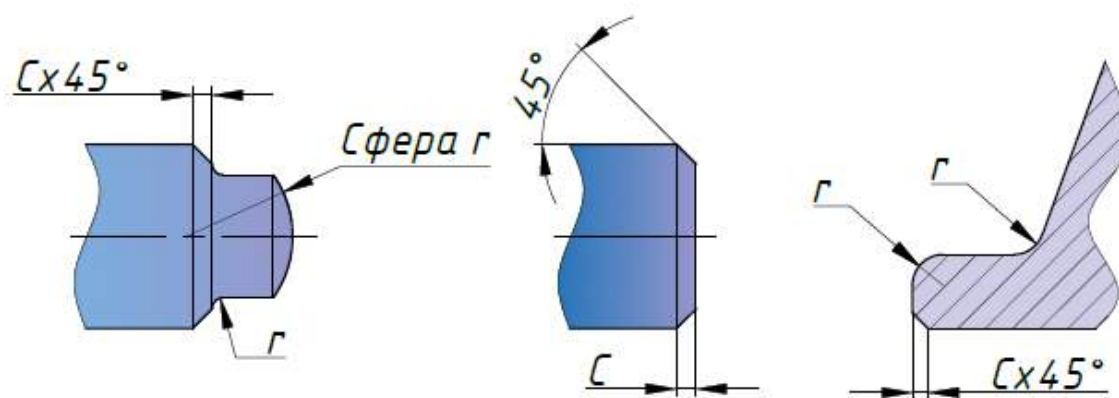


Рисунок 109 – Иллюстрация правил нанесения размеров по ГОСТ 10948-64

При этом анализируя рисунок 109, можно заметить, что достижение необходимого визуального результата возможно не только вариантом построения «Длина и угол», но и «Расстояние», так как грань, скошенная под углом 45° позволяет получить две одинаковых длины скоса относительно ребра. Но несмотря на визуальную схожесть результатов работы двух разных вариантов по-

строения фасок (Рисунок 110), их использование влечет за собой создание различных наборов переменных, а следовательно, и различные возможности последующего редактирования.

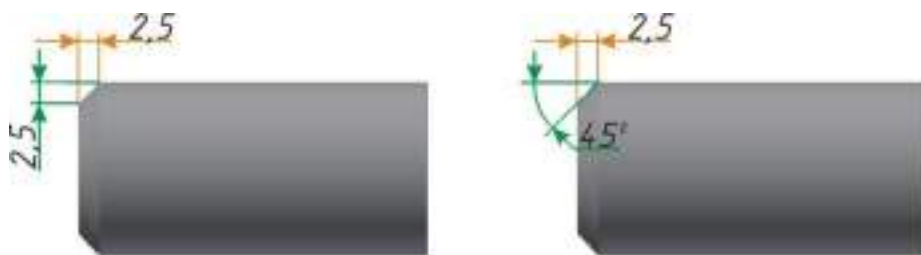


Рисунок 110 – Результат различных вариантов построения

Так при использовании варианта построения фаски «Расстояние» в качестве набора переменных будет использована одна независимая переменная, пример чего представлен на рисунке 111, с изменением которой производится изменение расстояния скоса двух граней.

Имя параметра	Единица	Формула
d47	мм	20 мм
d48	мм	40 мм
d49	град	0,0 град
d50	мм	2,5 мм

Независимая переменная

Рисунок 111 – Набор переменных варианта «Расстояние»

При использовании же варианта построения фаски «Длина и угол», создается набор переменных, состоящий из двух независимых переменных, длины скашиваемого участка грани и угла наклона скоса относительно выбранной грани, пример которого показан на рисунке 112.

Имя параметра	Единица	Формула
d47	мм	20 мм
d48	мм	40 мм
d49	град	0,0 град
d50	мм	2,5 мм
d52	град	45 град

Набор независимых переменных

Рисунок 112 – Набор переменных варианта «Длина и угол»

Наличие двух переменных позволяет предусмотреть при моделировании ситуацию необходимости внесения изменения в конструкцию, не регламентированную стандартом ГОСТ 10948-64, например, первоначально при проектировании вала могут быть заданы углы 45° , но в последующем в связи с оптимизацией конструкции с целью обеспечения лучшего центрирования подшипников на ступенях вала, потребуется изменения части углов до 10° , пример чего показан на рисунке 113.

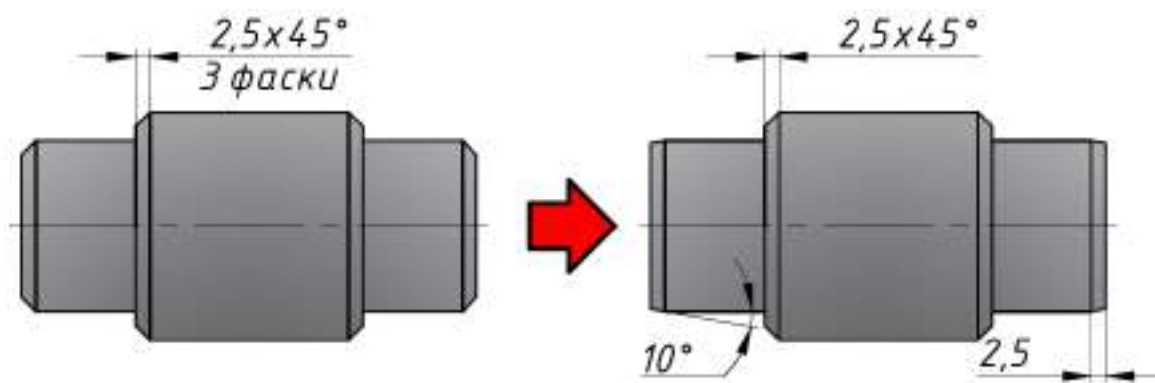


Рисунок 113 – Изменение конструкции вала

Изменение конструкции в случае использования варианта «Расстояние» потребует перестроения модели и выбор иного варианта создания фаски, что увеличит время моделирования, в то время как при использовании варианта «Длина и угол» потребуется лишь изменение угла наклона в диспетчере параметров.

Для дальнейшего изучения достоинств и недостатков различных вариантов построения фасок требуется рассмотреть процедуру их моделирования, так для создания фасок с использованием варианта «Расстояние» необходимо активировать команду «Фаска», выбрать необходимый вариант построения, указать требуемую длину скоса, после чего начать выделение ребер на которых планируется создание фасок. Пример данной процедуры показан на рисунке 114.

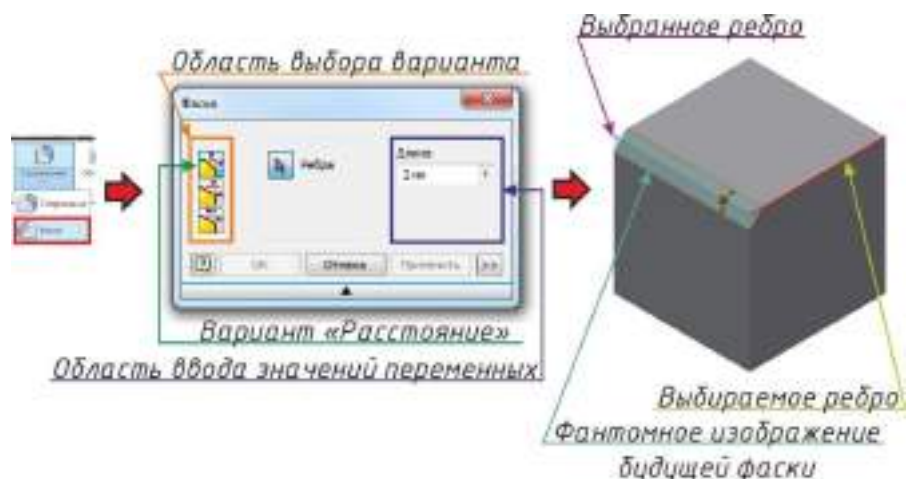


Рисунок 114 – Процедура создания фасок с одинаковой длиной скосов

Анализируя алгоритм построения, представленный на рисунке 114, можно сделать вывод о возможности построения неограниченного количества фасок одного размера в рамках выполнения одной операции, а, следовательно, минимизировать количество переменных модели, но при необходимости изменения конструкции возможно лишь изменение длины скоса, что несколько сужает возможности.

Процедура создания фасок при помощи варианта «Длина и угол» несколько отличается от первого варианта, так в качестве ограничений операции необходимо указание грани, относительно которой будут отсчитываться углы наклона скашиваемой кромки, и ребер на которых будет создаваться фаски. При этом фаски могут быть созданы лишь на тех ребрах, которые принадлежат выбранной грани. Пример описанной процедуры представлен на рисунке 115.

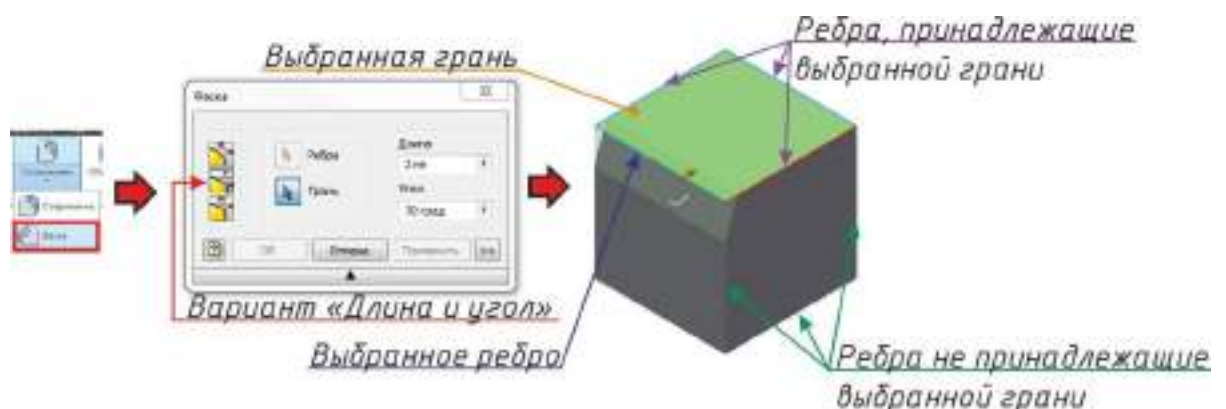


Рисунок 115 – Процедура создания фасок с указанием угла наклона

Анализируя представленную процедуру можно сделать вывод о ее достоинствах и недостатках. Так к достоинствам процедуры можно отнести большую гибкость при необходимости внесения изменений в конструкцию, но в тоже время возможность создания ограниченного числа фасок влечет за собой увеличение количества переменных и времени требуемого для создания всех необходимых элементов. При этом следует заметить, что все «лишние» переменные полученные от разных операций можно сделать зависимыми, тем самым уйдя от необходимости их дополнительного контроля, а следовательно и проблемы параметризации.

Алгоритм построения фасок с использованием варианта «Две длины» аналогичен варианту «Расстояние» за той лишь разницей, что за одну операцию возможно создание одной фаски.

Из рассмотренных процедур создания конструктивных элементов следует вывод о необходимости понимания последующего процесса изготовления детали на основе созданной модели, например, при стремлении минимизировать время построения модели, отсутствии случаев использования фасок, не регламентированных стандартом ГОСТ 10948-64, и применении в последующем технологии трехмерной печати для ее производства, оптимальным будет являться вариант построения «Расстояние». В то же время при необходимости в последующем автоматизации создания управляющей программы для станка с числовым программным управлением, более оптимальным будет являться использование угла наклона скоса, в связи с возможностью более быстрого подбора режущего инструмента.

Помимо фасок при проектировании деталей применяются сопряжения и скругления, которые также являются типовыми конструктивными элементами и предназначены для достижения аналогичных фаскам требований.

Сопряжением называется плавный переход по кривой от одной поверхности к другой. Построение сопряжений производится при помощи команды «Сопряжение», расположенной на панели инструментов «Изменить» вкладки

«3D-модель», активация которой вызывает одноименное диалоговое окно, показанное на рисунке 116.

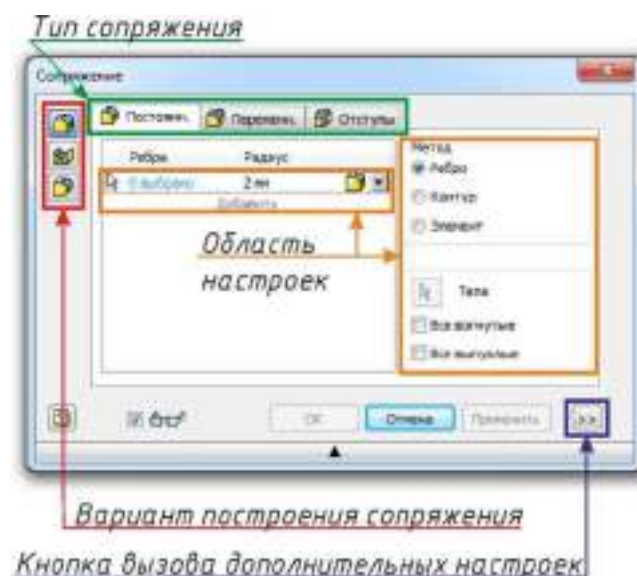


Рисунок 116 – Диалоговое окно «Сопряжение»

Представленное диалоговое окно позволяет, аналогично диалоговому окну «Фаска», производить построение нескольких вариантов сопряжений, к которым относятся:

 «Сопряжение ребра» – создание плавного перехода между смежными гранями. Данный вариант построения содержит два типа сопряжений: с постоянным радиусом (Рисунок 117а); с переменным радиусом (Рисунок 117б), а также ряд дополнительных настроек

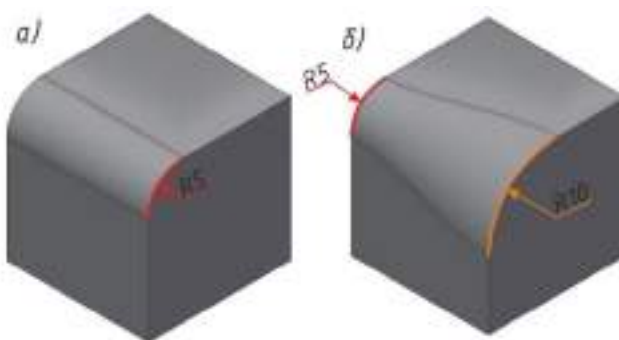


Рисунок 117 – Вариант построения сопряжения «Сопряжение ребра»

 «Сопряжение грани» – создание плавного перехода между двумя гранями не имеющими общего ребра (Рисунок 118).

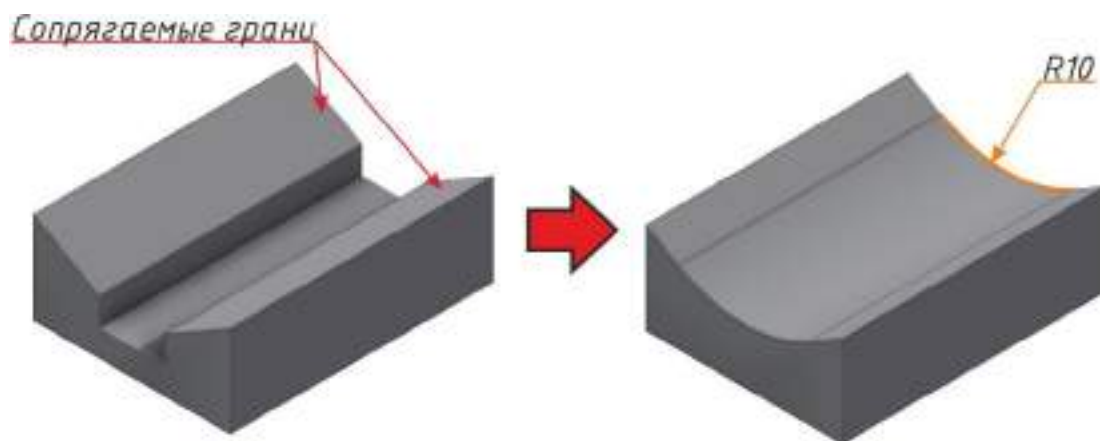


Рисунок 118 – Вариант построения сопряжения «Сопряжение грани»

 «Полное круговое сопряжение» – создание плавного перехода касавшегося трех выбранных граней (Рисунок 119).

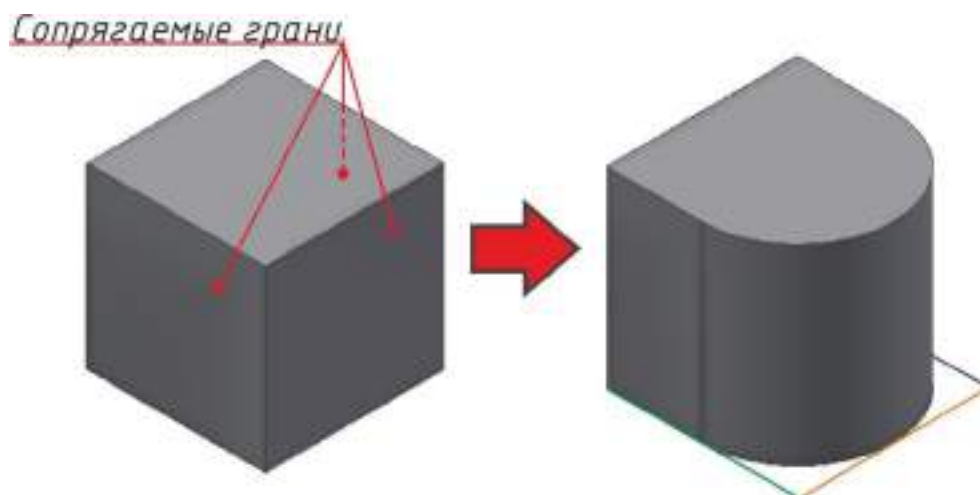


Рисунок 119 – Вариант построения сопряжения «Полное круговое сопряжение»

Приоритетность использования вариантов выбирается исходя из рассмотренных ранее общих правил моделирования, но наиболее часто используется вариант построения «Сопряжение ребра» с постоянным значением радиуса, что обусловлено рядом причин.

Так одной из причин наличия в деталях сопряжений является стремление, конструкторов и технологов минимизировать рабочие и внутренние напряжения, путем ухода от острых углов и их замены плавными линиями переходов из одной плоскости в другую, а постоянство значения радиуса сопряжения объяс-

няется необходимостью проектирования наиболее технологичных в производстве деталей.

В связи с этим следует наиболее подробно рассмотреть процедуру создания именно этого варианта построения сопряжений, моделирование которых начинается с активации одноименной команды, результатом чего является появление, представленного на рисунке 116, диалогового окна. За активацией команды и появлением окна следует выбор необходимого варианта построения, которым в рассматриваемом случае является «Сопряжение ребра» (Рисунок 120)

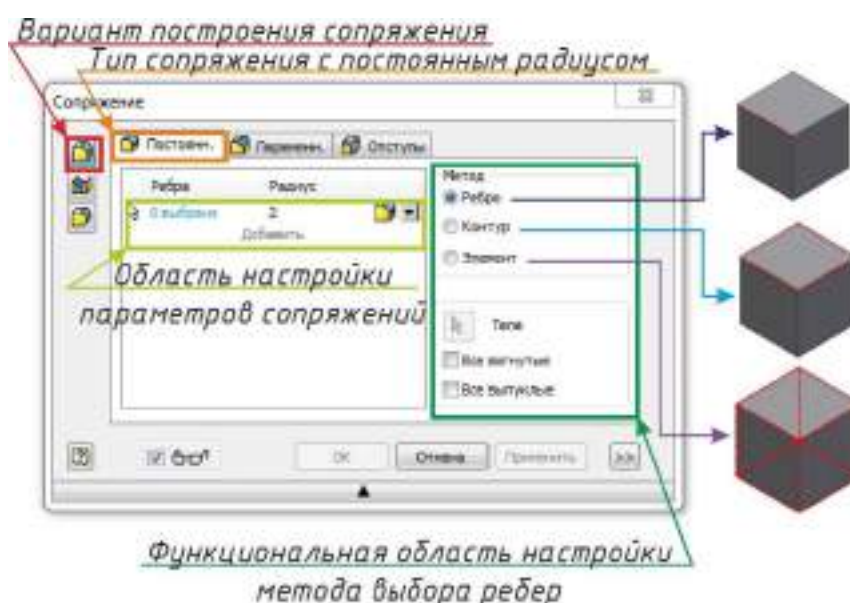


Рисунок 120 – Настройки диалогового окна «Сопряжение»

Рассматривая представленный рисунок, можно вывести общий алгоритм построения сопряжений с постоянным радиусом, который заключается в выполнении двух действий: задании параметров сопряжения и выборе ребер. К параметрам в данном случае следует отнести радиус, способ построения кривой сопряжения и правила построения пресечения нескольких сопряжений, расположение, указанных параметров сопряжения, показано на рисунке 121.

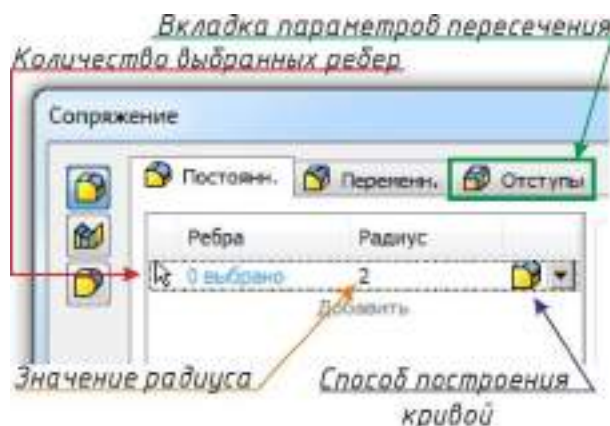


Рисунок 121 – Расположение параметров сопряжения с неизменным радиусом

Выбор ребер может выполняться несколькими способами: выбор последовательности отдельных ребер; выбор всех ребер принадлежащих грани; выбор всех ребер принадлежащих конструктивному элементу, а также возможен выбор всех ребер образующих вогнутые или выпуклые поверхности.

Так за настройкой параметров сопряжения необходимо произвести выбор сопрягаемых ребер, одним из описанных способов, например, при выбор последовательности отдельных ребер что показано на рисунке 122.

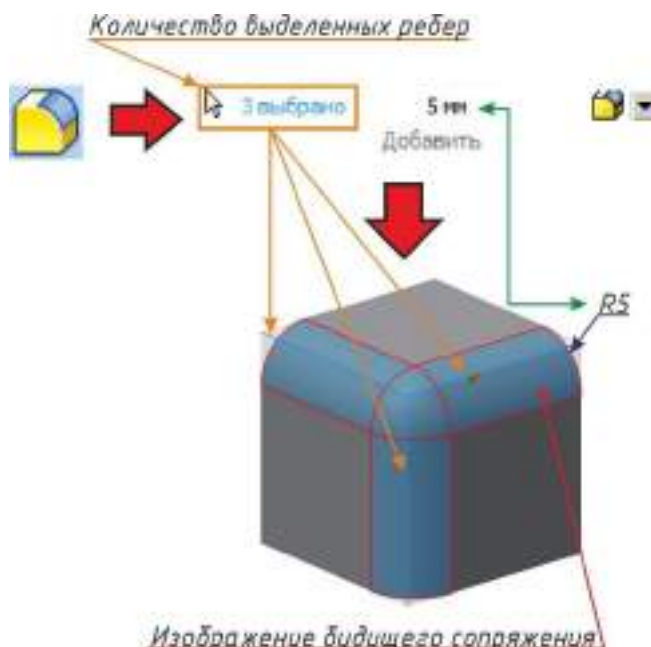


Рисунок 122 – Создание сопряжения нескольких ребер

При этом важно отметить что при выполнении операции «Сопряжение» возможно создание нескольких наборов сопряжений с различными параметра-

ми. Для этого необходимо после выбора одного набора добавить при помощи одноименной команды новый, после чего аналогично первому указать его параметры и выделить необходимые ребра, например, использовать в рамках одной операции два набора с радиусами 3 и 8 мм (Рисунок 123).

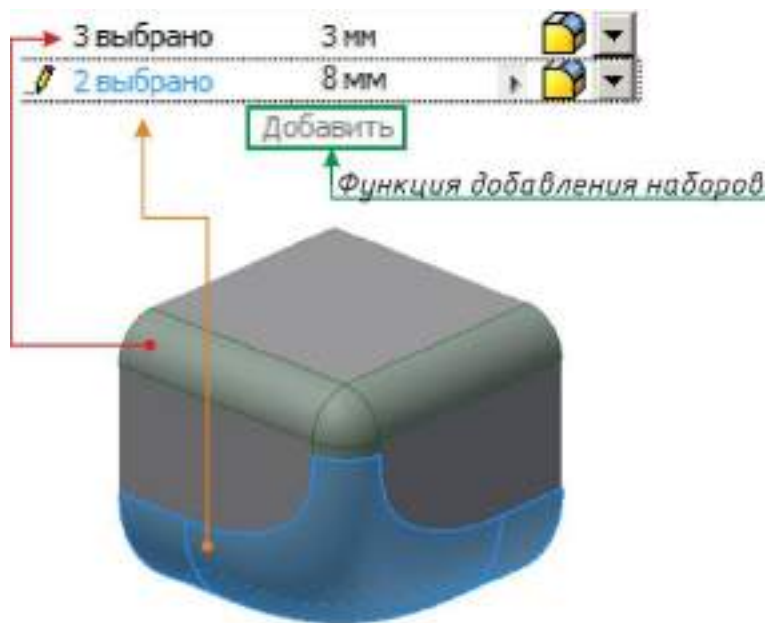


Рисунок 123 – Инициализация нескольких наборов

Помимо показанных настроек существует возможность настройки места пересечения сопряжений, которое может быть построено путем моделирования поверхности шариков, касающихся сопряжений и имеющих различные радиусы. Так, например, при настройках по умолчанию место пересечения строится путем касания шарика с минимально возможными радиусами, равными радиусам сопряжений (Рисунок 124а), а при задании отступов производится перестроение модели (Рисунок 124б).

Рассматривая достоинства и недостатки различных способов построения типовых конструктивных элементов следует отметить, что их создание при помощи команд редактирования имеет ряд преимуществ по сравнению с работой в эскизе.

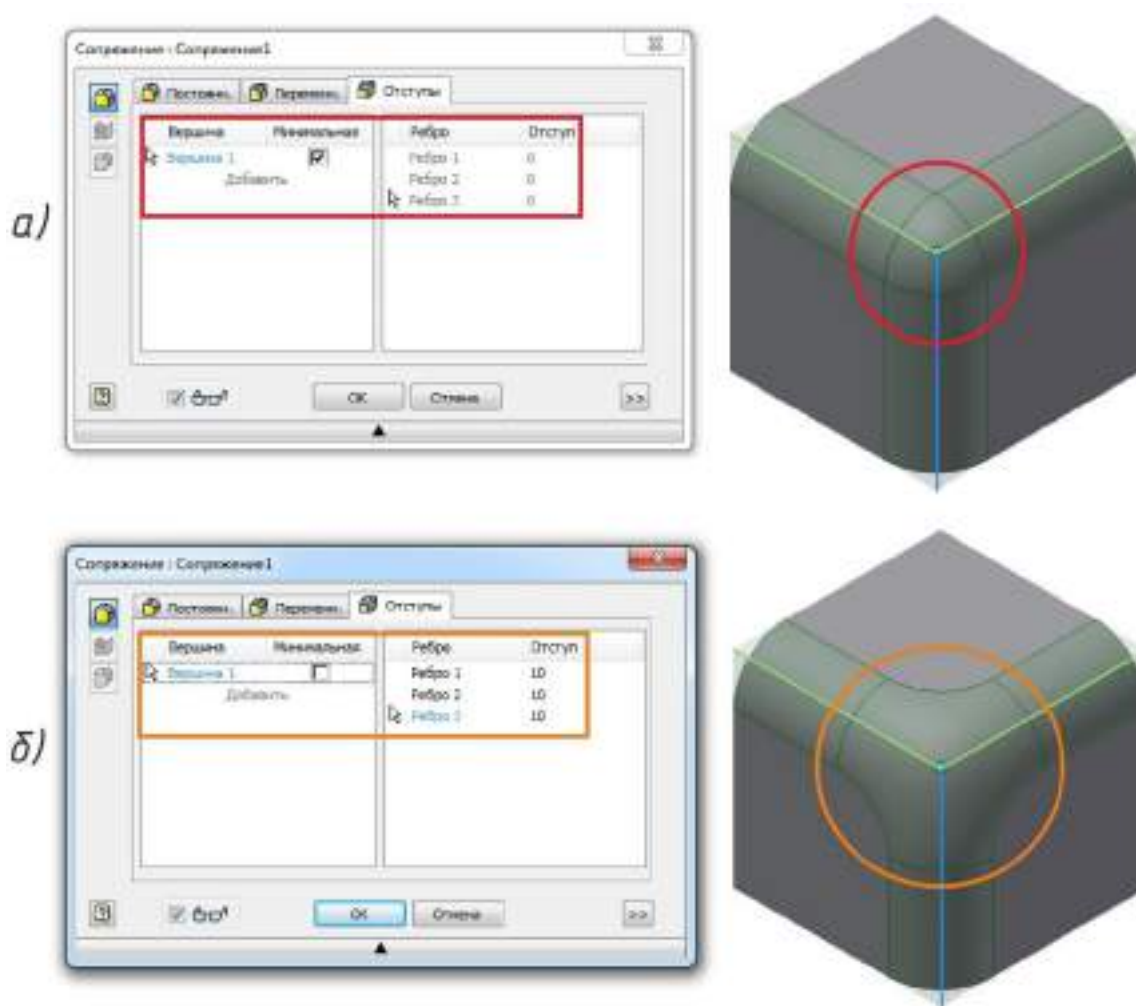


Рисунок 124 – Методы построения места пересечения сопряжений

К данным преимуществам необходимо отнести:

- возможность более быстрого редактирования конструктивных элементов, без необходимости редактирования эскиза;
- большая гибкость при необходимости перестроения модели.

При этом наряду с преимуществами данного способа существуют и факторы показывающие, при применении типовых конструктивных элементов, ограничивающее влияние данных элементов на процесс моделирования, для минимизации которого следует выполнять представленные операции при завершении процесса построения модели. К данным факторам относятся уменьшение производительности системы за счет возрастающей сложности обсчета модели, и трудности при изменении иерархии конструктивных элементов.

Еще одним аспектом, регламентирующим использование именно типовых конструктивных элементов, является требование единой системы конструкторской документации к упрощению чертежей сборочных единиц, посредством подавления мелких фасок, галтелей и сопряжений, что становится невозможным при задании таковых на этапе построения эскизов. Выполнение данных конструктивных элементов в виде элементов дерева построения, позволяет в последующем внедрять элементы автоматизации за счет использования редактора правил iLogic.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
2. Определить алгоритм построения.
3. Выполнить построение модели детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Бумага, А. И. Трехмерное моделирование в системе проектирования КОМПАС - 3D : учебно-методическое пособие / А. И. Бумага, Т. С. Вовк. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,

ЭБС АСВ, 2019. — 78 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92355.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Лабораторная работа №9 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель работы: Изучение функций построения конструктивных элементов в процессе моделирования.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Ис функций построения конструктивных элементов в процессе моделирования.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять функции построения конструктивных элементов в процессе моделирования.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования функций построения конструктивных элементов в процессе моделирования.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью уменьшения сроков проектирования новых изделий и увеличения их жизненного цикла, за счет внедрения в процесс моделирования деталей операций создания и редактирования типовых конструктивных элементов. Знания, полученные в рамках данного практического занятия, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Наряду с фасками и сопряжениями, к типовым конструктивным элементам относятся отверстия и резьбы, причем последние могут выступать частью первых. При этом следует отметить, что к типовым конструктивным элементам относятся не все существующие виды отверстий, а лишь наиболее распространённые, для понимания чего следует рассмотреть некоторые аспекты классификации, которая сама по себе является весьма обширным вопросом.

Так по конструктивно-технологическим признакам можно выделить следующие виды отверстий применяемых в деталях машин:

- глухие (Рисунок 125а);
- сквозные (Рисунок 125б);
- ступенчатые (Рисунок 125 в, г).

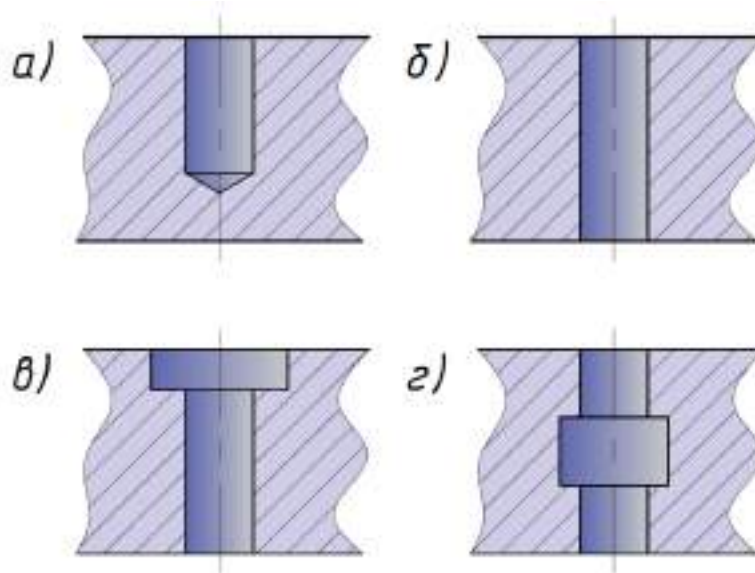


Рисунок 125 – Виды отверстий

Из представленных на рисунке 125 вариантов отверстий (а-г), вариант «г» не является типовым конструктивным элементом, в связи с наличием внутренней конструкции, форма которой диктуется лишь необходимостью достижения определенных целей, а вариант «в» как правило, используется в качестве отверстия под крепежные элементы, степень стандартизации которых достаточно велика.

В связи с этим можно выделить следующие типы отверстий:

- гладкие;
- резьбовые, как с цилиндрической так и конической резьбой;
- отверстия под крепежные элементы, с цековками, зенковками и местами под уплотнения.

В системе все представленные отверстия, за исключением указанного вида (Рисунок 125г), являются типовыми конструктивными элементами, моделиро-

вание, а в последующем и редактирование которых, рациональнее всего выполнять при помощи команды «Отверстие», расположенной на панели инструментов «Изменить» вкладки «3D-модель».

В результате активации данной команды возникает одноименное диалоговое окно, представленное на рисунке 126.

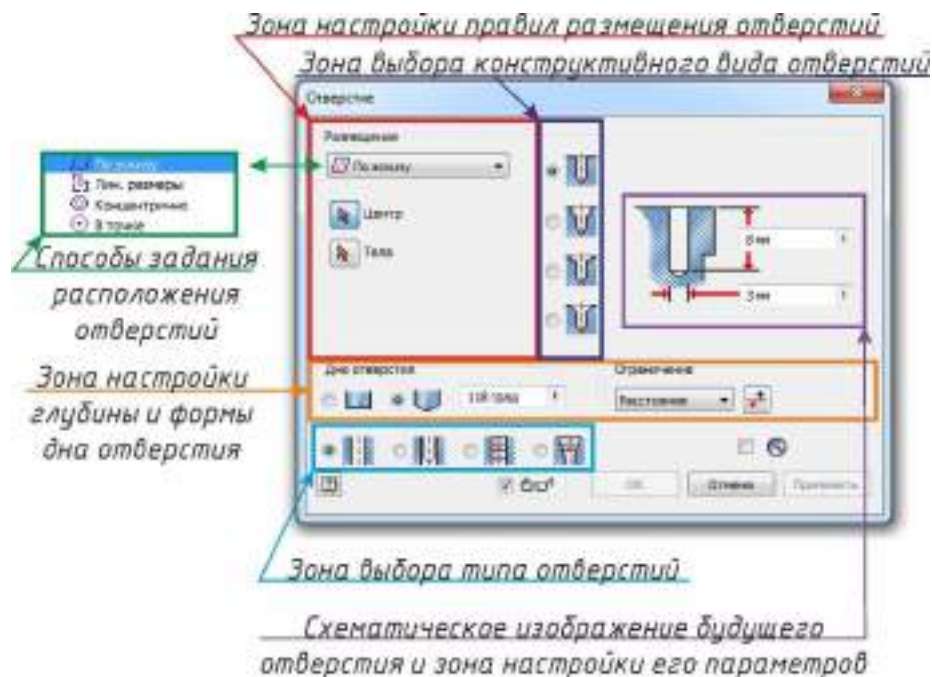


Рисунок 126 – Диалоговое окно «Отверстие»

Данное диалоговое окно содержит в своей структуре несколько зон позволяющих производить различные настройки в процессе создания отверстий. Первой функциональной зоной окна является зона настройки правил размещения отверстий которая, содержит 4 варианта размещения: «По эскизу»; «Лин. Размеры»; «Концентрично»; «В точке» каждый из которых обладает группой специфических настроек, а также своими достоинствами и недостатками. Второй функциональной зоной является зона выбора конструктивного вида отверстий, которые могут быть «Обычными» (Без дополнительных конструктивных элементов); «Цековка» (с посадочным местом под головку болта); «Место под уплотнение»; «Зенковка» (для винтов с потайной головкой). Справа от зоны выбора конструктивного вида отверстий находится схематическое изображение будущего отверстия с выводом основных настраиваемых параметров, таких как

диаметр, глубина, длина резьбы, конкретный же набор параметров отверстия зависит от выбранного типа и конструктивного вида. Следующей функциональной зоной является зона настройки границ отверстия, в данное понятие входит определение глубины отверстия и формы его дна, в случае если отверстие глухое. В качестве глубины отверстия может быть задано числовое значение, выбрана поверхность или все тело детали, при выборе которого производится построение сквозного отверстия. При этом следует отметить, что выбор в качестве ограничений поверхности или же всего тела детали позволяет уменьшить количество переменных, пример чего показан на рисунке 127

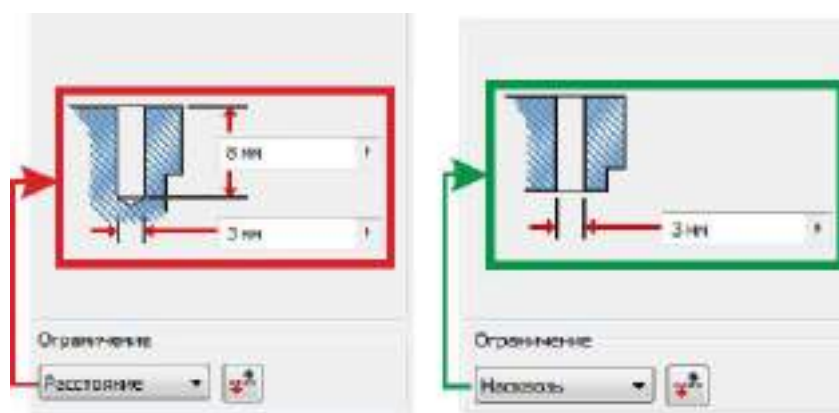


Рисунок 127 – Настройка границ отверстия

В нижнем левом углу диалогового окна расположена зона настройки типа отверстий, к которым относятся: «Простое отверстие» для создания гладких отверстий; «Отверстие под болт» для создания сквозных отверстий соответствующих требованиям стандартов, в том числе и ГОСТ 11284-75; «Резьбовое отверстие» для моделирования различных типов резьбы и аналогичное ему «Конусное резьбовое отверстие».

Рассматривая различные способы моделирования отверстий можно сделать следующие выводы, варианты размещения «Лин. Размеры», «Концентрично» и «В точке» позволяют обойтись без построения эскиза, но при этом имеют наименьшую гибкость решения, а также в некоторых случаях не позволяют получить минимально возможное количество переменных.

Для иллюстрации данного утверждения необходимо рассмотреть процесс моделирования отверстий в детали опора, чертеж которой представлен на рисунке 128.

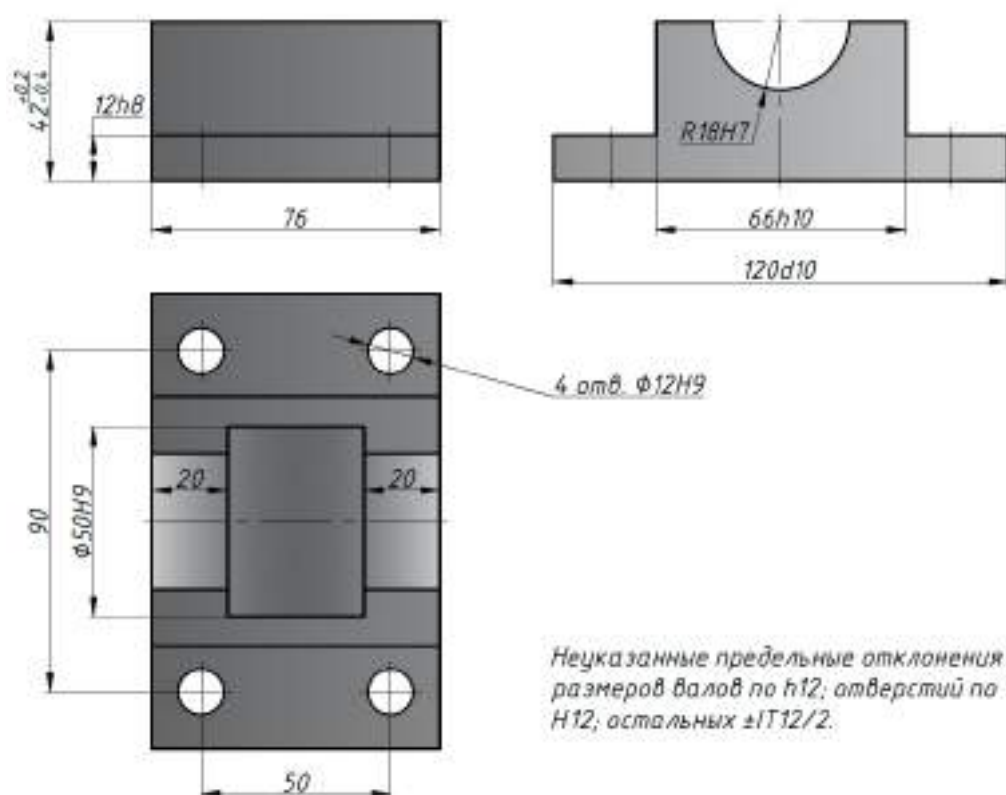


Рисунок 128 – Чертеж детали опора

Так после подготовки базового твердого тела возникает необходимость выбора способа построения отверстий, которые могут быть смоделированы двумя различными путями: первый путь – это моделирование отверстия при помощи варианта «Лин. размеры» и последующего создания массива; второй путь это создание эскиза с последующим применением варианта «По эскизу».

Для выполнения отверстия первым способом необходимо активировать команду, указать грань построения отверстия и ребра от которых будут отсчитываться размеры, которые в данном случае 15 и 13 мм соответственно. Пример описанного построения представлен на рисунке 129.

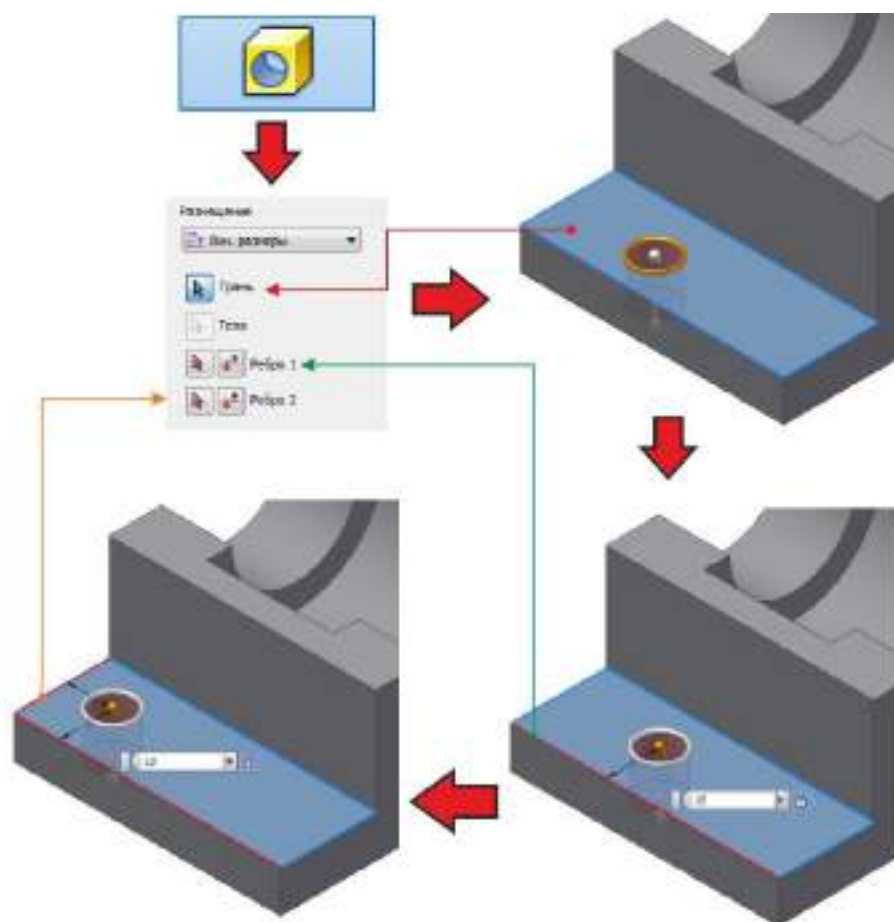


Рисунок 129 – Размещение отверстий вариантов «Лин. Размеры»

После построения данного отверстия следует применить операцию по созданию прямоугольного массива, которая позволит достичь необходимого результата, иллюстрация которого показана на рисунке 130.



Рисунок 130 – Результат создания массива

Анализ представленного метода построения позволяет наглядно продемонстрировать его недостатки, первым из которых будет являться инициализация 7 переменных вместо 3 указанных на чертеже, пример чего представлен на рисунке 131, что в свою очередь может привести к проблеме параметризации.

Набор переменных команды «Отверстие» с вариантом размещения «Лин. размеры»

d24	мм	15 мм
d25	мм	13 мм
d26	мм	12 мм
d33	бр	2 бр
d35	мм	90 мм
d36	бр	2 бр
d38	мм	50 мм

Набор переменных прямоугольного массива

Рисунок 131 – Набор переменных варианта «Лин. Размеры» и массива

Втором недостатком является нарушение правила симметрии при моделировании, так при изменении габаритных размеров детали, переопределение расположения отверстий произведено не будет, то есть симметричное расположение отверстий относительно осей будет нарушено. Этот факт позволяет сделать вывод о допустимости использования данного варианта только при построении «быстрых», не редактируемых в последующем, моделей или при отсутствии специальных требований к детали. Иллюстрация данного утверждения приведена на рисунке 132.

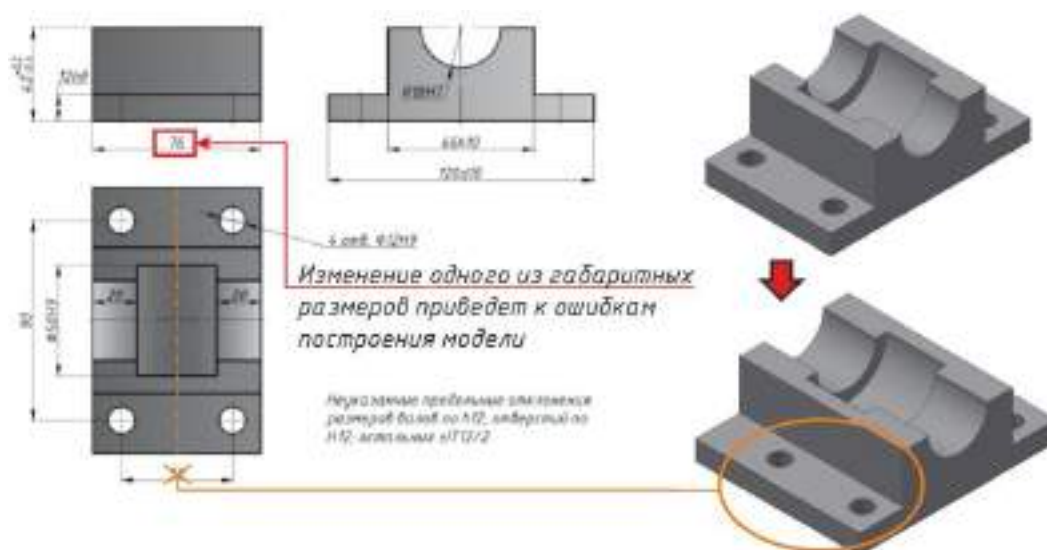


Рисунок 132 – Нарушение правила симметрии

Для выполнения отверстий вторым способом необходимо первоначально построить эскиз, который практически идентичен эскизу выполняемому при операции выдавливания, за той лишь разницей, что вместо окружностей необходимо нанести точки, пример чего показан на рисунке 133.

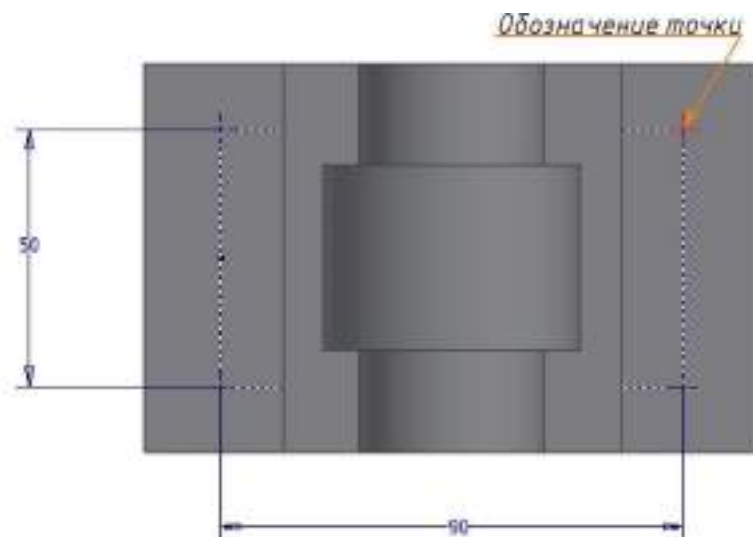


Рисунок 133 – Подготовка эскиза

За построением эскиза следует активация операции «Отверстие», которая приводит к автоматическому определению мест расположения отверстий, в местах расположения точек на эскизе, и определение всех необходимых параметров отверстий. Пример построения отверстий данным способом показан на рисунке 134.

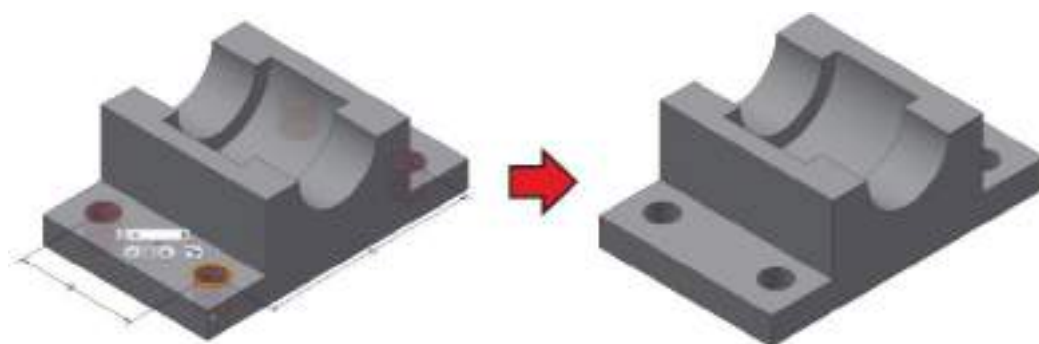


Рисунок 134 – Моделирование отверстий «По эскизу»

Анализируя показанный метод можно выявить его достоинства и недостатки. Так к достоинствам данного метода следует отнести создание набора из 3 переменных, вместо 7 в первом способе, а также соблюдение правила сим-

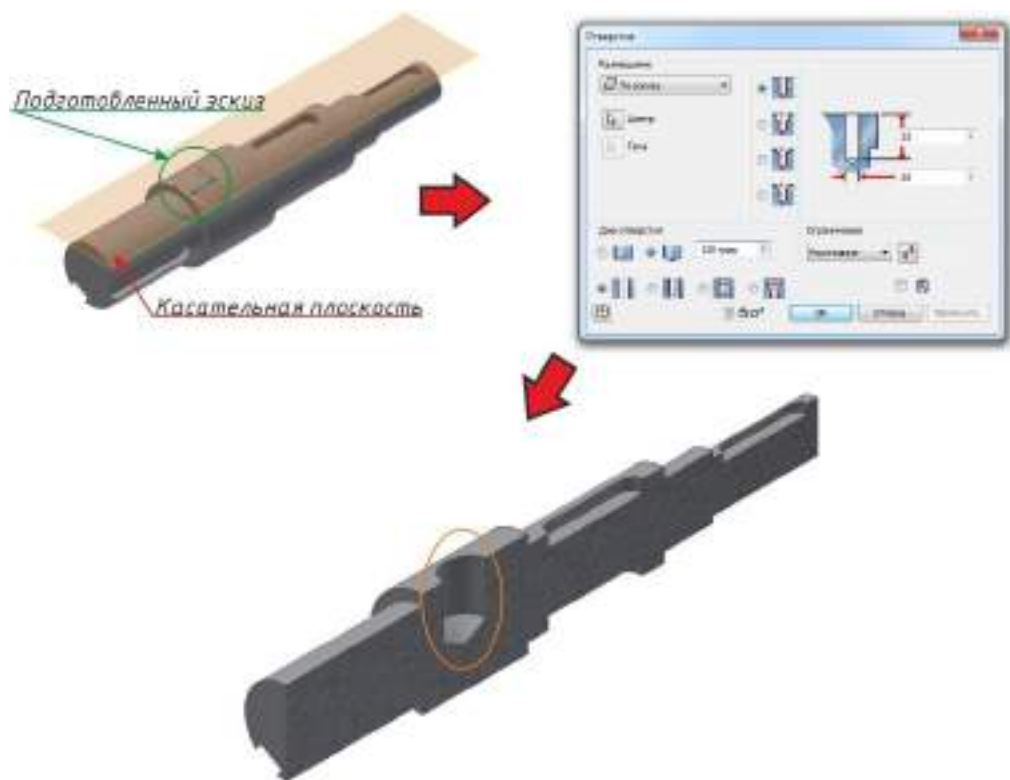


Рисунок 136 – Моделирование радиального отверстия

Рассматривая вопрос решения задачи последующего редактирования отверстий (Рисунок 104), следует отметить возможность ее выполнения в один этап, который заключается в повторном открытии элемента «Отверстие» и внесении необходимых поправок в описание. При этом наличие эскиза, обеспечивающее гибкость работы модели, является и своего рода ограничителем, так как требует от пользователя перехода к более низкому уровню редактирования. В то время как большинство литературы по данному вопросу рекомендует редактировать геометрию модели «напрямую» минуя этап создания эскизов.

Для работы с отверстиями под крепежные изделия или содержащими резьбу необходимо наличие установленных библиотек стандартных изделий. В противном случае выбор этих типов отверстий не будет приводить к результату.

Так при выборе соответствующего типа отверстия, отличного от обыкновенного гладкого, становятся доступны дополнительные зоны настроек, количество и функционал которых зависит от конкретного типа, например, при мо-

делировании резьбового отверстия диалоговое окно, показанное на рисунке 126, примет вид, показанный на рисунке 137.



Рисунок 137 – Дополнительные функциональные зоны

Рассматривая зону настройки резьбы и ее типы можно сделать вывод об отсутствии в них российского стандарта, и наличии лишь международного стандарта ISO, в качестве которого при моделировании резьбы используется ISO 724:1993. Более детальное изучение стандартов позволит сделать вывод, что использование стандарта ISO 724:1993 не будет противоречить стандарту ГОСТ 24705-2004, по своей сути являющегося модификацией международного, и не затрагивающего технической части.

Дальнейший анализ, представленных настроек, показывает наличие необходимости дополнительной настройки системы автоматизированного проектирования, в связи с наличием лишь нескольких типов полей допусков, например, для внутренней резьбы при использовании настроенной по умолчанию системы доступно использование лишь поля допуска 6H, а для наружной двух – 6g и 4g6g, что несомненно является недостаточным для эффективной работы.

Для изменения полей допусков резьбы необходимо выполнить достаточно монотонную и трудоемкую операцию по изменению файла, содержащего все параметры резьбы «ISO метрическая».

Глубокая интеграция с табличными процессорами является одной из отличительных черт систем автоматизированного проектирования данного уровня, а возможность настройки списка выводимых параметров при их помощи служит наглядным примером адаптации системы для работы со стандартами предприятий.

При нанесении резьбы на наружные поверхности необходимо использовать соответствующую команду, которая отличаясь по внешнему виду несет в себе аналогичный функционал. При активации одноименной команды расположенной в выпадающем списке панели инструментов «Изменить», происходит вывод диалогового окна «Резьба», показанного на рисунке 138.

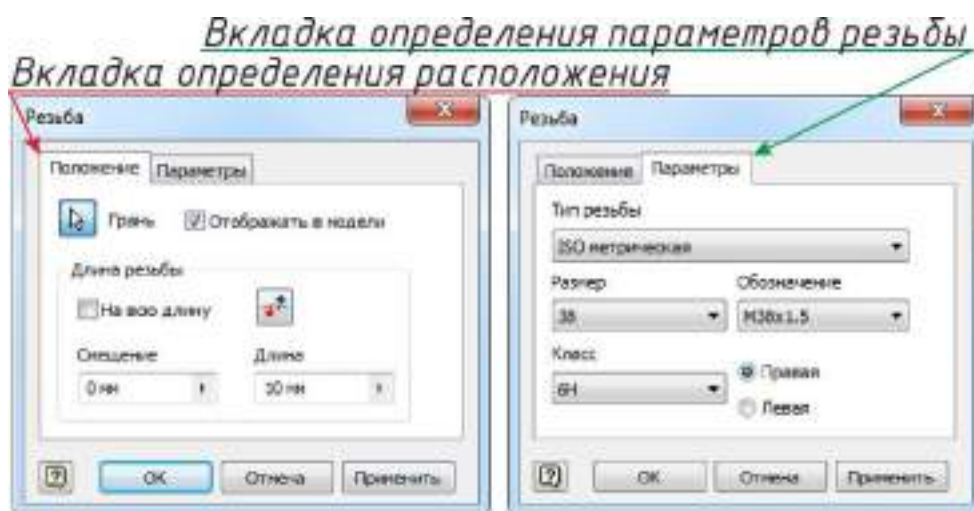


Рисунок 138 – Диалоговое окно «Резьба»

Из анализа рисунка 137 и 138, и следует вывод о верности приведенного выше утверждения об идентичности функционала, и наличии незначительной разницы в представлении данных.

Следует заметить, что несмотря на идентичность функционала настройки параметров резьбы при выполнении команды «Отверстие» и «Резьба» в механизм работы данных команд имеет существенные различия. Так, например, при использовании команды «Отверстие» именно параметры резьбы определяют

диаметр отверстия, в то время как использование команды «Резьба» требует наличия предварительно подготовленной цилиндрической поверхности диаметр которой будет равен номинальному диаметру резьбы при моделировании наружных резьб, и цилиндрической поверхности диаметр которой должен быть равен диаметру отверстия под резьбу при моделировании внутренних резьб, пример чего показан на рисунке 139.

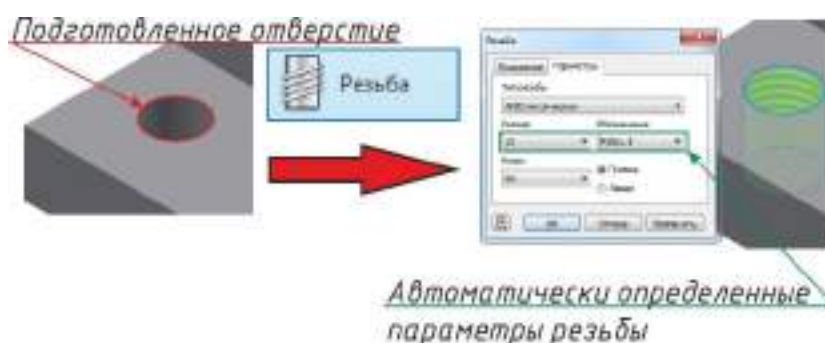


Рисунок 139 – Создание резьбы при помощи одноименной команды

При этом попытка выбора диаметра резьбы отличного от подготовленного отверстия приведет к появлению ошибки, так например, при попытке выбора диаметра резьбы 12 мм при подготовленной цилиндрической поверхности диаметром 10 мм, приведет к возникновению информационного окна, показанного на рисунке 140.

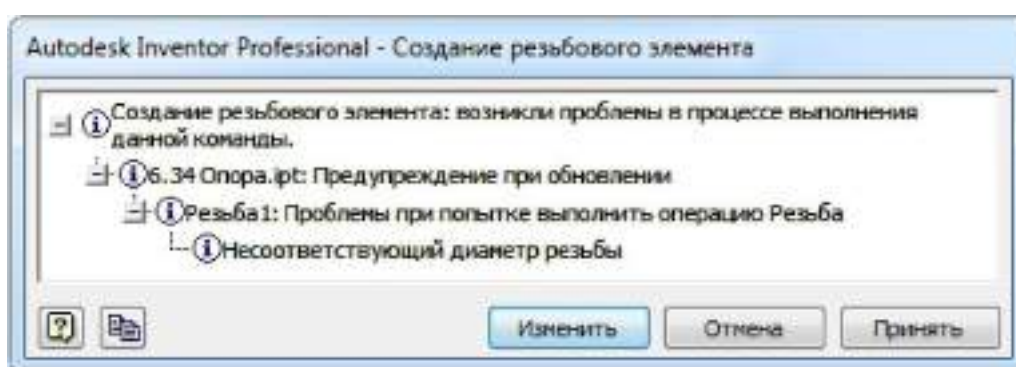


Рисунок 140 – Ошибка создания резьбового элемента

Из всего выше описанного и анализа иерархической составляющей параметризации можно прийти к выводу рекомендаций по моделированию резьбовых отверстий. Так в случае необходимости выполнения процесса моделирования отверстий типов а-в, представленных на рисунке 125, следует применять

функцию «Отверстие». В случае же необходимости моделирования резьбового отверстия с наличием сложной внутренней структуры (Рисунок 125г), целесообразнее произвести моделирование отверстия в два этапа: 1-ое подготовить само отверстие; 2-ое нанести резьбу при помощи одноименной команды. В первом случае число элементов в дереве построения будет минимальным, за счет вхождения резьбы в элемент «Отверстие», во втором случае будут созданы два элемента дерева построения с возможностью более детальной работы с последними.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

4. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
5. Определить алгоритм построения.
6. Выполнить построение модели детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Бумага, А. И. Трехмерное моделирование в системе проектирования КОМПАС - 3D : учебно-методическое пособие / А. И. Бумага, Т. С. Вовк. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,

ЭБС АСВ, 2019. — 78 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92355.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Лабораторная работа №10 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ФУНКЦИЙ ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель работы: Изучение сложных функций построения конструктивных элементов в процессе моделирования.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Использование сложных функций построения конструктивных элементов в процессе моделирования.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять сложные функции построения конструктивных элементов в процессе моделирования.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования сложных функций построения конструктивных элементов в процессе моделирования.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: обусловлена требованиями к увеличению срока эксплуатации изделий, возможного за счет уменьшения времени проектирования, одним из направлений чего является использование библиотек стандартных элементов, используемых в конструкциях машин и механизмов. Знания, полученные в рамках изучения материалов практического занятия, будут востребованы в профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Часто при моделировании деталей перед разработчиком становится вопрос необходимости внесения достаточно сложных изменений с возможностью их быстрого редактирования, например, при оптимизации тонкостенных изделий таковой является задача, определения толщины стенки при сложной внутренней конструкции.



Рисунок 141 – Деталь «Рама тележки»

Наглядным примером описанной задачи может служить деталь «Рама тележки» грузового вагона, представленная на рисунке 141. Моделирование данной детали возможно, как при помощи уже известных кинематических операций, так и при помощи специализированных команд. Применение же последних позволит выполнить максимальное сокращение сроков моделирования, что зачастую имеет решающую роль, как при моделировании, так и при оптимизации за счет ввода меньшего количества переменных. При этом следует отметить, что существуют случаи, при которых достижение необходимого результата невозможно без применения специализированных функций, примером чего может служить модель корпуса, представленная на рисунке 142, в которой пазы под крепежные элементы имеют криволинейные поверхности относительно двух осей.



Рисунок 142 – Деталь «Корпус»

Применения же сложных функций изменения помимо свойства минимизации переменных несет в себе еще и возможность создания частично редактируемых технических моделей, при изменении одного из параметров которых будет производиться, предсказуемое перестроение части модели.

К числу наиболее важных функций изменения следует отнести функции по созданию тонкостенных моделей, созданию уклонов, в том числе и литейных, сгибов элементов моделей, и создания массивов повторяющихся элементов. В системе автоматизированного проектирования данные задачи реализуются при помощи операций «Оболочка», «Наклон», «Сгиб» и «Массив» соответственно.

Функция «Оболочка»

Одной из сложных функций изменения модели, является функция «Оболочка», позволяющая производить построение тонкостенных моделей со сложной внутренней структурой, то есть данная функция позволяет производить построение полых деталей путем удаления внутренних частей. Наглядной иллюстрацией преимуществ использования именного данной операции может служить модель детали, представленная на рисунке 143.

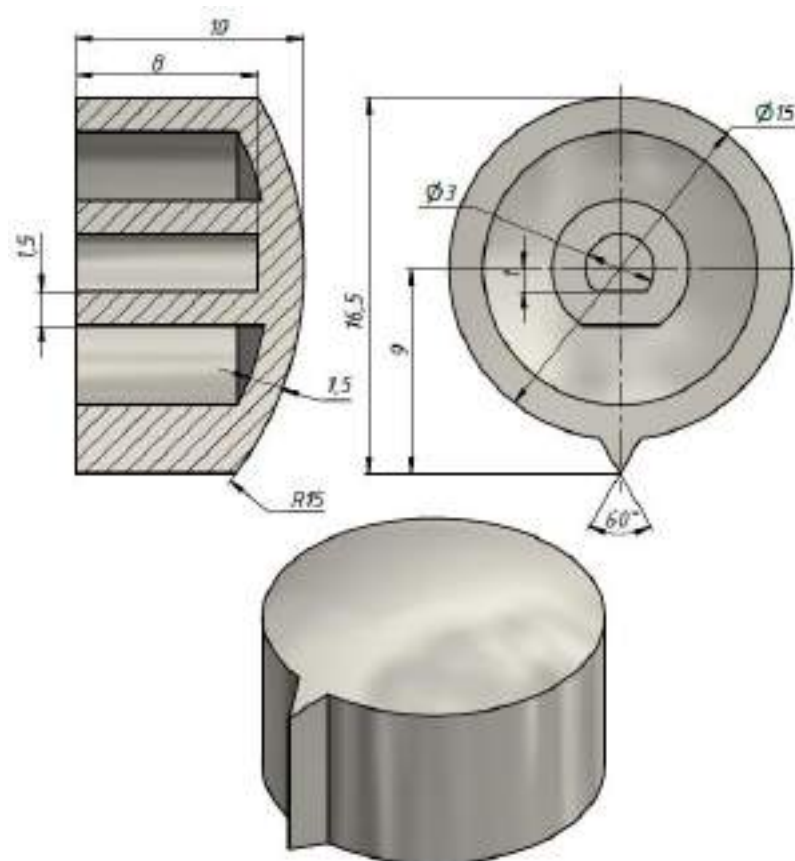


Рисунок 143 – Модель детали «Регулятор»

Так рассматривая деталь, представленную на рисунке 143, можно сделать вывод о сложности ее моделирования за счет появления криволинейного выступа, и сложной внутренней конструкции детали, моделирование которой только при помощи уже известных кинематических приведет к появлению лишнего количества переменных и операций, что в свою очередь противоречит правилам моделирования, рассмотренным ранее. Для наглядного иллюстрирования данного случая показаны: дерево построения и параметры при использовании функции «Оболочка» (Рисунок 144а); дерево построения и параметры при применении только функций «Вращение» и «Выдавливание» (Рисунок 144б).

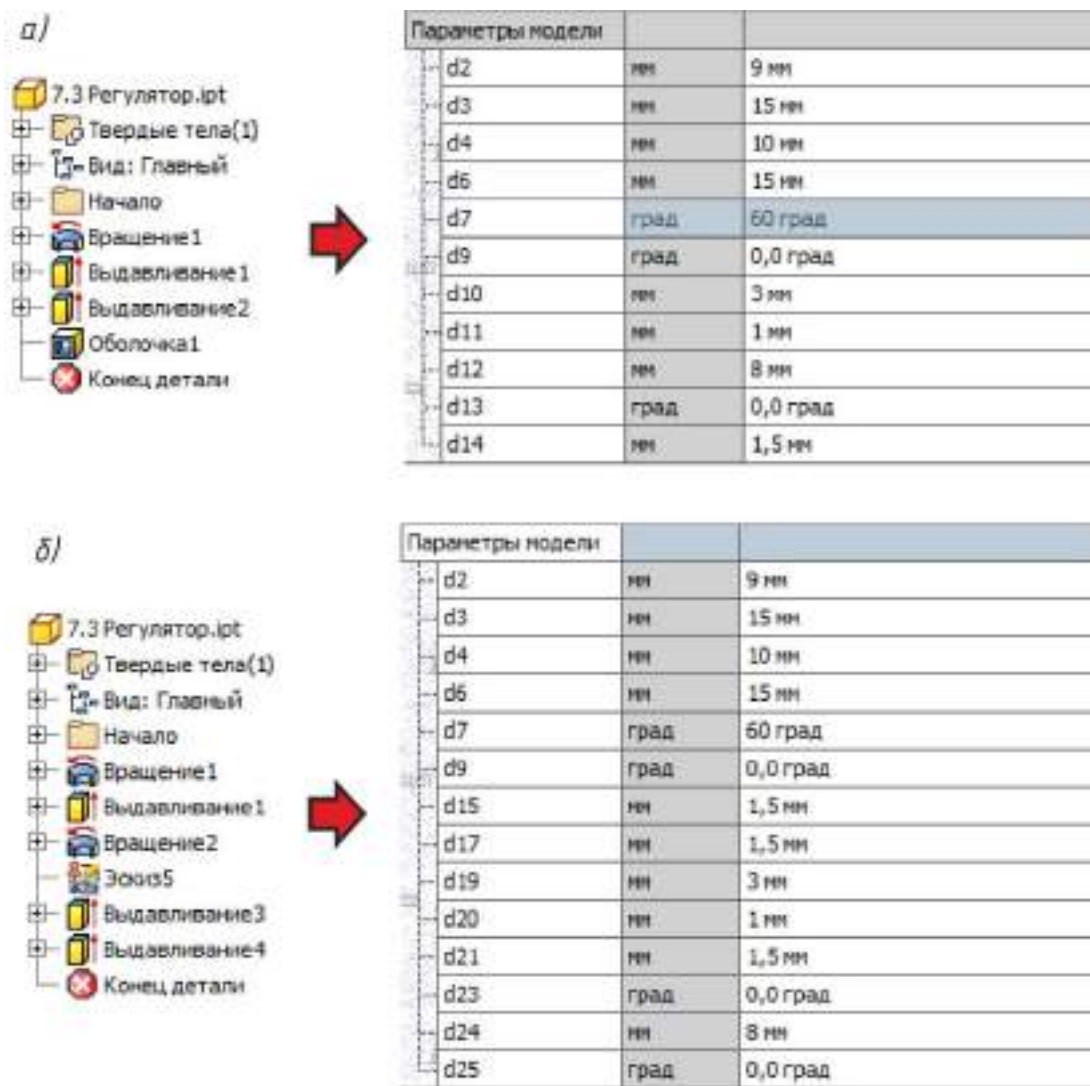


Рисунок 144 – Дерево построений и параметры модели.

Из рисунка 144 видно, что использование функции «Оболочка» позволяет сократить процесс моделирования на одну операцию и две переменных, хотя, следует заметить, что оптимизация процесса построения модели при помощи операций «Выдавливание» и «Вращение» может привести к некоторому сокращению дерева построений и количества переменных. Для получения же полного представления о преимуществах применения сложных функций изменения модели, следует рассмотреть вопрос моделирования в ключе последующей оптимизации конструкции, например, в случае возникновения необходимости увеличения толщины стенки регулятора (Рисунок 143) с 1,5 мм до 2 мм, при варианте построения показанном на рисунке 144б, разработчику придется изме-

нять три переменных с именами «d15», «d17», «d21», а при варианте построения показанном на рисунке 144а одну с именем «d14». Возможность решения задачи путем изменения лишь одной переменной ведет к уменьшению количества контролируемых параметров, а, следовательно, и к минимизации возможности появления проблемы параметризации, особенно при проектировании сложных изделий.

Вызов функции «Оболочка» производится при помощи одноименной команды, пиктограмма которой расположена на панели инструментов «Изменить» вкладки «3D-модель», после чего перед пользователем открывается диалоговое окно, представленное на рисунке 145. Данное диалоговое окно можно условно разделить на несколько функциональных зон основными из которых являются: зона выбора направления и способа создания стенки; зона выбора удаляемых поверхностей и толщины получаемой стенки.

Для изучения действий, выполняемых данными зонами следует рассмотреть их работу на примере предварительно настроенной модели регулятора, показанной на рисунке 146.

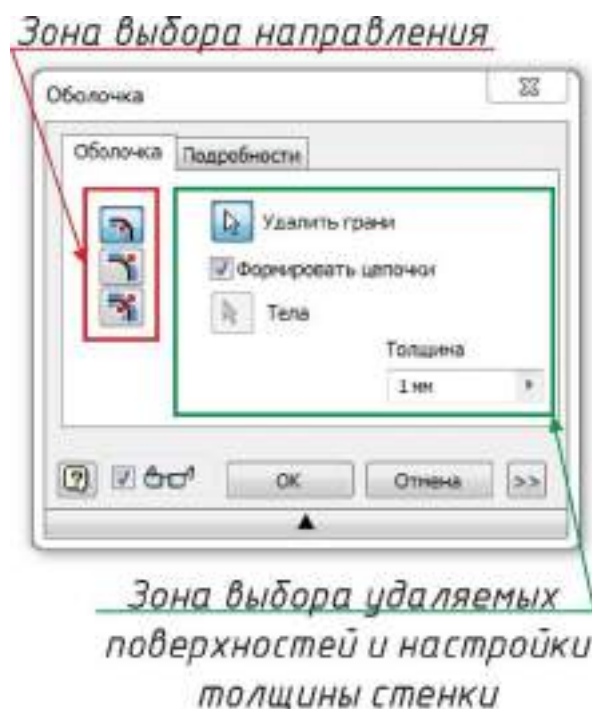


Рисунок 145 – Диалоговое окно «Оболочка»



Рисунок 146 – Заготовка модели «Регулятор»

Так рассматривая заготовку модели регулятора, показанную на рисунке 146, и чертеж приведенный на рисунке 143, можно сделать вывод о наличии практически готовой модели, с необходимостью удаления внутреннего объема детали, для этого вызвав функцию «Оболочка» пользователю необходимо указать удаляемую поверхность, которая в данном случае является основанием регулятора, после чего будет показан предварительный результат применения данной функции, пример чего изображен на рисунке 147.



Рисунок 147 – Пример применения функции «Оболочка»

Из представленного на рисунке 147 предварительного результата выполнения операции изменения видно, что единственным действием необходимым для завершения настройки операции является изменение толщины стенки с 1 мм до 1,5 мм, как показано на рисунке 148.

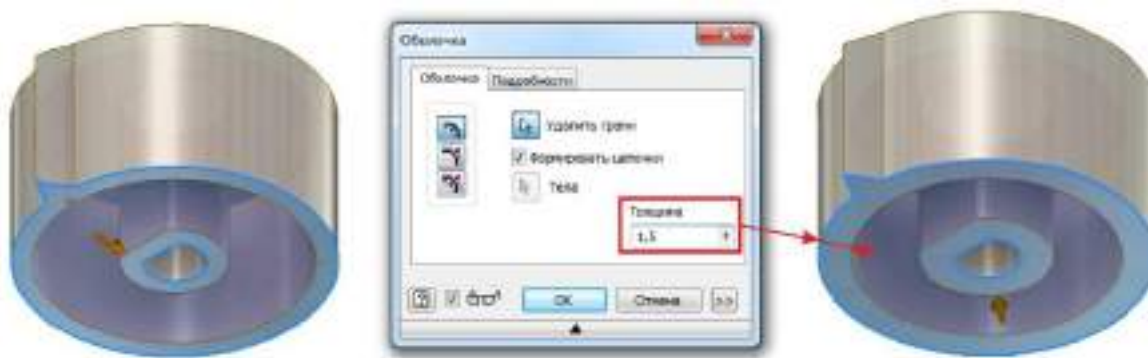


Рисунок 148 – Настройка толщины стенки

При этом несмотря на простоту работы функции изменения «Оболочка», необходимо также рассмотреть ряд особенностей применения, которые позволят сделать выводы о порядке моделирования. Так первой особенностью работы рассматриваемой функции является вырождение конструктивных элементов в том случае если их размер меньше толщины стенки, то есть построение различных углублений и выступов не производится в случае если толщина создаваемой стенки превосходит полость выступа или углубления, примером чего может служить иллюстрация, представленная на рисунке 149, и демонстрирующая вырождение выступа регулятора при изменении толщины стенки с 1 мм до 1,5 мм.

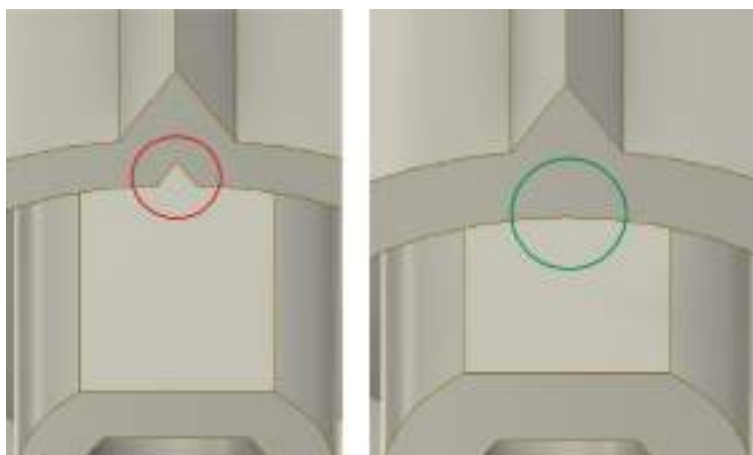


Рисунок 149 – Вырождение конструктивных элементов

Вторую особенность работы функции можно вывести из ее описания совместно с первой особенностью, она заключается в необходимости полной подготовки внешнего или внутреннего контуров будущей модели перед применением

ем операции «Оболочка», для наглядного представления чего необходимо рассмотреть работу команды на примере колпачка чертеж которого, приведен на рисунке 150.

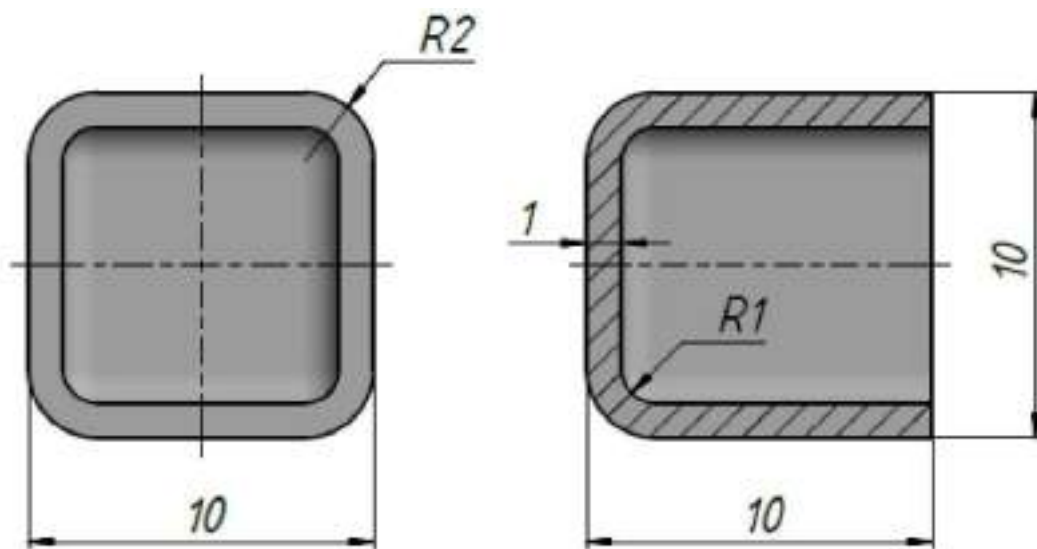


Рисунок 150 – Чертеж детали «Колпачок»

Так при выполнении модели представленной детали, важную роль играет последовательность выполнения операций, которая в данном случае должна выглядеть следующим образом: операция выдавливания для создания куба, операция сопряжения всех необходимых ребер, операция изъятия внутреннего объема путем применения функции «Оболочка», пример данной последовательности, а также результат показаны на рисунке 151. При этом модель показана с вырезом для наглядности изображения внутренней структуры.

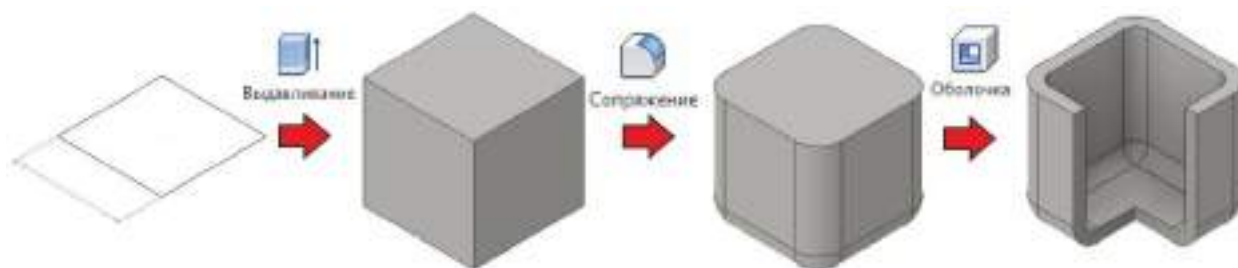


Рисунок 151 – Последовательность моделирования детали «Колпачок»

Из представленной последовательности видно, что в случае когда толщина стенки не превышает размеров конструктивного элемента происходит построение уменьшенной копии внешнего контура модели, а следовательно изменение

последовательности применения операций приводит к появлению ошибок построения которые в последующем могут сказаться как при проведении расчетов и оптимизации данной модели, так и при подготовке программ для станков с ЧПУ, не говоря уже о работоспособности будущего изделия. Пример последовательности и результата из выполнения, в случае смены мест операций сопряжения и создания оболочки показаны на рисунке 152 (Модель показана с вырезом для более наглядного представления внутренней структуры).

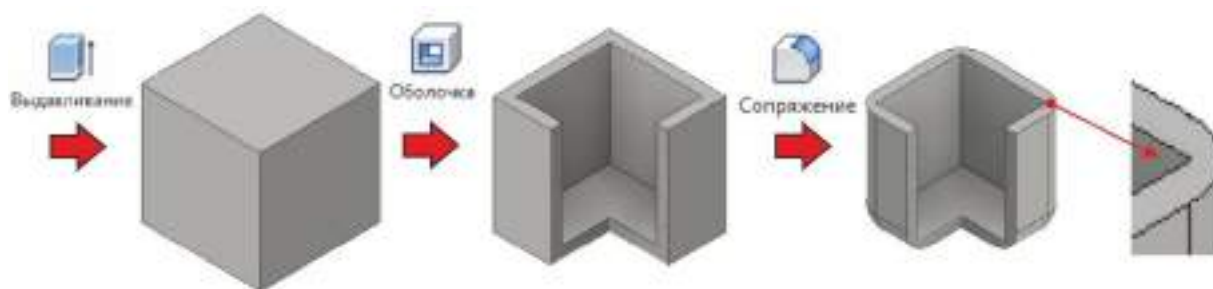


Рисунок 152 – Измененная последовательность моделирования

Также при неправильной последовательности применения операций могут возникать ошибки построения, обсчет которых при помощи алгоритмов заложенных в системе автоматизированного проектирования становится невозможным, а следовательно возникает нерешаемая проблема при которой продолжение моделирования невозможно, например, при использовании последовательности, представленной на рисунке 152, и необходимости изменения толщины стенки с 1 мм на 0,5 мм становится невозможным моделирование скругления радиусом 2 мм, о чем программа информирует специальным сообщением (Рисунок 153).

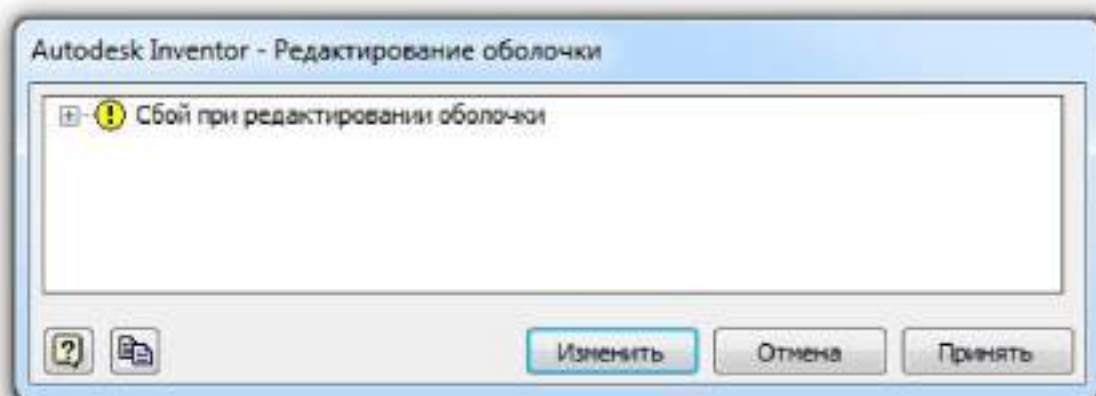


Рисунок 153 – Окно сбоя при редактировании модели.

Рассмотренная особенность применения функции «Оболочка» позволяет привести еще одно доказательства важности иерархической составляющей параметризации, и опираясь на нее продемонстрировать еще одну особенность работы рассматриваемой функции. Данная особенность заключена в том, что поскольку создание оболочки производится путем удаления материала из внутренней части модели, все созданные в последующем конструктивные элементы не влияют на начальную оболочку, то есть для них создание оболочек не производится.

Рассмотреть данную особенность можно с помощью моделей представленных на рисунках 151 и 152. Разница в работе команды «Оболочка» при ее добавлении после выполнения операции сопряжения и до нее показана на рисунке 154.

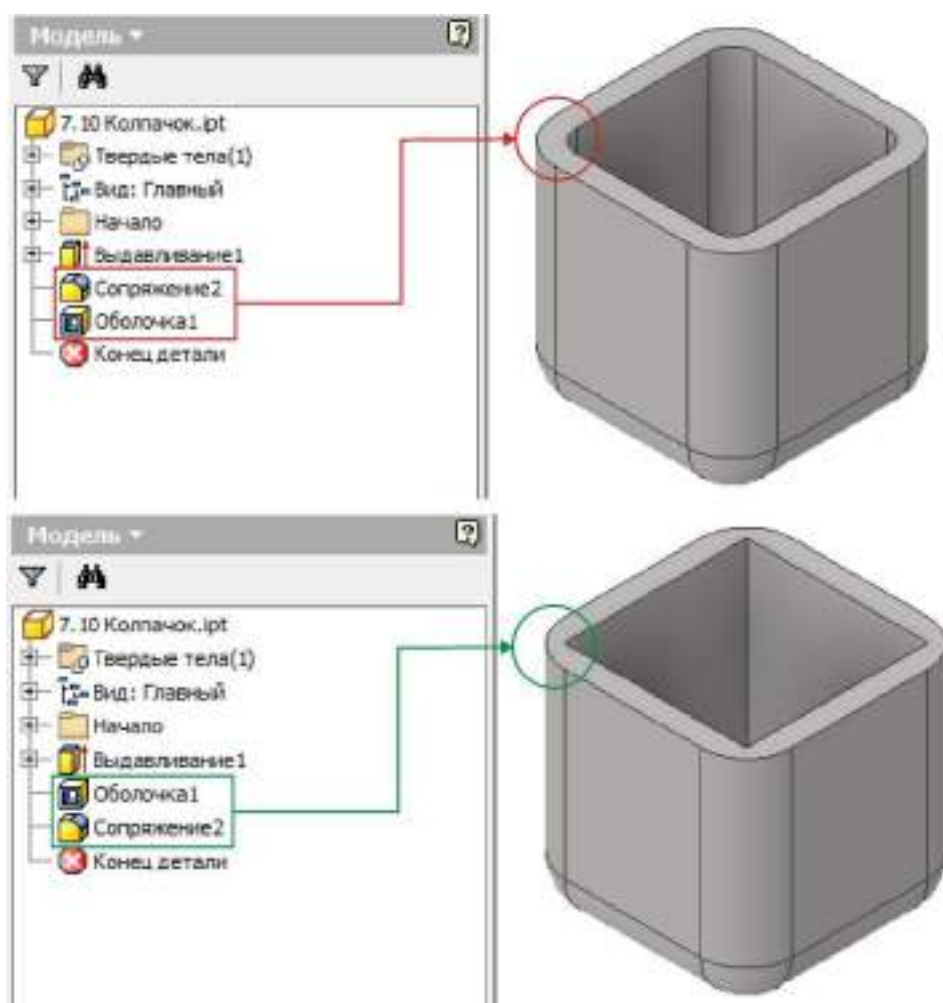


Рисунок 154 – Различия результата моделирования

Все вышеописанное позволяет сделать вывод о том, что использование данной команды целесообразно после полной подготовки внешнего и внутреннего контура будущей модели.

Помимо описанного алгоритма работы с функцией «Оболочка» существуют возможности создания стенок различной толщины, и удаления нескольких граней.

Функция «Наклон»

При проектировании различных машин и механизмов конструктору необходимо не только решить вопросы, связанные с последующим функционированием, долговечностью или надежностью, но и вопросы, связанные с производством, а именно по возможности разработать такую конструкцию детали, которая была бы максимально технологичной при производстве.

Например, в случае если методом получения заготовки является литье или штамповка конструктору необходимо внести в конструкцию детали ряд изменений облегчающих ее изготовление. Одним же из таких изменений будут являться формовочные уклоны назначаемые с целью облегчения изъятия заготовки из формы. Так если принять за технологию получения заготовки детали «Опора» литье, а линией разъема формы определить основание детали, то в ее конструкцию потребуется внести изменения, пример которых показан на рисунке 155.

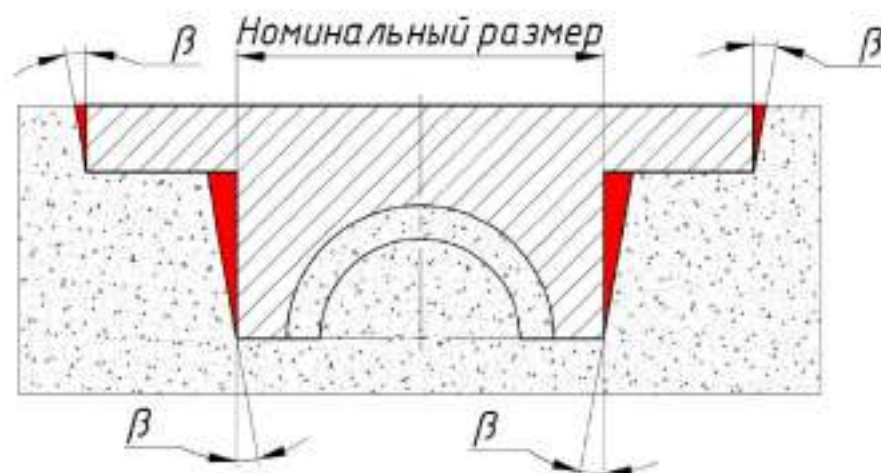


Рисунок 155 – Пример литейных уклонов

При этом в отличие от случая продемонстрированного на рисунке 155, при котором уклоны направлены из тела детали, то есть на увеличение номинальных размеров, стандартом ГОСТ Р 53465-2009 предусмотрены случаи при которых уклоны направлены в тело детали, пример чего показан на рисунке 156, а это в свою очередь приводит к необходимости рассмотрения вопроса назначения уклонов не только в аспекте технологичности производства, но и обеспечения функционирования детали.

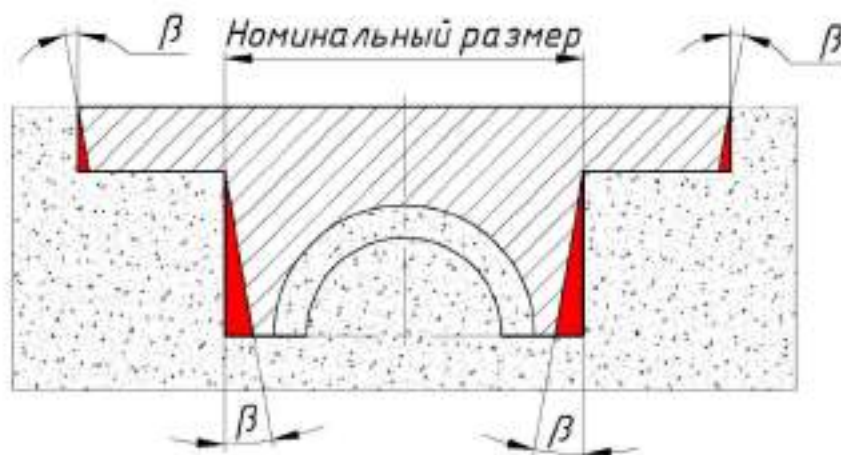


Рисунок 156 – Пример литейных уклонов, направленных в тело детали

В связи с тем, что назначение уклонов может влиять на изменение функциональных характеристик детали, а также оказывать сильное влияние на результаты расчетов при оптимизации модели, изучение методов их рационального построения является достаточно важной задачей моделирования.

В системе автоматизированного проектирования построение уклонов может быть осуществлено двумя способами: первым из которых является задание значения уклона при выполнении операций сдвига или операций выдавливания; вторым способом является использование специализированной функции «Наклон». Следует отметить, что использование специализированной функции является более предпочтительным вариантом построения уклонов в связи с теми же самыми преимуществами, которые рассматривались при изучении создания фасок и скруглений, а именно за счет появления возможности выполнения конструкторской документации в соответствии с ЕСКД. Данное преимущество наиболее полно раскрывается при необходимости «подавления» конструктивных элементов, которые на чертежах не показываются.

Также следует заметить, что использование первого способа возможно лишь в случае моделирования сравнительно простых деталей, так как направление выдавливания, а следовательно и конусности не всегда совпадает с необходимым направлением создания уклонов, что может быть продемонстрировано на примере моделирования детали «Опора». Так при моделировании опоры,

в которой приняты уклоны аналогичные продемонстрированным на рисунке 155, а за начальный эскиз был принят вид показанный на рисунке 157, задание конусности не приведет к необходимым результатам.



Рисунок 157 – Начальный эскиз детали опора

Данная ошибка моделирования вызвана тем свойством работы операции «Выдавливание» при котором отсчет конусности ведется, в направлении создания операции, то есть перпендикулярно плоскости эскиза, а за плоскость разреза принимается плоскость эскиза, пример чего показан на рисунке 158.

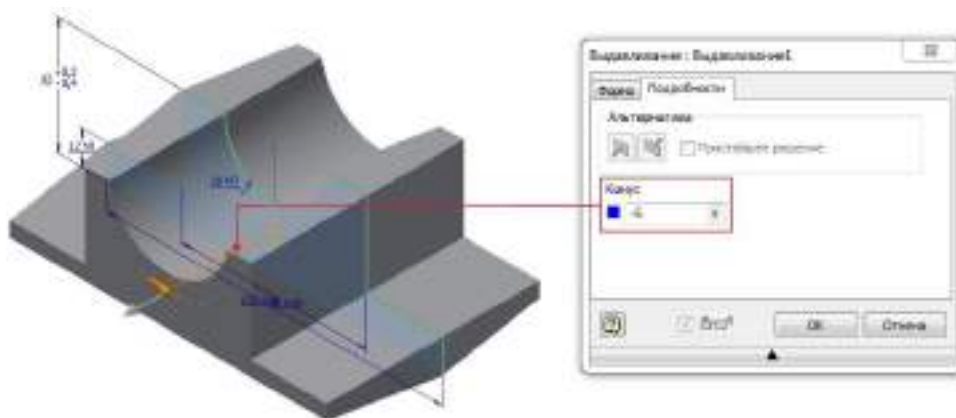


Рисунок 158 – Направление конусности при выдавливании

Из рисунка 158 видны ошибки моделирования при которых мало, того что уклоны имеют ошибочное направление, затрагивают все получаемые поверхности, так еще и переменная имеет отрицательное значение, появление которого является недопустимым явлением при создании редактируемых моделей.

В связи с данными фактами следует использовать операцию «Наклон», вызов которой осуществляется при помощи одноименной пиктограммы, расположенной на панели инструментов «Изменить». После активации функции перед пользователем появляется диалоговое окно «Наклонная грань», представленное на рисунке 159.

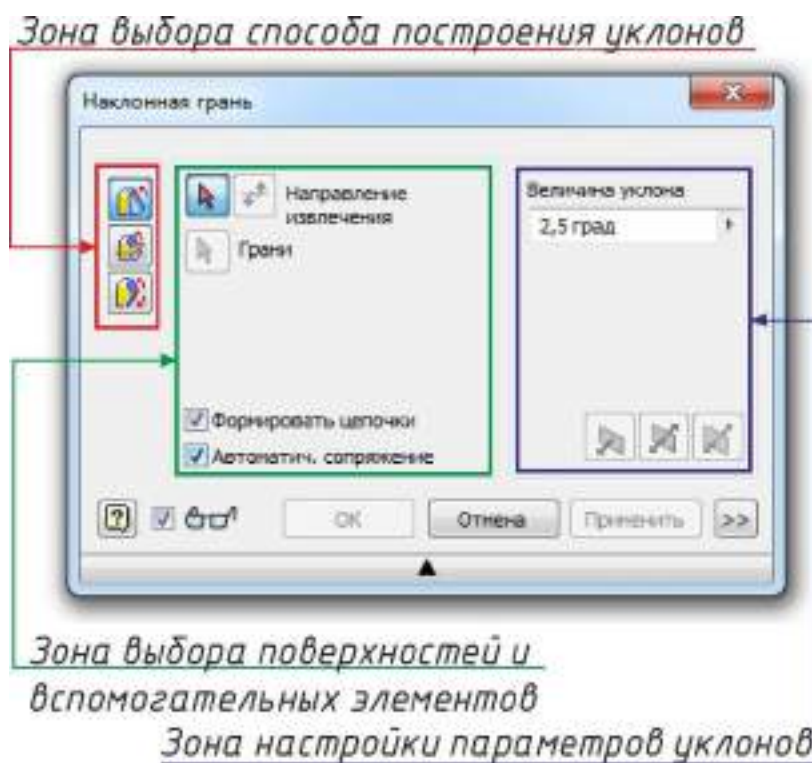


Рисунок 159 – Диалоговое окно «Наклонная грань»

Представленное диалоговое окно можно условно разделить на три функциональные зоны: зону выбора способа построения уклонов; зону выбора поверхностей и вспомогательных элементов; зону задания параметров. Так при моделировании уклонов существует три возможных способа их построения: «Фиксированное ребро»; «Фиксированная грань»; «Линия разъема», выбор которых осуществляется в первой зоне.

 Вариант построения «Фиксированное ребро» позволяет производить построение уклонов относительно выбранных ребер, для этого необходимо при помощи второй функциональной зоны задать направление извлечения, после чего указать все грани, на которых следует построить уклоны. При этом за основание уклона будет выбрано то ребро, ближе к которому произведен вы-

бор грани, что позволяет строить три различных вида уклонов при одинаковом направлении изъятия. Пример моделирования уклонов данным способом показан на рисунке 160.

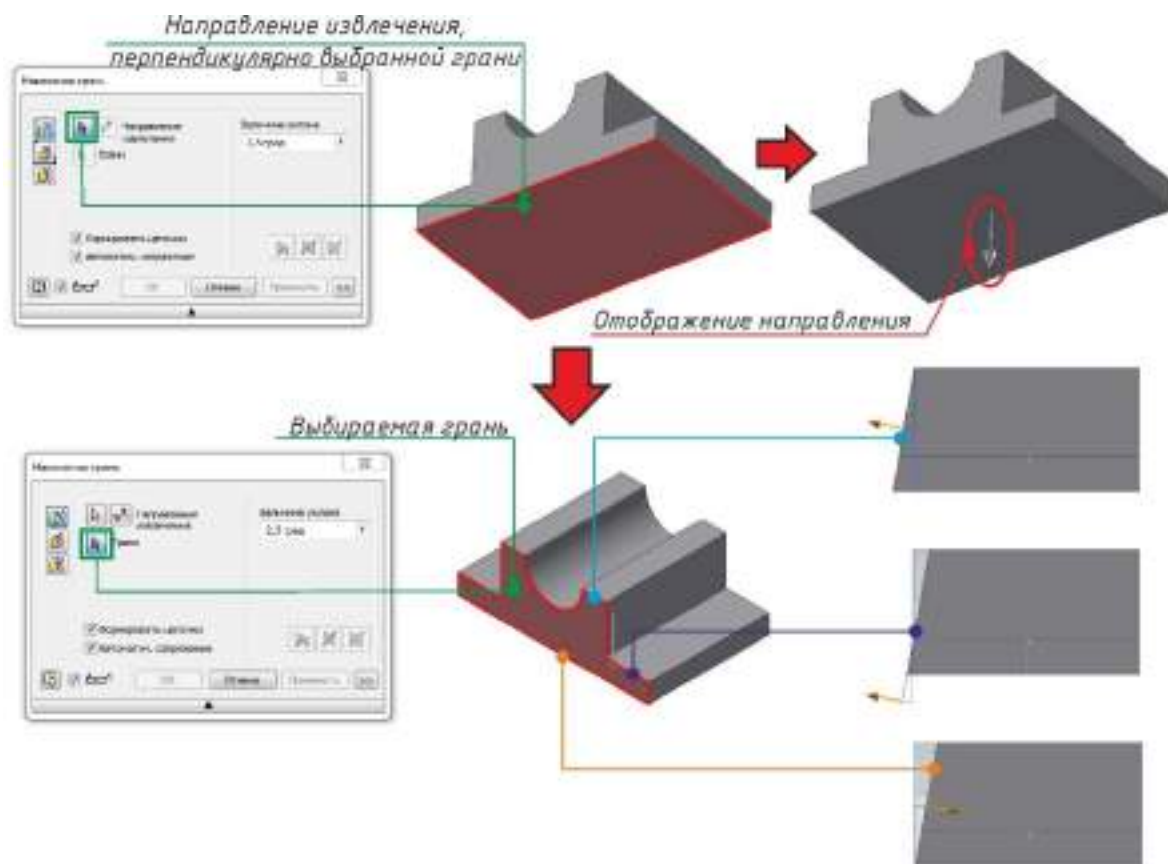


Рисунок 160 – Построение уклонов при помощи способа «Фиксированное ребро»

Вариант построения «Фиксированная грань» позволяет производить построение уклонов относительно выбранной грани. В случае расположения грани, выбранной в качестве линии разреза, не на основании детали, уклон будет строиться как в тело детали, так и из тела, а номинальный размер будет выдержан в точке пересечения грани и линии разреза. Пример данного описанного способа и его результатов показан на рисунке 161. При этом в отличие от первого способа в данном не играет роли расположение точки выбора относительно существующих ребер.

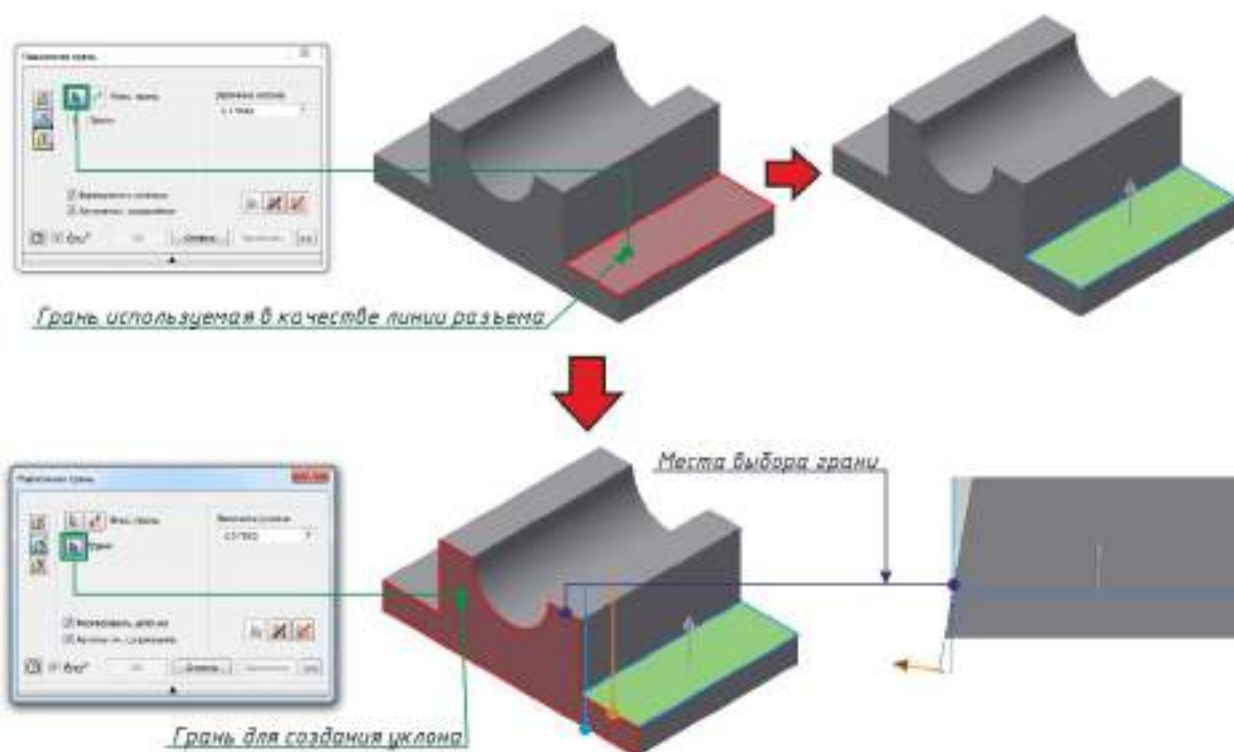


Рисунок 161 – Построение уклонов при помощи способа «Фиксированная грань»

Вариант построения «Линия разреза» позволяет производить моделирование наиболее сложных уклонов, но и требует введения вспомогательной геометрии в виде плоскостей или поверхностей. Для применения данного способа необходимо определить направление изъятия, после чего указать вспомогательную геометрии, реализующую линию разреза, а затем все грани, на которых необходимо построить уклоны. Пример данного действия показан на рисунке 162. При данном способе моделирования производится построение двунаправленных уклонов, направленных как на уменьшение номинальных размеров, так и на их увеличение. В случае построения уклонов, направленных на увеличение номинальных размеров, возникает необходимость уточнения правил моделирования.

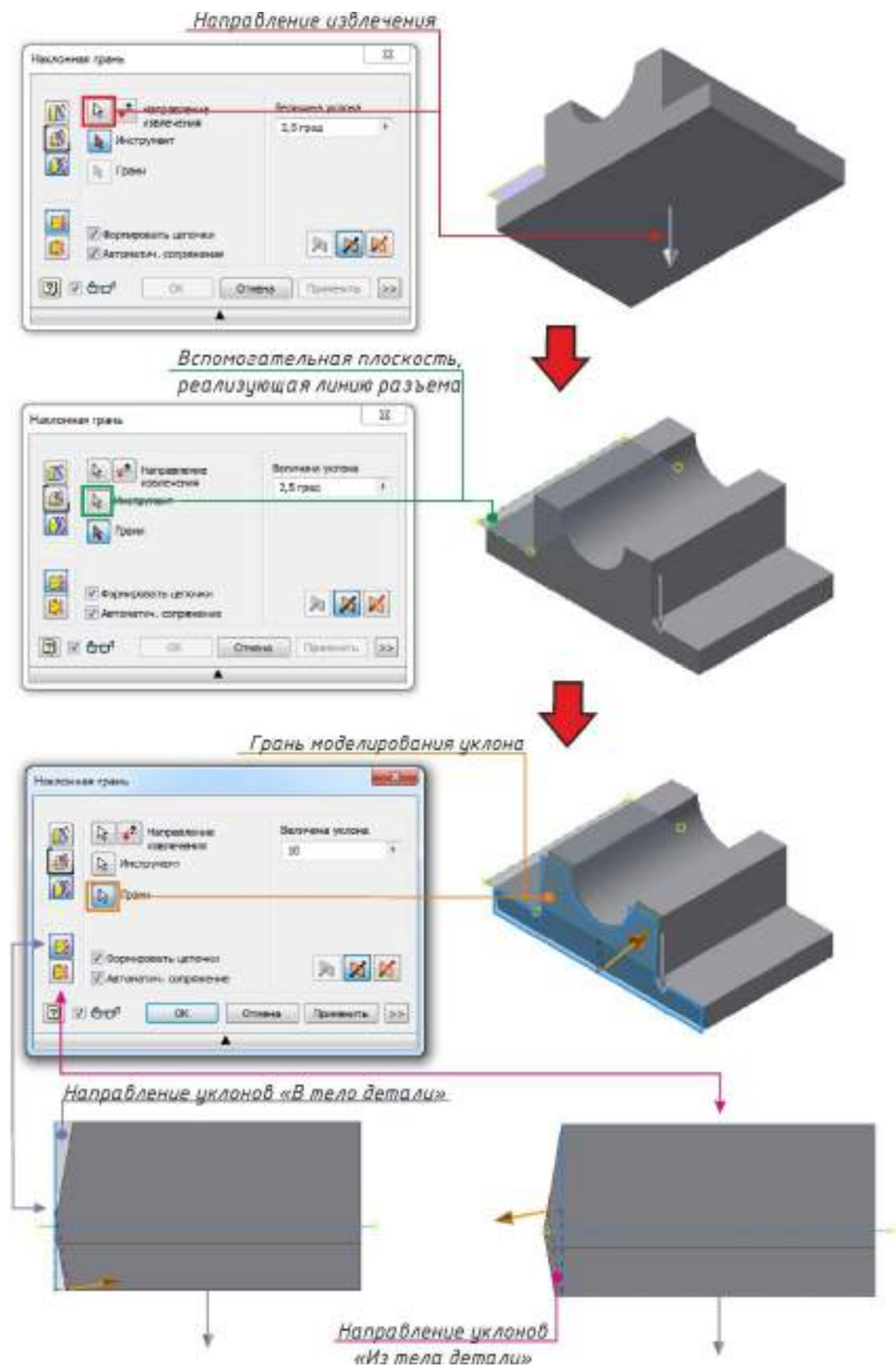


Рисунок 162 – Построение уклонов при помощи способа «Линия разъема»

В связи с тем, что линия разъема, реализованная в виде плоскости, а тем более поверхности как правило будет разбивать модель на две неравные части, а соединение уклонов будет производиться по кривой без разрывов, перед конструктором возникнет вопрос определения точки отсчета угла. В системе возможны три варианта решения данной задачи: «Угол для верхних» при котором производится отсчет заданного значения угла уклона от верхней точки, при этом за верхнюю точку принимается верхняя точка модели в направлении извлечения (Рисунок 163а); «Угол для обоих» при этом варианте производится построения уклона с равными углами, с существенным увеличением размеров меньшей части модели относительно номинального размера (Рисунок 163б); Вариант «Угол для нижних» позволяет производить отсчет от нижних точек модели, которые определяются относительно направления извлечения (Рисунок 163в).

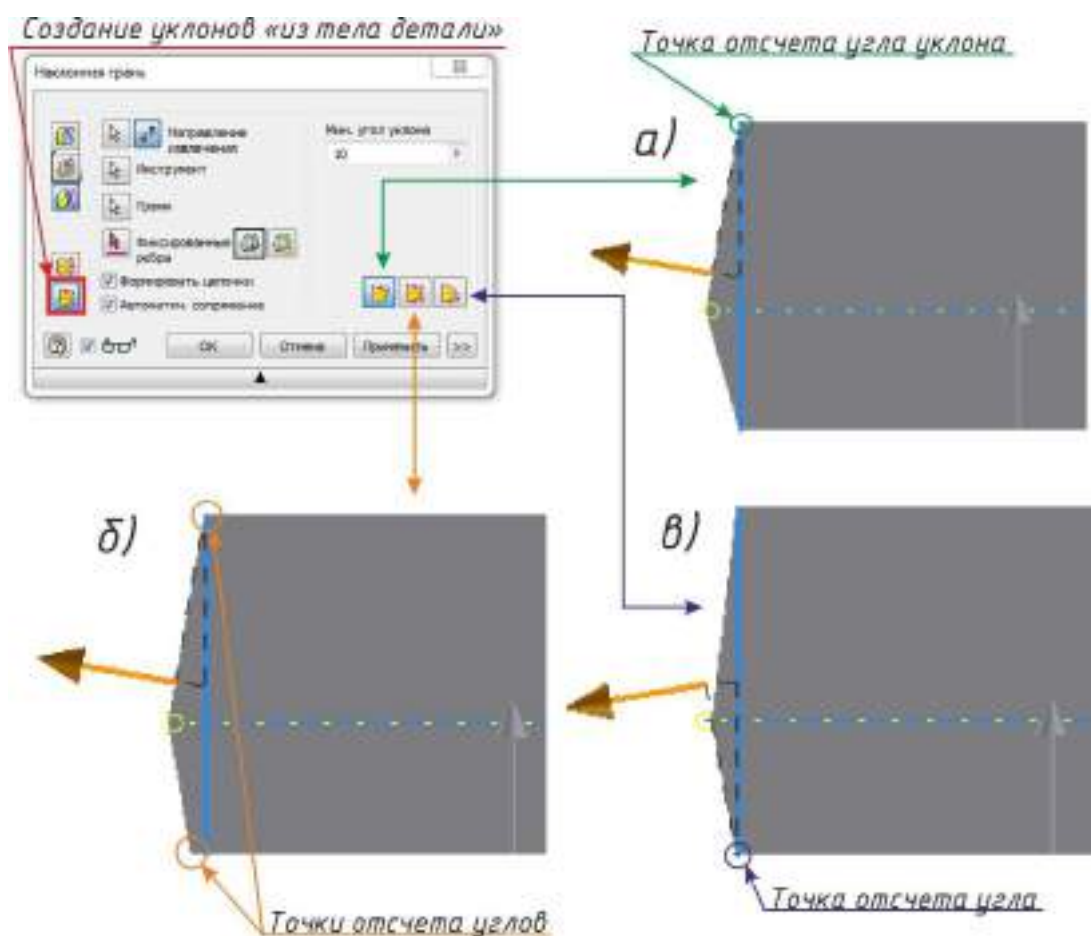


Рисунок 163 – Определение точки отсчета углов уклона

Помимо рассмотренного варианта построения уклонов, в котором в качестве инструмента реализующего линию разъема, выступает плоскость, возможен вариант построения с криволинейной поверхностью. Для его моделирования следует придерживаться рассмотренного выше алгоритма действий, а результат его применения показан на рисунке 164.

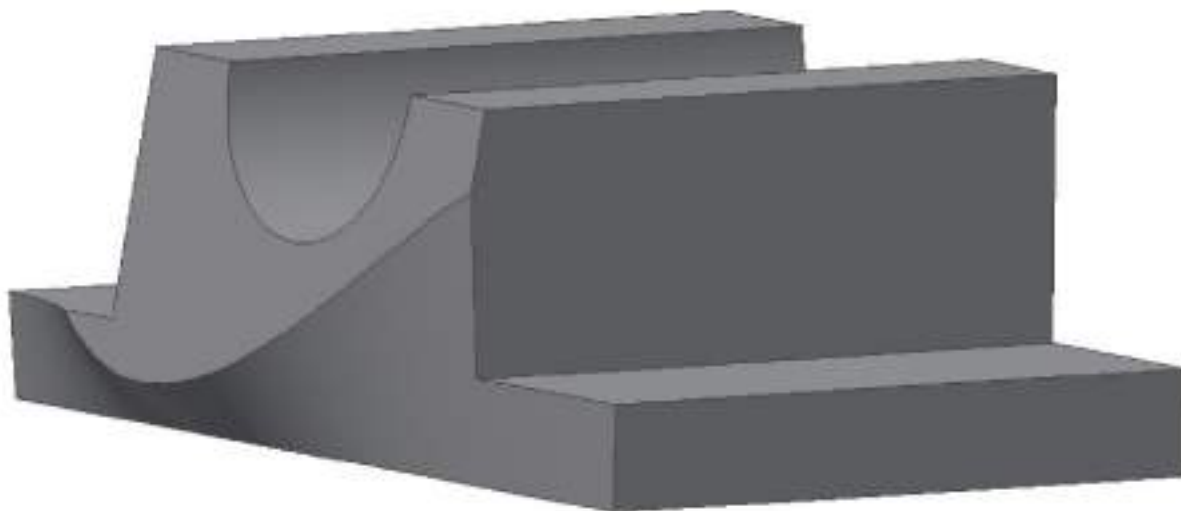


Рисунок 164 – Построение уклонов по поверхности

Имея в виду описанные ранее преимущества использования именно специализированной команды по созданию уклонов, а также алгоритмы их моделирования можно сделать вывод о порядке применения рассмотренной функции при построении модели. Так моделирование уклонов следует преимущественно осуществлять перед использованием операций «Фаска» и «Сопряжение» в связи с тем, что различные варианты построения уклонов используют в качестве опорных разные элементы модели. Например, вариант построения «Фиксированное ребро», используется в качестве основы для построения уклона ребра модели, которые становятся недоступными при их сопряжении или скосе, из-за чего в последующем могут возникнуть ошибки моделирования. Также при выполнении рабочих чертежей может возникнуть необходимость «подавления» уклонов и их обозначением лишь в технических требованиях.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.

2. Определить алгоритм построения.
3. Выполнить построение модели детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>
2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>
4. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>
5. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Лабораторная работа № 11 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ТИРАЖИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель работы: Изучение функций тиражирования конструктивных элементов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: Использование функций тиражирования конструктивных элементов.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять функции тиражирования конструктивных элементов

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования функций тиражирования конструктивных элементов.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: обусловлена требованиями к увеличению срока эксплуатации изделий, возможного за счет уменьшения времени проектирования, одним из направлений чего является использование библиотек стандартных элементов, использующихся в конструкциях машин и механизмов. Знания, полученные в рамках изучения материалов практического занятия, будут востребованы в профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Одной из важных задач моделирования является задача тиражирования конструктивных элементов, примером которой может служить необходимость создания нескольких одинаковых выступов со сквозными отверстиями, расположенных через равные промежутки (Рисунок 165).

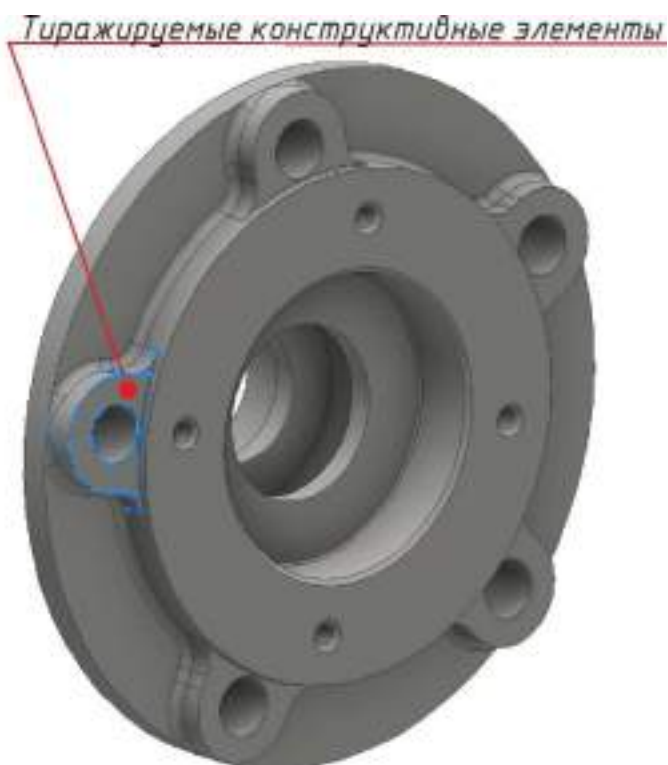


Рисунок 165 – Пример тиражируемых конструктивных элементов

Задача тиражирования, как правило, может быть решена и без использования специализированных операций, но при этом в созданную модель вносится ряд недостатков, впоследствии ограничивающих скорость ее изменения, например, к таким недостаткам следует отнести определение лишних переменных, что может привести к возникновению проблемы параметризации, или необходимость кардинального изменения модели при изменении конфигурации конструктивных элементов. Применение же специализированных функций позволяет максимально ускорить процесс моделирования с определением в модели минимального количества переменных.

Так совокупность, тиражируемых по определенным правилам, конструктивных элементов модели называется массивом. В системе автоматизированного проектирования данные функции сгруппированы в одноименной панели инструментов, и представлены в двух видах: «Прямоугольный массив» и «Круговой массив». Помимо указанных функций по созданию различных видов мас-

сиров, данная панель инструментов позволяет производить зеркальное отражение конструктивных элементов относительно какой-либо плоскости.

Необходимость применения прямоугольных массивов возникает, как правило, при моделировании решеток или иных деталей, содержащих в своей структуре повторяющиеся конструктивные элементы, расположенные линейно. Для рассмотрения работы данной функции рассмотрим процесс моделирования фанерной решетки, чертеж которой представлен на рисунке 166.

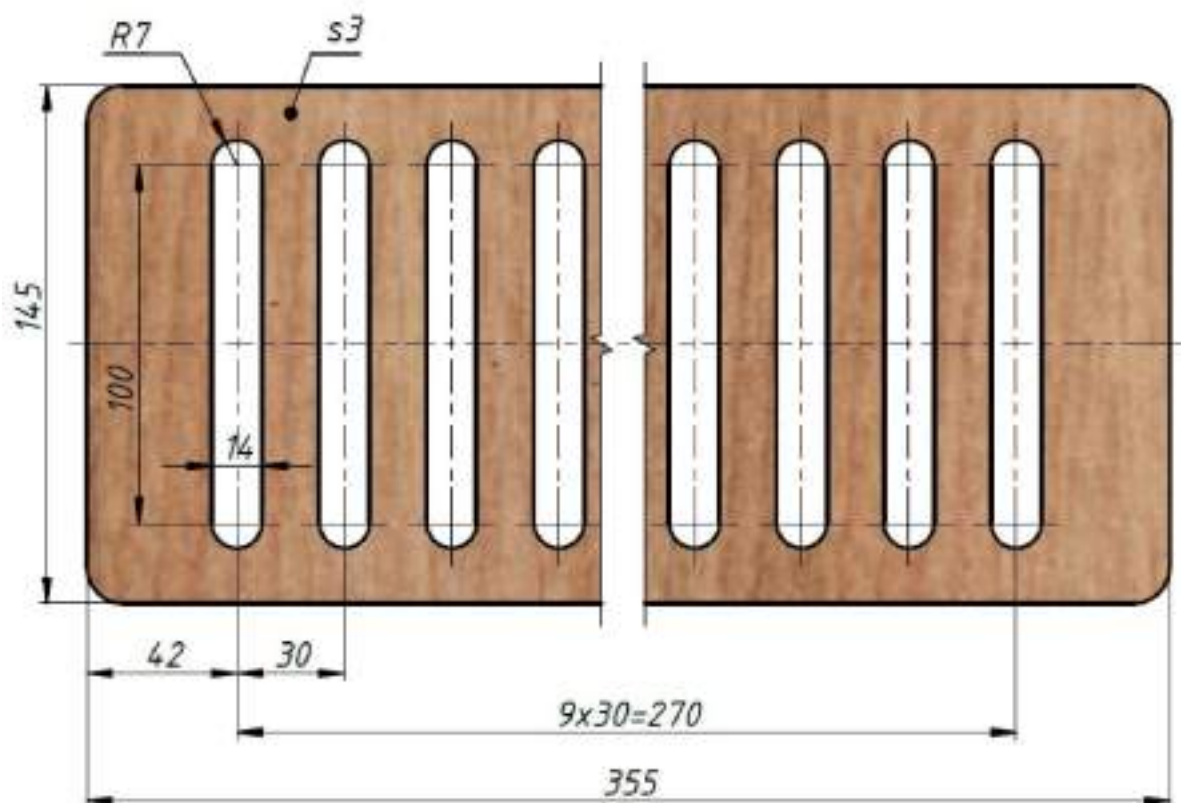


Рисунок 166 – Чертеж детали «Решетка»

Анализируя представленный чертеж можно увидеть ряд повторяющихся конструктивных элементов в виде пазов, расположенных через равные промежутки на длине 270 мм. Как уже указывалось выше существует несколько путей построения процесса моделирования данной детали, в одном из которых данная деталь может быть построена за одну операцию выдавливания, а в другом случае при помощи специализированной команды «Прямоугольный массив». При этом использование первого варианта построения приведет к необходимости внедрения в модель сложной системы геометрических и размерных за-

висимостей, которые не позволят быстро изменить конфигурацию и количество пазов. Использование же второго варианта построения приведет к необходимости разбиения модели на конструктивные элементы, в данном случае выполнения в одной операции выдавливания основания, а в другой паза, как показано на рисунке 167, а уже после этого создание линейного массива, иными словами потребуется введение необходимой избыточности операций.

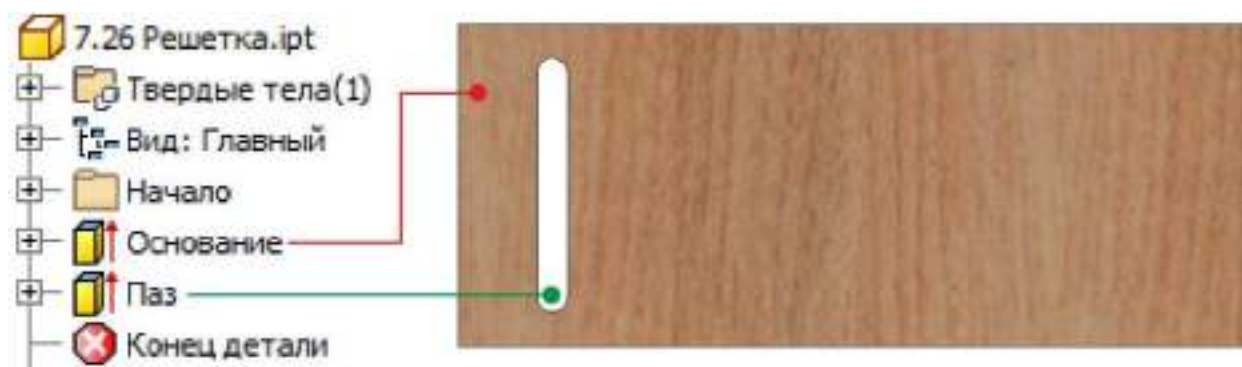


Рисунок 167 – Подготовка модели к созданию массива

После подготовки необходимых конструктивных элементов модели к тиражированию, производится активация команды «Прямоугольный массив» в результате чего перед пользователем открывается одноименное диалоговое окно, представленное на рисунке 168. Данное диалоговое окно содержит три функциональные зоны: зону определения объектов тиражирования; две зоны определения параметров массива.

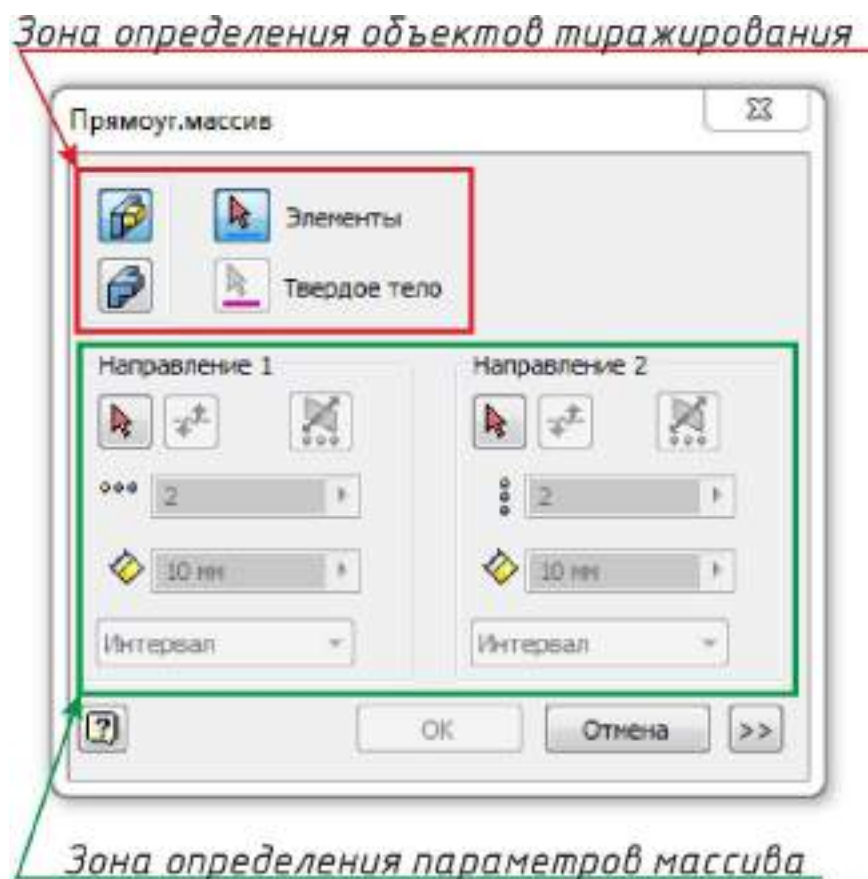


Рисунок 168 – Диалоговое окно «Прямоугольный массив»

Зона определения объектов тиражирования позволяет производить выбор типов элементов модели, в качестве которых могут выступать рассматриваемые конструктивные элементы или же твердые тела. При выборе твердых тел пользователь может определять параметры взаимодействия элементов массива с телами которые те пересекают, например, создавать ли новые твердые тела или объединять с существующими. Зоны определения параметров массива, позволяют указывать направление тиражирования конструктивных элементов, их количество и расстояние между элементами, причем расстояние может задаваться в нескольких вариациях, например, может быть указано расстояние между двумя соседними элементами, или же между крайними элементами.

Для тиражирования конструктивных элементов рассматриваемой детали достаточно использование одной зоны направлений так как необходимо построить линейный массив, пример чего показан на рисунке 169.

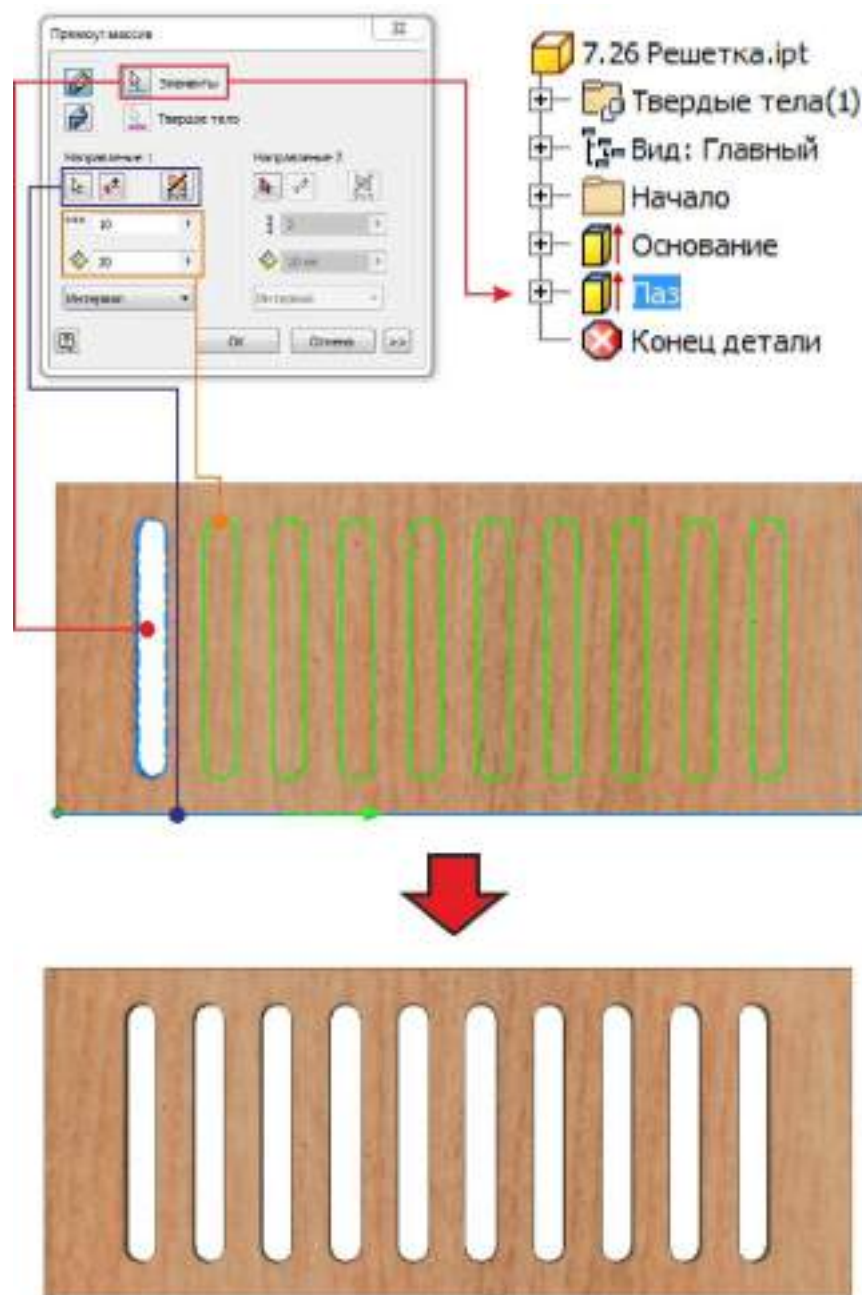


Рисунок 169 – Пример создания линейного массива

Так из рисунка 169 видно, что процедура построения линейного массива начинается с момента активации соответствующей команды, после чего производится выбор тиражируемого конструктивного элемента, который может быть выбран как в рабочей области, путем указания геометрии детали, так и указанием необходимой операции в дереве построения модели. За указанием конструктивных элементов следует определение направления создания массива, в качестве которого может выбираться существующая геометрия в виде ребер, или

граней модели, как показано в примере, или траектории расположенные в отдельных эскизах, после чего следует процедура определения количества элементов и расстояния между ними, и применение операции.

В случае необходимости построения двунаправленного массива необходимо задействовать вторую зону определения параметров массива, примеры чего показаны на рисунке 170.

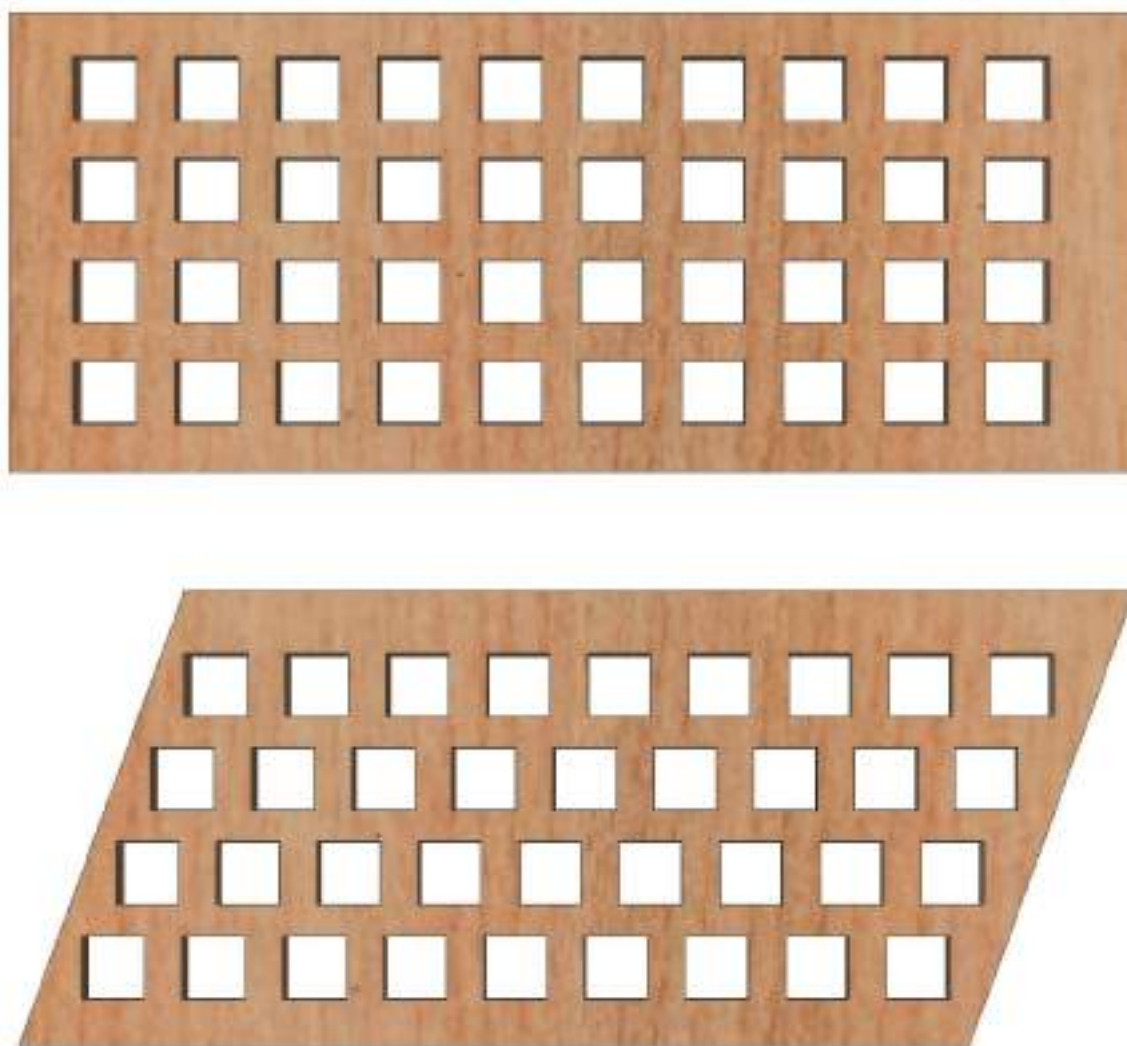


Рисунок 170 – Примеры двунаправленных массивов

Исходя из наименования операции можно ошибочно ограничить круг ее использования построением лишь массивов, в которых направления тиражирования взаимно перпендикулярны, хотя пример показанный на рисунке 170, позволяет сделать вывод о том, что направления могут быть выбраны в произвольном порядке относительно друг друга.

Также из рассмотренного алгоритма создания массивов можно прийти к выводу о необходимости создания завершенных конструктивных элементов со всеми необходимыми поверхностями, к которым несомненно относятся фаски, галтели и прочие типовые элементы. Возникновение данной рекомендации вызвано необходимостью минимизации количества операций и элементов дерева построения.

Следующим рассматриваемым типом тиражирования конструктивных элементов, является круговой массив. Данная операция позволяет производить тиражирование необходимых элементов модели путем поворота копий вокруг заданной оси, наглядным примером чего могут служить отверстия в ступице, представленные на рисунке 171.

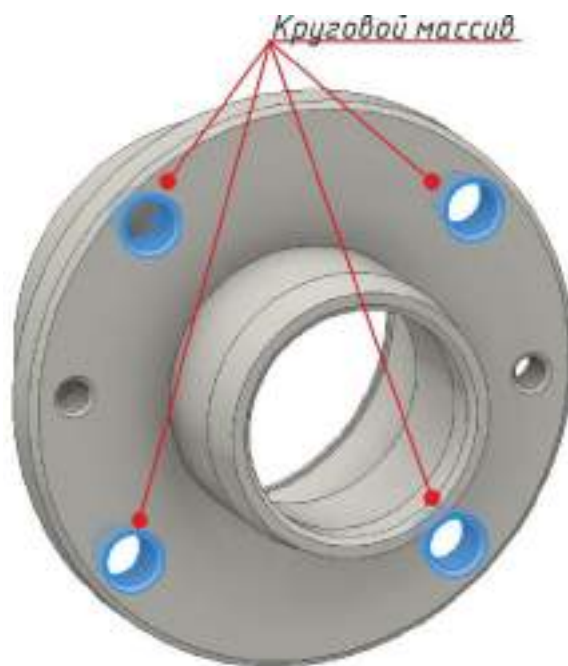


Рисунок 171 – Пример кругового массива

Необходимость использования данной операции возникает в случае моделирования фланцев, ступиц, дисков и в целом почти всех тел вращения, имеющих большое количество осевых и радиальных отверстий. Для получения представления о ее работе, рассмотрим порядок моделирования детали, чертеж которой представлен на рисунке 172.

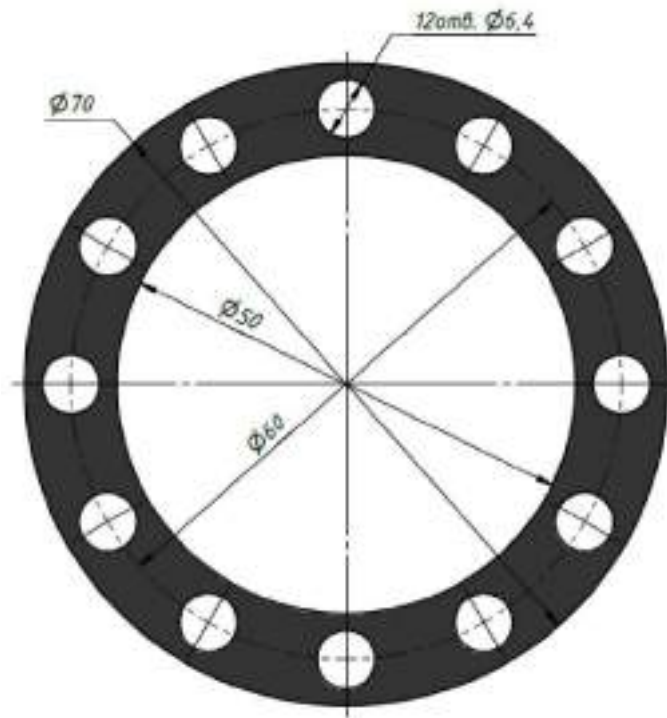


Рисунок 172 – Чертеж детали «Прокладка»

Так аналогично представленному выше алгоритму построения модели решетки, необходимо произвести предварительную подготовку данной детали, пример чего представлен на рисунке 173.



Рисунок 173 – Подготовка модели к созданию кругового массива

После чего производится активация операции «Круговой массив», и появление перед пользователем одноименного диалогового окна, пример которого показан на рисунке 174.

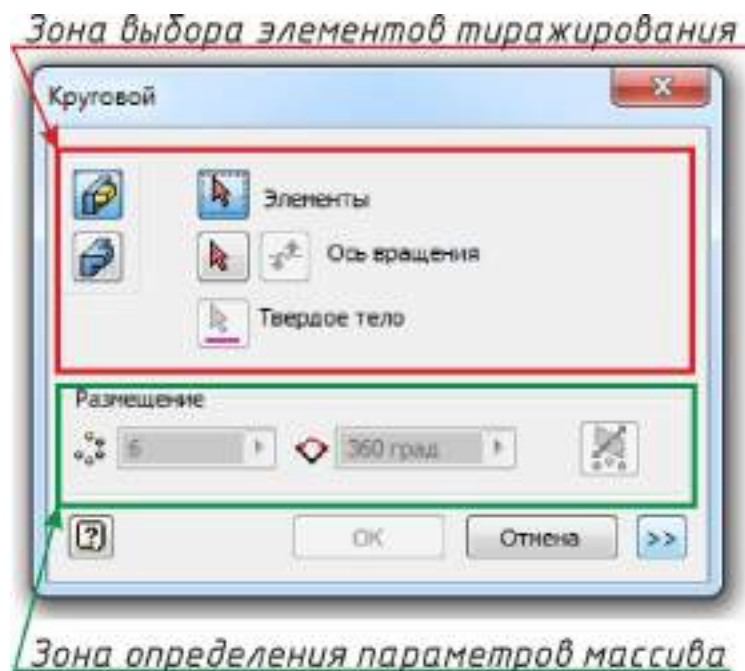


Рисунок 174 – Диалоговое окно «Круговой массив»

Данное диалоговое окно содержит две функциональные зоны, назначение, которых аналогично зонам диалогового окна «Прямоугольный массив». Так первая зона позволяет производить выбор тиражируемых конструктивных элементов, и выбор оси относительно которой следует производить копирование. Вторая зона позволяет производить настройку количества необходимых элементов и правила их расположения. Для рассматриваемой задачи настройка параметров операции будет выглядеть следующим образом: в качестве конструктивного элемента будет выбрана операция выдавливания, названная в браузере «Отверстие под болт М6», в качестве оси выбрана цилиндрическая поверхность основания детали, после чего следует объявление системе количества отверстий, которое в данном случае равно 12. Пример данной настройки приведен на рисунке 175.

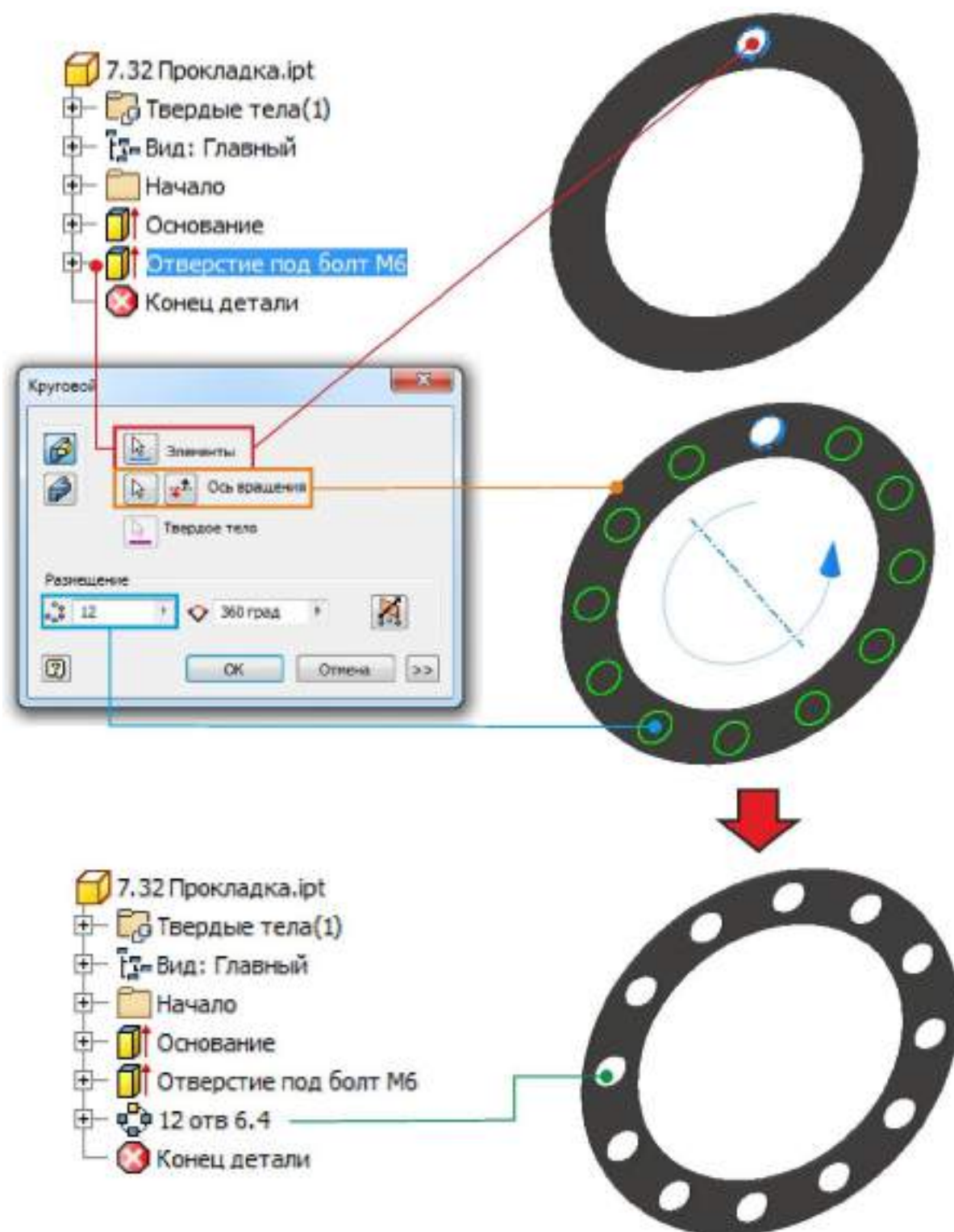


Рисунок 175 – Пример создания кругового массива

При этом нередко случаи в которых возникает необходимость построения массива на определенный угол или массива с указанием угла между соседними элементами, например, как показано на рисунке Рисунок 176.

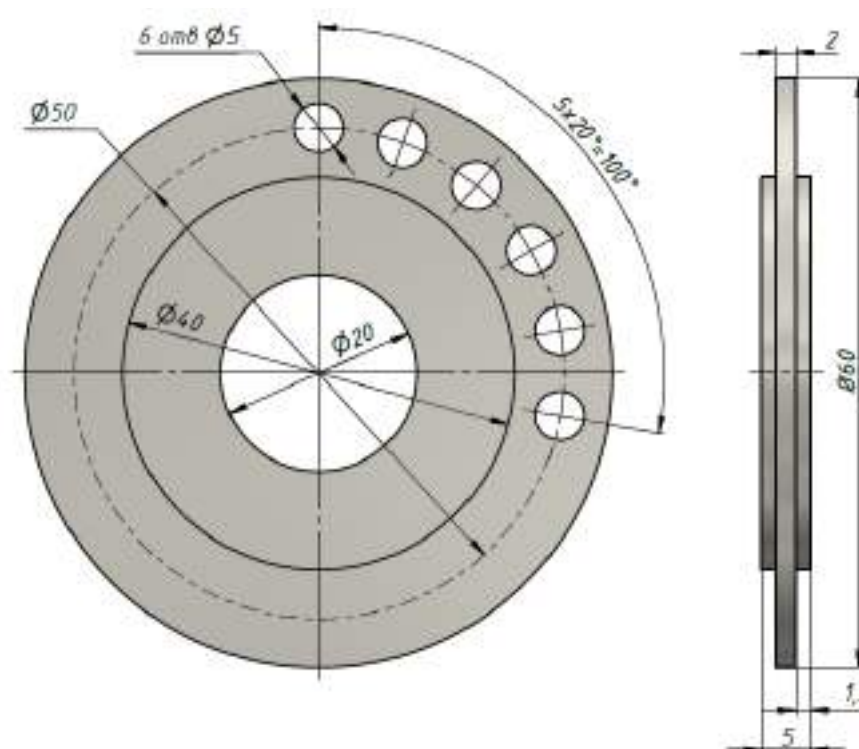


Рисунок 176 – Чертеж детали «Диск»

Моделирование показанных отверстий становится возможным при использовании дополнительных настроек, связанных с позиционированием элементов массива. Для получения доступа к данным настройкам необходимо в диалоговом окне «Круговой» открыть дополнительную функциональную зону в которой существует возможность изменения типа позиционирования элементов. Наглядное изображение данной зоны представлено на рисунке 177.

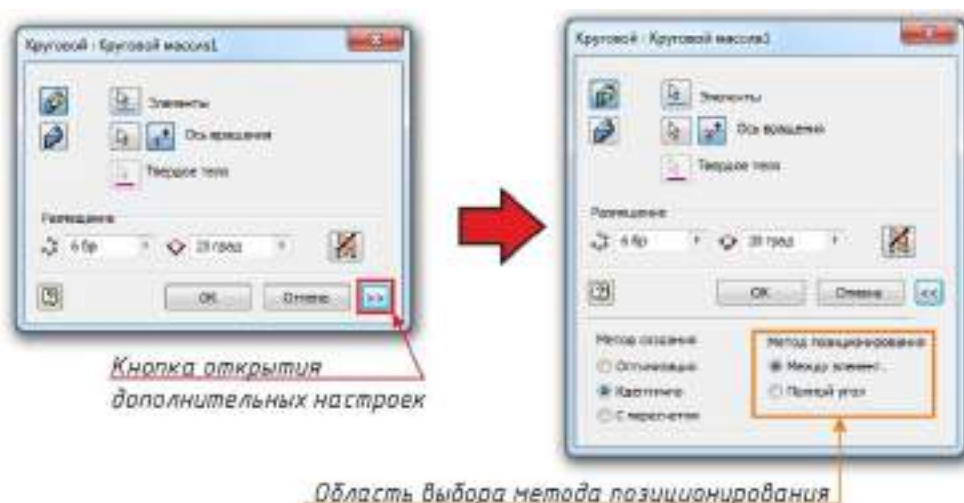


Рисунок 177 – Методы позиционирования элементов массива

Так при создании круговых массивов возможно использование двух методов позиционирования конструктивных элементов: метод позиционирования «Между элементами», позволяющий задавать значение угла поворота между двумя соседними элементами; метод позиционирования «Полный угол», позволяющий задавать угол первого и последнего элемента массива, с распределением всех остальных элементов массива с равными промежутками.

Следует заметить, что процесс внедрение в твердотельные модели массивов конструктивных элементов несмотря на все описанные преимущества, имеет в своей структуре существенную особенность, позволяющую сделать вывод о порядке его применения при моделировании. Так создание множества однотипных конструктивных элементов требует от системы производства дополнительных вычислений, которые могут привести к замедлению работы программного обеспечения, особенно при работе с большими сборками. В связи с этим массивы, аналогично типовым конструктивным элементам (фаскам, галтелям и т.д.) следует применять при завершении работы над моделью.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
2. Определить алгоритм построения.
3. Выполнить построение модели детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>
2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>

4. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>

5. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Лабораторная работа №12 СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ УЧАСТКАМИ

Цель работы: Изучение операций моделирования деталей с криволинейными участками и построения 3D эскизов.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методов построения моделей с криволинейными участками.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять алгоритм построения моделей с криволинейными участками.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования функций построения моделей с криволинейными участками.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: определена необходимостью построения моделей твердых тел сложных пространственных механизмов. Знания, полученные в рамках данного практического занятия, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При моделировании деталей перед конструкторами нередко встает вопрос о необходимости построения изогнутых конструктивных элементов, к которым можно отнести пазы различных конфигураций, рамы и трубопроводы. Решения данных вопросов требует применения функций, позволяющих реализовать общий случай кинематической операции, а именно моделирования изделий с нерегулярной траекторией перемещения эскиза. Данный класс задач может быть условно разделен на две подзадачи: первой из которых является задача построения криволинейных траекторий, примитивы которой принадлежат одной и той же плоскости, пример чего представлен на рисунке 178; второй под-

задачей является задача построения траектории, различные участки которой принадлежат различным плоскостям, но при этом вся траектория должна быть выполнена в рамках одного эскиза, например, как показано на рисунке 179.

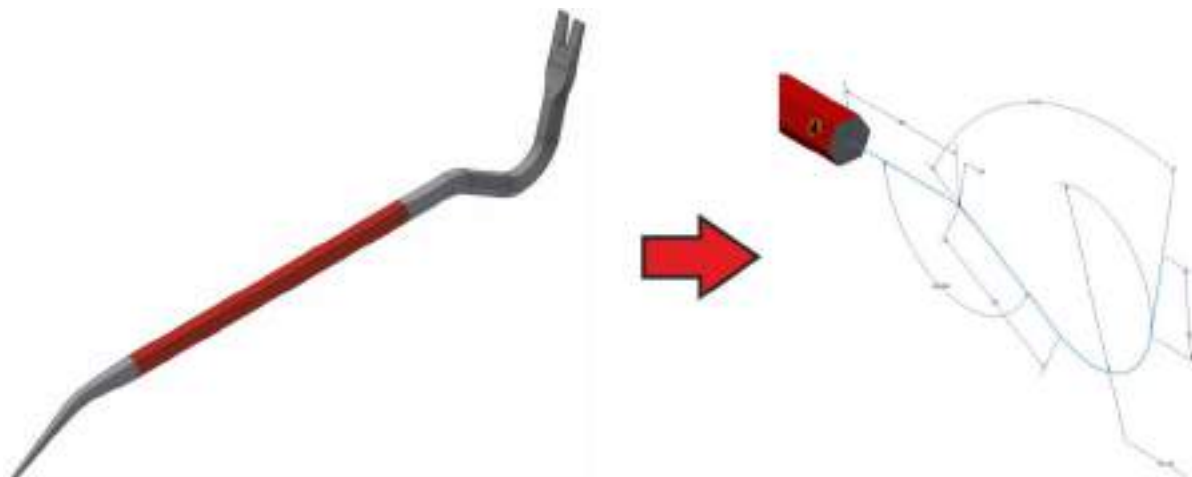


Рисунок 178 – Пример первой подзадачи

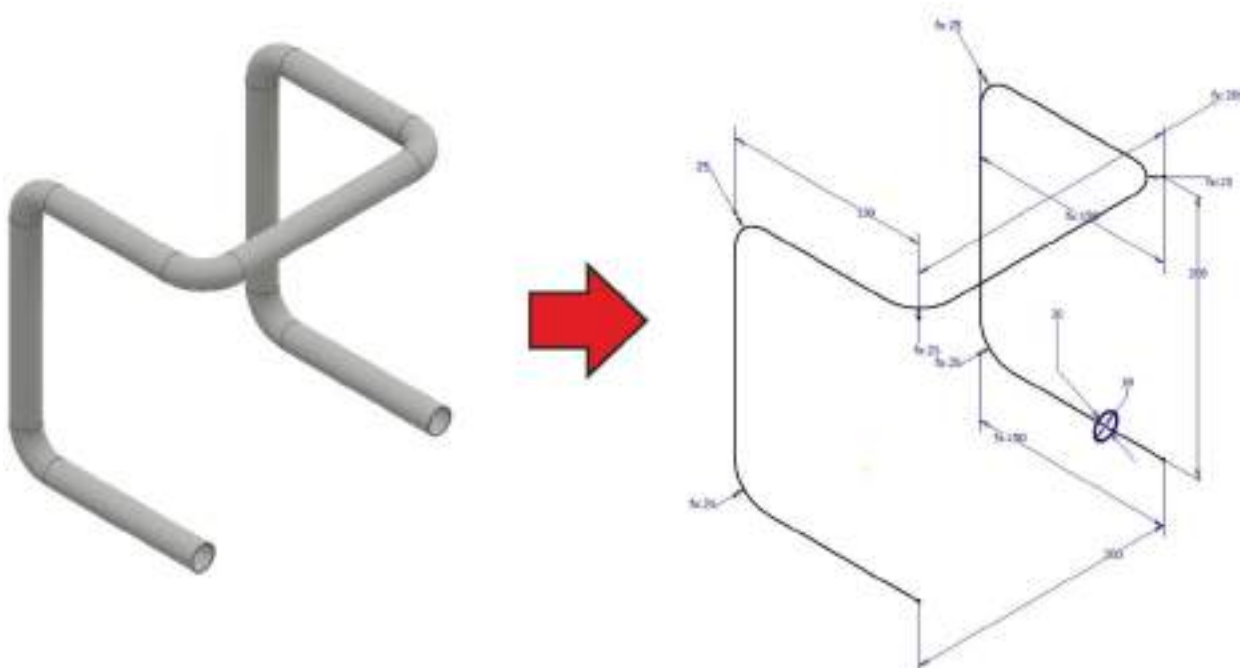


Рисунок 179 – Пример второй подзадачи

Для решения первой подзадачи необходимо использовать общий алгоритм моделирования с построением двухмерных эскизов, в одном из которых содержится перемещаемый профиль, а в другом траектория его перемещения. Для решения второй подзадачи использование двухмерных эскизов неприемлемо, так как не позволяет построить эскиз в котором отдельные участки будут при-

В системах автоматизированного проектирования создание пространственных кривых возможно при помощи соответствующих функций, так для создания трехмерного эскиза в системе достаточно активировать функцию «Начать 3D-эскиз», пиктограмма которой расположена в выпадающем списке панели инструментов «Эскиз» вкладки «Модель».

В результате активации функции «Начать 3D-эскиз», система перейдет в режим построений эскизов, а в ленте произойдет появление вкладки «3D эскиз», пример которой показан на рисунке 180.



Построение траектории осуществляется аналогично эскизам в плоскости, но с одной особенностью, эскиз строиться в плоскости перпендикулярной текущему направлению взгляда, при смене которого меняется и плоскость построения не прерывая при этом операции эскиза. Также при работе с трехмерными эскизами существует два способа позиционирования примитивов, первый из которых это режим свободного позиционирования, а второй – точно-

го позиционирования. Так при активации какого-либо примитива, система по умолчанию переходит к его построению в режиме свободного позиционирования (при первом запуске трехмерного эскиза в текущем сеансе работы), который можно изменить, активировав в панели инструментов «Рисование», вкладки «3D эскиз» функцию «Точный ввод», пример чего показан на рисунке 181.



Рисунок 181 – Изменение режима позиционирования

За активацией функции «Точный ввод» в рабочей области модели открывается меню ввода координат, структура которого показана на рисунке 182.

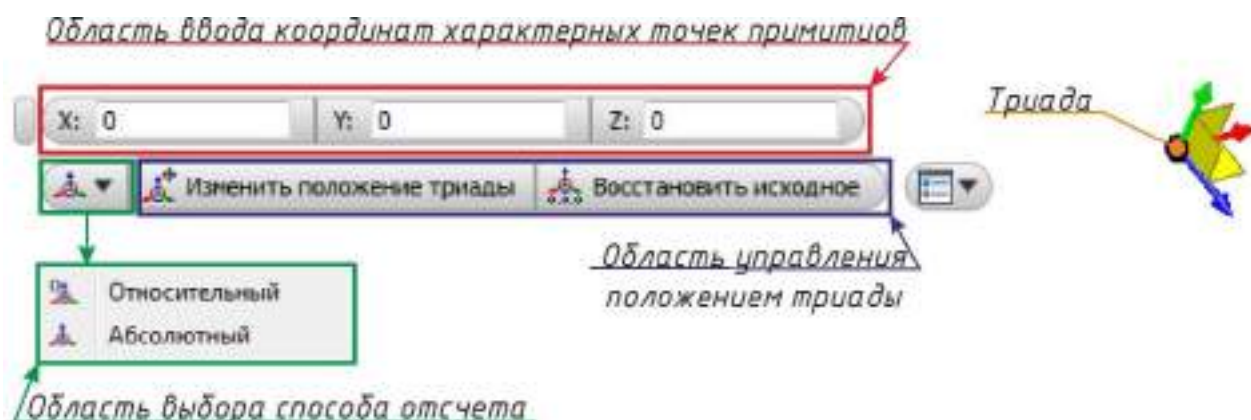


Рисунок 182 – Структура меню ввода координат

Данное меню содержит несколько областей, позволяющих настраивать все параметры позиционирования примитивов. Так область ввода координат характерных точек примитивов позволяет указывать точные пространственные коор-

динаты каждой характерной точки, например, точки начала и конца отрезка, или узловые точки сплайна. Область выбора системы отсчета позволяет настраивать систему отсчета координат, которые могут быть абсолютными или относительными. Абсолютные координаты точки – это координаты отсчет которых для каждой характерной точки ведется от нулевой точки мировой системы координат. Относительные координаты каждой следующей характерной точки отсчитываются от предыдущей.

Немаловажным моментом работы с трехмерными эскизами является возможность изменения положения и направлений триады координат XYZ, начальное положение и направления которой по умолчанию совпадают с триадой абсолютных координат. При этом важно заметить, что изменение положение триады возможно только на основе существующей геометрии модели (сборки), или имеющихся вспомогательных элементов, таких как плоскости, оси, точки.

Рассмотрим процесс создания траектории для моделирования пространственной арматуры, чертеж которой представлен на рисунке 183.

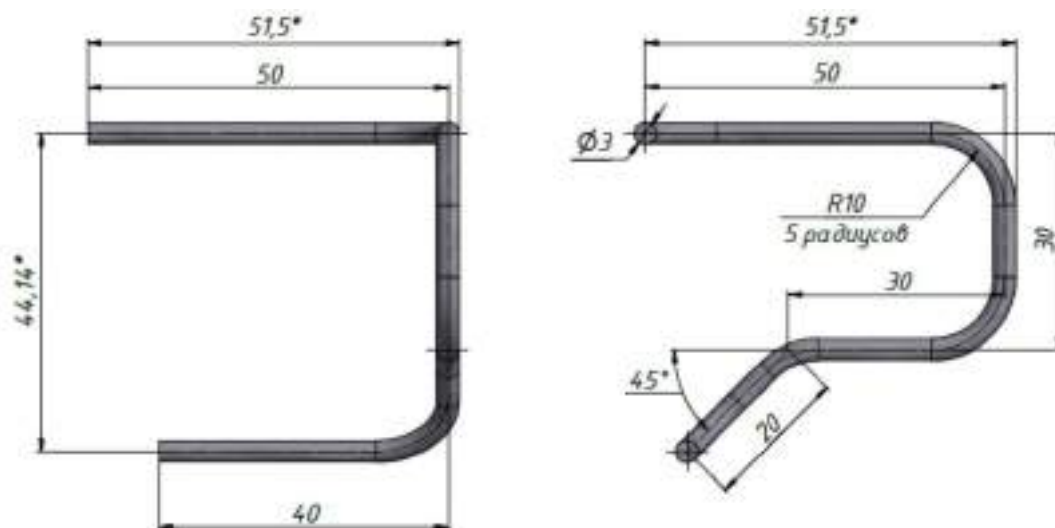


Рисунок 183 – Чертеж пространственной арматуры

Процесс построения траектории движения поперечного сечения арматуры, начинается с активации функции создания 3D-эскиза, и последующей активации команды создания примитива «Отрезок». После выполнения данных дей-

ствий пользователь может выбрать алгоритм создания траектории при помощи свободного построения и последующей параметризации или же при помощи точного ввода координат. Целесообразно отметить, что построение с точным вводом координат потребует от пользователя пересчета размеров, представленных на чертеже в координаты каждой точки, а это в свою очередь может привести в большей затрате времени. В связи с данным ограничением процесс моделирования детали, изображенной на рисунке 183, будет произведен в режиме свободного построения и последующей параметризации эскиза. Так для удобства построения и параметризации следует сделать видимыми базовые оси и точку начала координат, как показано на рисунке 184, которые в последующем будут использоваться в качестве опорных элементов.

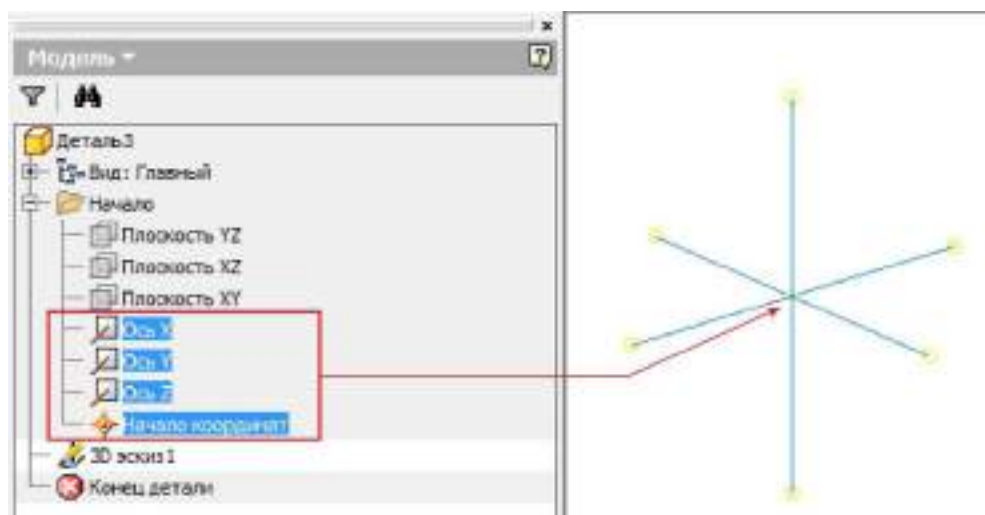


Рисунок 184 – Базовые оси координат

После отображения опорных элементов, создается отрезок с начальной точкой расположенной в точке начала координат, и произвольным расположением конечной точки, пример чего представлен на рисунке 185.

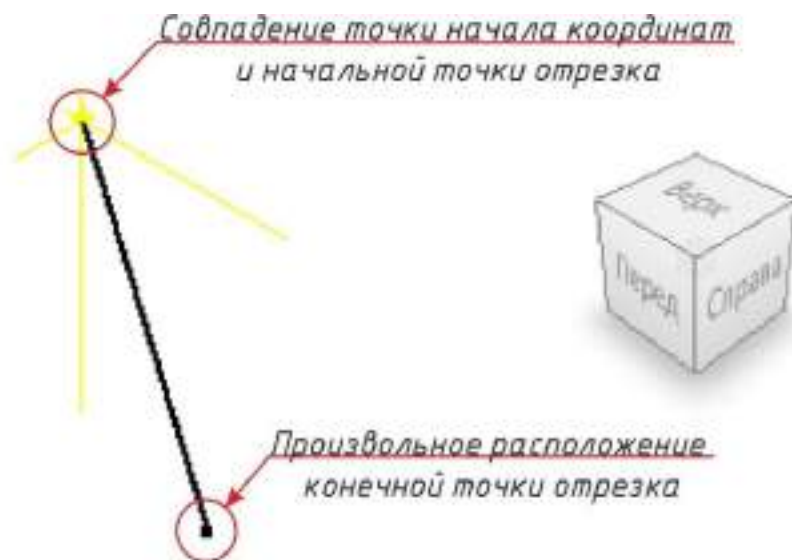


Рисунок 185 – Построение отрезка

Дальнейшее построение пространственной траектории может осуществляться как созданием всей траектории, с последующей параметризацией, так и поэтапным построением, с одновременной параметризацией. Причем последний вариант несколько предпочтительней, так как поэтапное построение и параметризация позволяет получить полностью определенный эскиз с минимальными затратами. При этом правила, используемые при создании плоских эскизов полностью справедливы и для 3D эскизов, но при построении последних у пользователя отсутствует возможность просмотра имеющихся степеней свободы примитивов, откуда и следует приоритетность постепенного построения и параметризации. Так для полного определения отрезка, представленного на рисунке 185, следует определить направления его построения, которое в данном случае будет совпадать с одной из осей, и ограничить его размер. Выполнение данных действий осуществляется при помощи геометрической зависимости «Коллинеарность» и одной размерной зависимости, пример параметризации отрезка траектории показан на рисунке 186. При работе с размерными зависимостями также существуют весомые различия, требующие дополнительного рассмотрения.

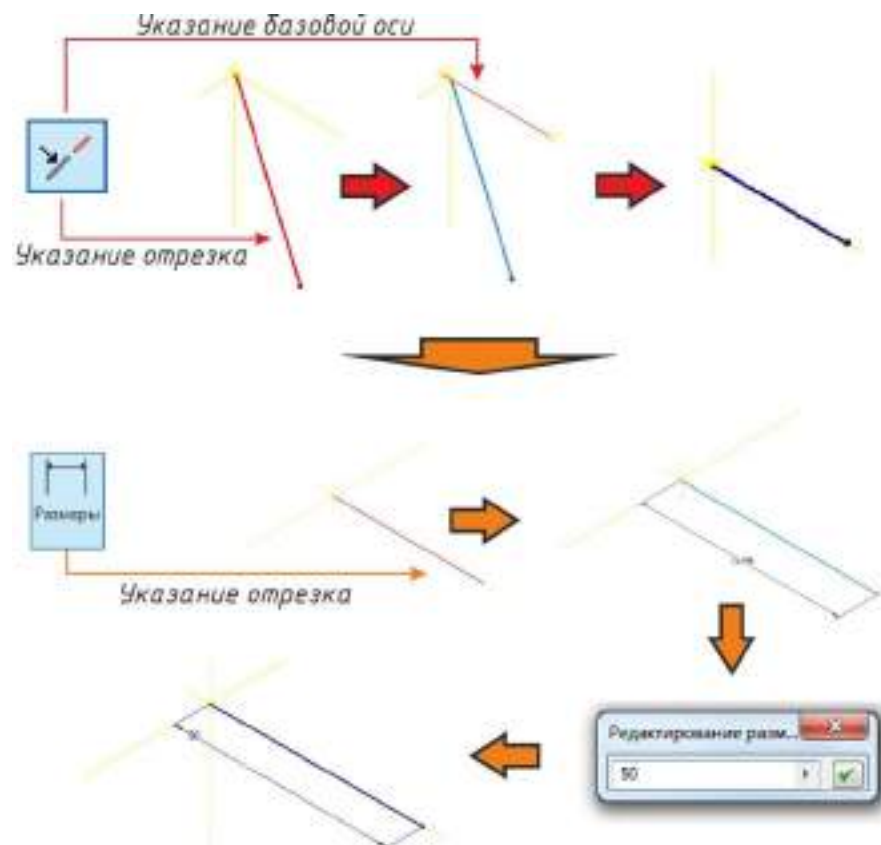


Рисунок 186 – Параметризация отрезка

Дальнейшее построение производится аналогичным образом, лишь с изменением вида геометрических зависимостей, при этом следует рассмотреть особенность построения отрезков, наклоненных на определенный угол относительно какой-либо плоскости, пример чего показан на рисунке 187. Так для построения начальная точка отрезка указывается в конечной точке предыдущего, а конечная произвольно. После непосредственного построения произвольного отрезка следует определение его положения в пространстве, которое в отличии, от рассмотренного выше случая, требует ввода двух размерных зависимостей и одной геометрической.

Так как по условию рассматриваемого задания, отрезок должен быть наклонен на 45° к предыдущему участку и принадлежать с ним одной плоскости. Данное построение возможно путем задания зависимости «Перпендикуляр», которая в качестве объектов использует одну из осей и определяемый от-

Индикация совпадения точек

Следует отметить, что представленный на рисунке 187, алгоритм построения наклонных отрезков, является частным случаем, так как присутствует наклон только к одной из базовых плоскостей, для моделирования сложного пространственного наклона потребуется введение или дополнительной вспомогательной геометрии или увеличение количества размерных зависимостей. Необходимость построения дополнительной геометрии вызвана особенностью использования размерных зависимостей, которые могут реализовать ограниченное число типов размеров. К данным типам размеров следует отнести воз-

возможность задания размерной зависимости между двумя любыми характерными точками отрезков, сплайнов, и т.д, вне зависимости от плоскости их расположения, пример чего показан на рисунке 188.

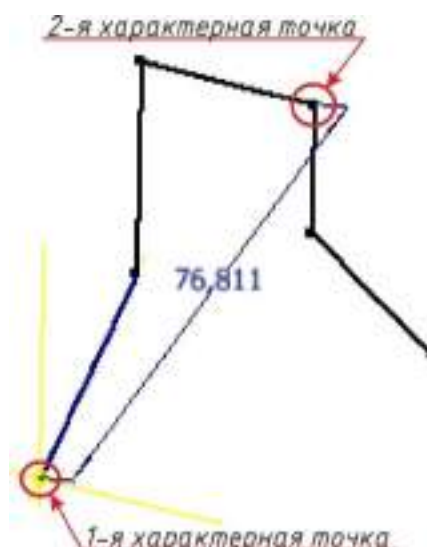


Рисунок 188 – Размерная зависимость между произвольными точками

Вторым типом размеров является размерная зависимость указывающая радиус сопряжения или радиус дуги, пример чего представлен на рисунке 189

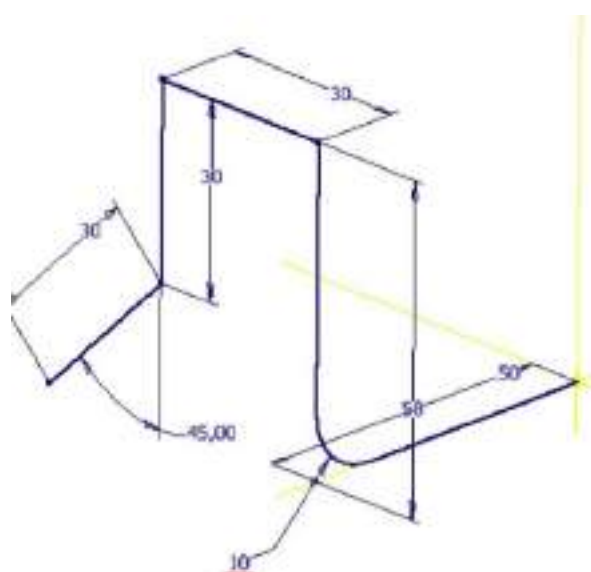


Рисунок 189 – Размерная зависимость радиуса

При этом следует заметить, что существует особенность назначения размерных зависимостей и их комбинации. Так при наложении размерной зависимости на отрезок, пример чего показан на рисунке 186, пользователь реализует первый тип зависимости, а именно зависимость между двумя характерными

точками отрезка, и при последующей модификации отрезка, как например, показано на рисунке 189, положение данных характерных точек не изменяется, но изменяется длина прямолинейного участка отрезка. Удаление же линейного размера и попытка нанесения новой зависимости только на прямолинейный участок не приведут к положительному результату, а это в свою очередь является существенным ограничением при попытке создать модели различных изделий.

Третьим и последним типом размерных зависимостей является угловая зависимость, пример которой показан на рисунке 187, для задания такой зависимости требуются указать два прямолинейных участка отрезков имеющих одну действительную или воображаемую общую точку, например, как показано на рисунке 190.

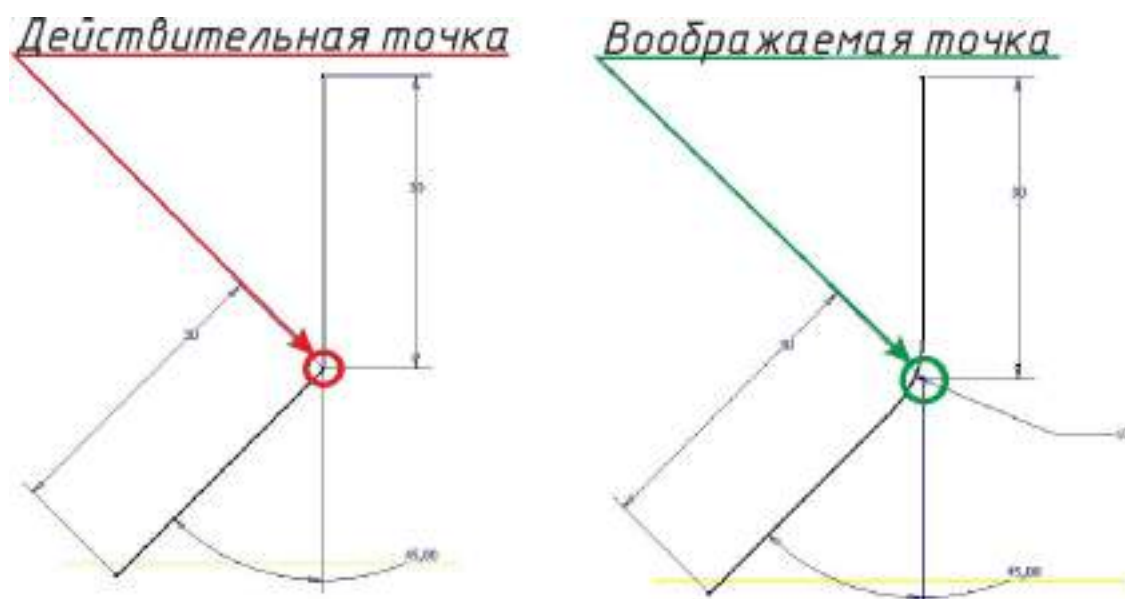


Рисунок 190 – Угловая размерная зависимость

При моделировании рассматриваемой арматуры необходима совокупность всех трех типов размерных зависимостей. А для завершения процесса ее моделирования необходимо произвести сопряжение мест соединения отрезков при помощи команды «Сгиб». После вызова команды необходимо указать радиус сопряжения и последовательно выбрать все сопрягаемые участки, пример чего представлен на рисунке 191.

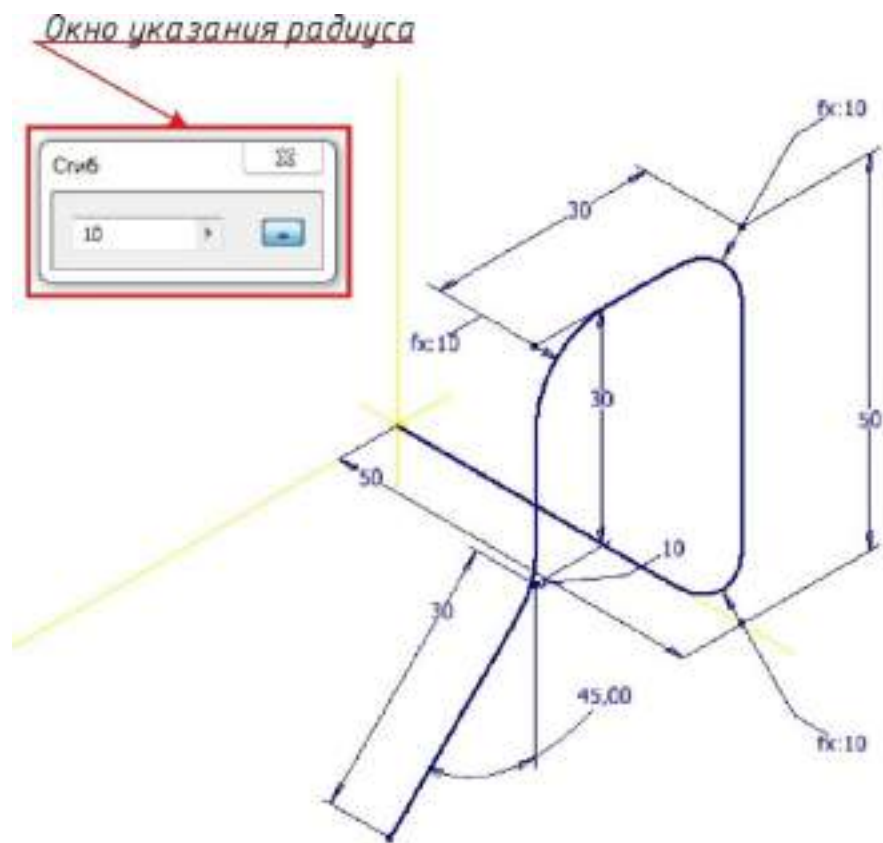


Рисунок 191 – Пространственная траектория

Представленный рисунок позволяет сделать вывод о необходимости ввода большего количества размерных зависимостей при работе с 3D-эскизами, так как в отличие от 2D-эскизов, здесь отсутствует геометрическая зависимость равенства примитивов. При этом значение многих размерных зависимостей в данном случае определяются через другие зависимости, о чем свидетельствует запись «fn:» перед указанием размера примитива. Данное свойство в свою очередь позволяет свести количество контролируемых размеров к минимуму, например, три зависимых радиуса, использованных при построении пространственной траектории, показанной на рисунке 191.

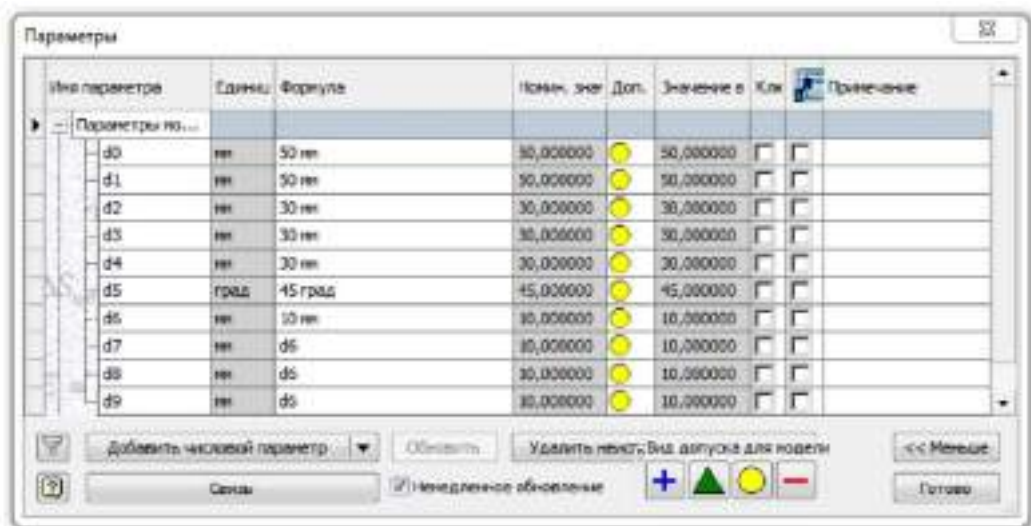


Рисунок 192 – Переменные траектории

Из рисунка 192 видно, что при определении значения переменных d7, d8, d9 производится его извлечение из переменной d6.

Дальнейшее построение модели сводится к моделированию эскиза с профилем поперечного сечения, но с одной особенностью, которая заключается в необходимости пересечения траектории и замкнутой области создаваемой контуром поперечного сечения, как показано на рисунке 193.



Рисунок 193 – Расположение эскиза поперечного сечения

Создав необходимый набор эскизов, содержащих как контур поперечного сечения, так и траекторию его перемещения, завершается выполнение подготовительного этапа, за которым следует применение результирующей кинематической операции.

Создание твердого тела при помощи сдвига

После выполнения подготовительного этапа, производится вызов команды по созданию кинематической операции, которая в системе называется «Сдвиг» после чего следует появление одноименного диалогового окна, показанного на рисунке 194.

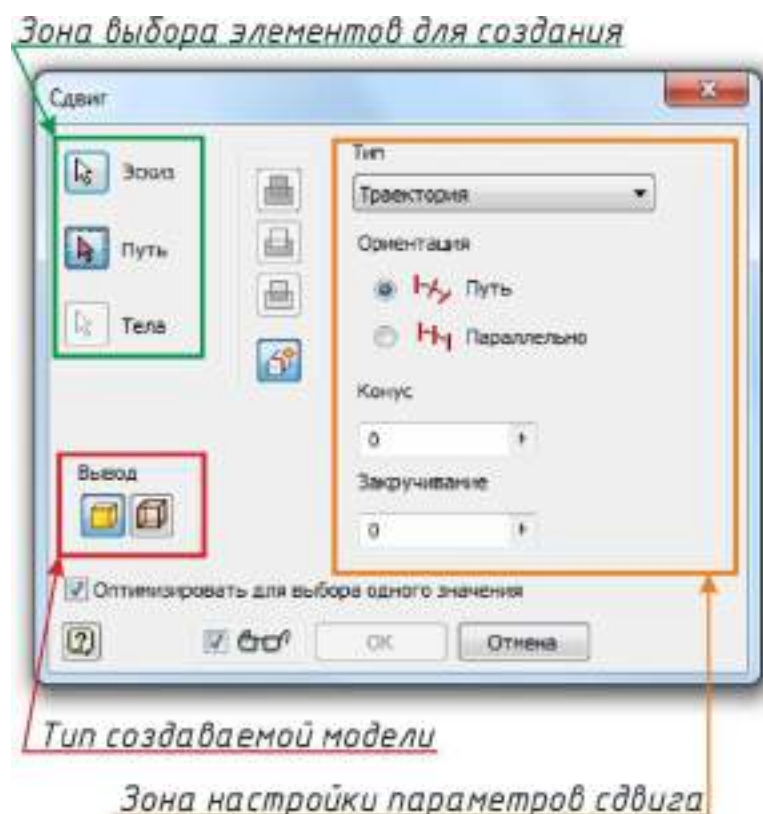


Рисунок 194 – Диалоговое окно «Сдвиг»

Из рисунка видно, что диалоговое окно «Сдвиг» аналогично операциям «Выдавливание» и «Вращение» содержит ряд общих элементов, к которым относятся тип создаваемой модели, то есть будет ли она твердотельной или поверхностной, а также параметры конструктивного элемента, которые при выполнении первой операции неактивны. Помимо общих элементов, данное диалоговое окно содержит ряд функциональных зон с уникальными настройками элементов, доступные только при построении моделей с нерегулярными траекториями. К данным элементам относятся зона выбора рабочих элементов, на основе которых и происходит построение модели, к ним относятся: эскизы по-

перечных сечений, траектории их перемещения, направляющие при создании сложных тел, а также зона настройки параметров построения.

В случае наличия только одного замкнутого контура поперечного сечения в эскизе, как показано на рисунке 193, при активации команды «Сдвиг» произойдет его автоматическое определение, а пользователю потребуется указать лишь траекторию и завершить операцию, пример чего представлен на рисунке 195.

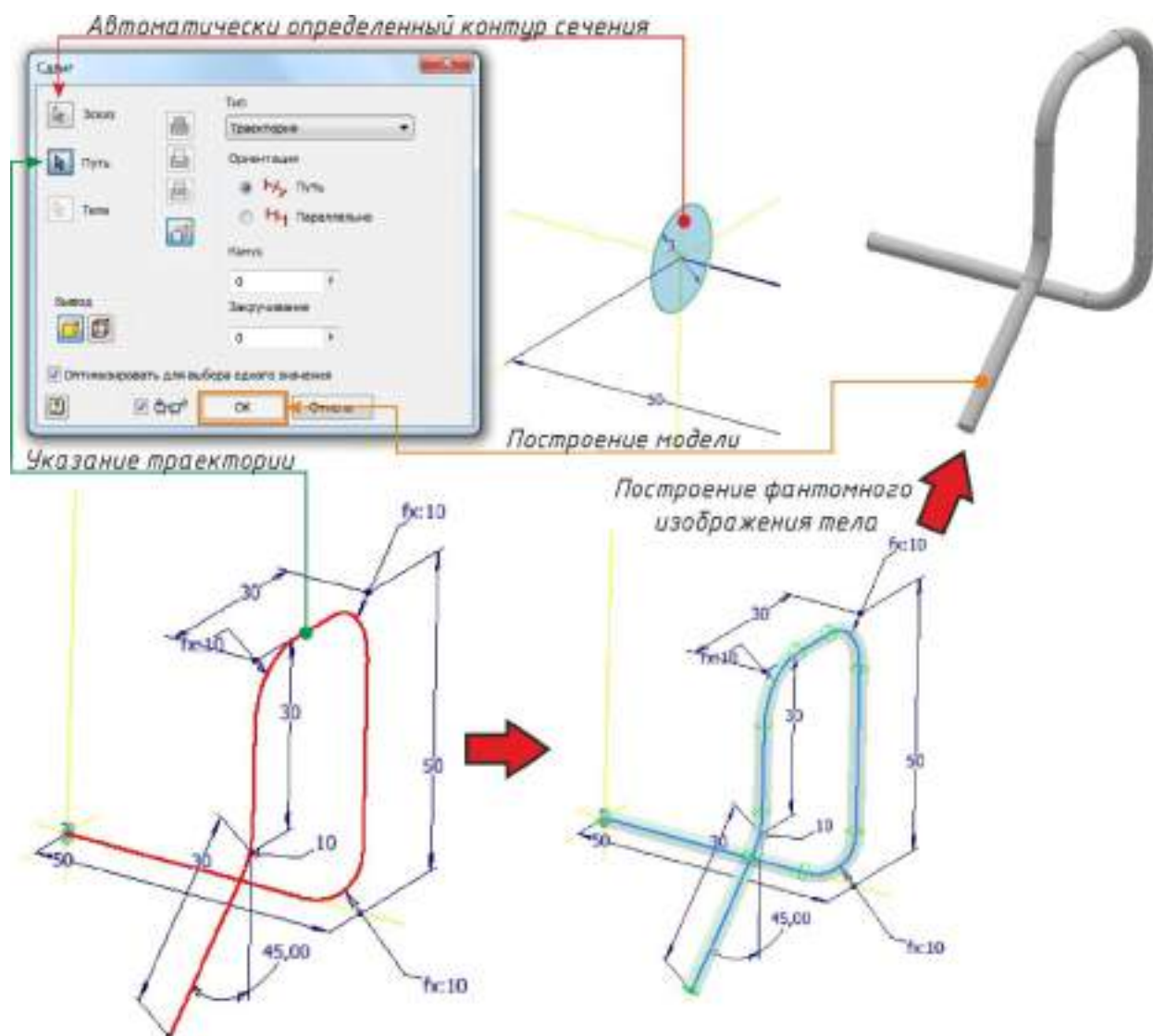


Рисунок 195 – Процедура выполнения результирующей операции

Результатом выполнения операции является модель детали, чертеж которой представлен на рисунке 183. При этом рассмотренный пример, ввиду конструктивных особенностей арматуры, не позволяет всесторонне показать воз-

возможности, реализуемые кинематической операцией, так как настройки параметров моделирования в данном случае не производились. Для наглядного представления дополнительных параметров операции необходимо рассмотреть поля «Конус» и «Закручивание». Работу первой переменной можно показать на имеющемся примере, задав значение «-0,25», после чего готовая модель примет вид стержня уменьшающегося в диаметре по мере перемещения контура по траектории, как показано на рисунке 196.



Рисунок 196 – Работа переменной «Конус»

Исходя из представленной иллюстрации можно сделать вывод об аналогичности данного параметра с параметром при выполнении выдавливания, за той лишь разницей, что уменьшение площади поперечного сечения производится в плоскости перпендикулярной произвольной точке траектории.

Для наглядного представления работы следующей переменной возникает необходимость модификации эскиза поперечного сечения, путем построения вместо окружности квадрата или прямоугольника, с последующим заданием угла закручивания равного 720^0 , как показано на рисунке 197.



Рисунок 197 – Работа переменной «Закручивание»

Изображенный пример позволяет понять работу переменной при задании которой происходит постепенный поворот контура поперечного сечения при его движении по траектории.

Вне зависимости от определения значений рассмотренных полей целесообразно указать на создание комплекта из двух переменных при выполнении операций сдвига, примером чего может служить модель, показанная на рисунке 195, а набор ее параметров приведен на рисунке 198.

d0	мм	50 мм	50,000000	●	50,000000	☐	☐
d1	мм	50 мм	50,000000	●	50,000000	☐	☐
d2	мм	30 мм	30,000000	●	30,000000	☐	☐
d3	мм	30 мм	30,000000	●	30,000000	☐	☐
d4	мм	30 мм	30,000000	●	30,000000	☐	☐
d5	град	45 град	45,000000	●	45,000000	☐	☐
d6	мм	10 мм	10,000000	●	10,000000	☐	☐
d7	мм	d6	10,000000	●	10,000000	☐	☐
d8	мм	d6	10,000000	●	10,000000	☐	☐
d9	мм	d6	10,000000	●	10,000000	☐	☐
d10	мм	3 мм	3,000000	●	3,000000	☐	☐
d13	град	0 град	0,000000	●	0,000000	☐	☐
d14	град	0 град	0,000000	●	0,000000	☐	☐

Комплект переменных кинематической операции

Рисунок 198 – Набор переменных операции «Сдвиг»

Разобранный алгоритм построения пространственных траекторий позволяет дать заключение о его применимости при моделировании различных изделий, к которым можно отнести трубопроводы, структурированные кабельные системы, детали выполненные при помощи обработки давлением и многие другие. При этом остается нерассмотренной задача построения геометрии различных пазов, особенно сложной пространственной формы, которые нашли широкое применение в различных машинах и механизмах. Решение же данного класса задач возможно при создании траекторий зависящих от геометрии поверхностей отличных от плоскостей, работа по созданию эскизов на которых невозможна обычными методами.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
2. Определить алгоритм построения.
3. Выполнить построение модели детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>
2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>
4. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>

5. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Лабораторная работа №13 СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ С КИНЕМАТИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Цель работы: Изучение операций моделирования деталей с кинематическими поверхностями.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методов построения моделей с кинематическими поверхностями.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять алгоритм построения моделей с кинематическими поверхностями.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования функций построения моделей с кинематическими поверхностями.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: определена необходимостью построения моделей твердых тел сложных пространственных механизмов. Знания, полученные в рамках данного практического занятия, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Вопрос необходимости построения пазов сложной формы возникает при проектировании широкого спектра машин и механизмов, например, кулачковых механизмов, получивших обширное распространение в аппаратах пищевой, текстильной, полиграфической промышленности. К тому же реализация создания целого ряда моделей возможна только при построении траекторий на криволинейных поверхностях, примером чего может служить цилиндрический кулачек с кинематическим замком, показанный на рисунке 199.



Рисунок 199 – Модель цилиндрического кулачка

Как уже замечалось ранее прямое построение эскиза на поверхности отличной от плоскости невозможно, в связи с чем требуется рассмотрение альтернативного пути решения задачи, которая становится реализуемой при помощи инструментов проецирования геометрии на поверхности, заложенной в функционал 3D-эскизов. Рассмотрим процесс моделирования данной траектории, на примере цилиндрического кулачка, чертеж которого представлен на рисунке 200.

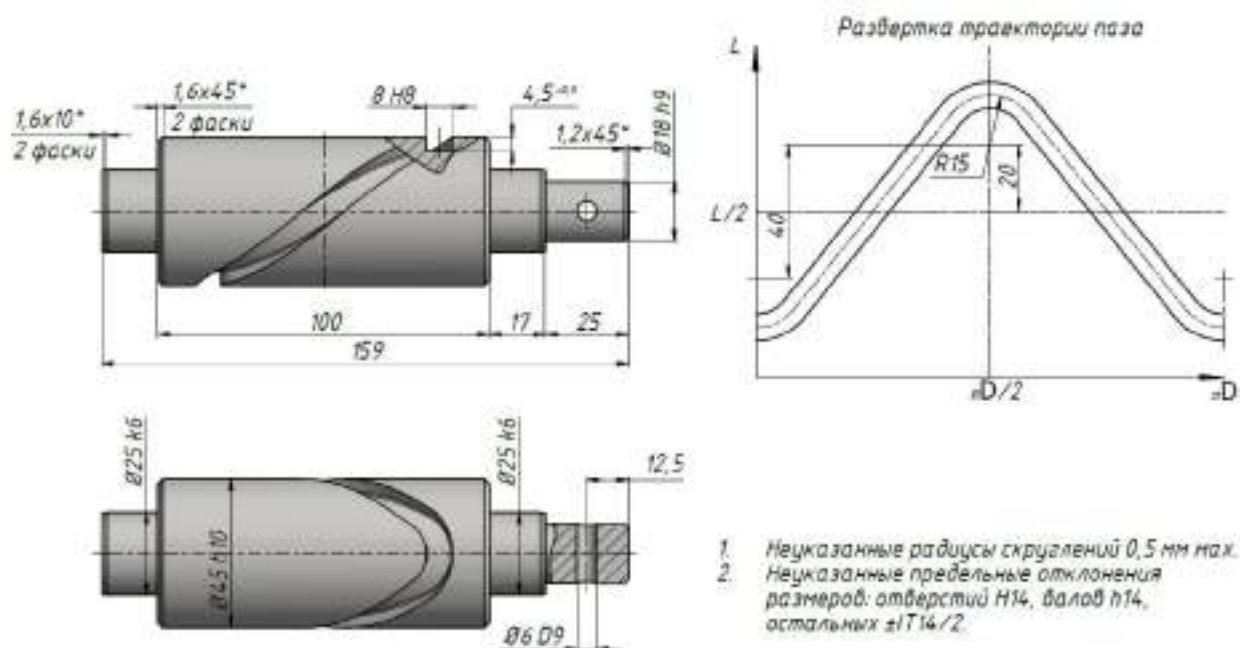


Рисунок 200 – Чертеж цилиндрического кулачка

Первоначально путем использования известных операций создается цилиндрическое твердое тело кулачка, после чего начинается выполнения подготовительного этапа по созданию развертки траектории, для чего вводится дополнительная плоскость, касательная к поверхности диаметром 45 мм, и параллельная одной из базовых плоскостей. После создания вспомогательной геометрии на ней создается эскиз траектории будущего паза, для которого необходимо ограничить область равную длине развертки цилиндра, на котором предполагается построения паза. Выполняется данное действие с помощью построения прямоугольника, одна из сторон которого равна длине ступени, а другая длине окружности, определённой по формуле πD . Важной особенностью определения длины окружности является необходимость использования того же значения π , которое используется системой при выполнении различных операций. В системе данное значение составляет 3,14159265358979323846264338328, а его переменная является зарезервированной и обозначается как «PI» или «Пи», с обязательным соблюдением регистра. То есть при определении длины окружности переменная должна быть записана « $\text{Пи} * 45$ » или « $\text{Пи} * dx$ », где dx имя переменной, определяющей диаметр нужной ступени вала. Пример построения развертки поверхности показан на рисунке 201.

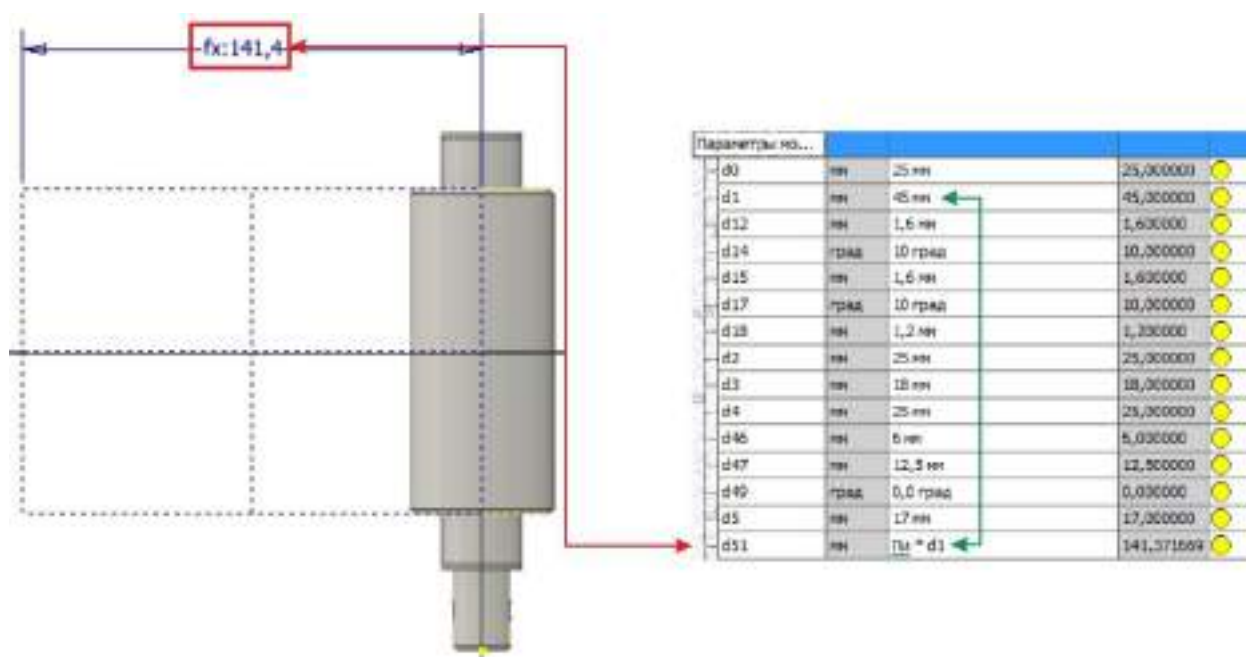


Рисунок 201 – Пример построения развертки цилиндра

На основе полученной геометрии производится построение траектории будущего паза, за которую берется осевая линия развертки с чертежа (Рисунок 200). Следующим этапом моделирования паза является проецирование его развертки на цилиндрическую поверхность, для чего создается 3D-эскиз и активируется функция «Проецирование на поверхность» диалоговое окно которой представлено на рисунке 202.

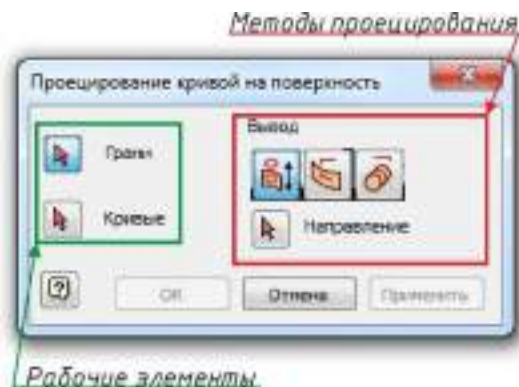


Рисунок 202 – Окно «Проецирование кривой на поверхность»

Данное диалоговое окно позволяет использовать три метода проецирования: проецирование вдоль вектора; проецирование до ближайшей точки; наложение на поверхность. Первые два способа при проецировании геометрии с плоского эскиза на поверхность в общем случае не позволяют получить на последней натуральную величину размеров, в связи с использованием методики ортогонального проецирования. Последний же метод является не столько проецированием, сколько оборачиванием геометрии эскиза по поверхности. Рассматриваемый случай как раз-таки и будет являться примером работы данной функции. Для этого необходимо активировав необходимый метод проецирования выбрать рабочие элементы, в качестве которых будет выступать цилиндрическая грань и все примитивы траектории, указываемые последовательно. Пример создания траектории показан на рисунке 203.

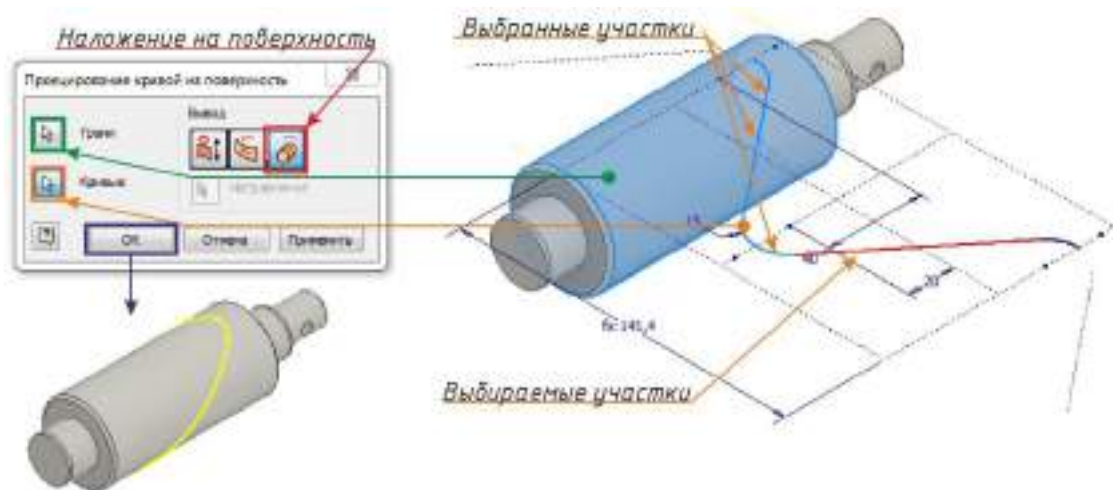


Рисунок 203 – Пример построения траектории

В случае использования при создании развертки поверхности цилиндра не зарезервированной переменной «Пи», а общепринятого значения данной величины равной 3,14 пользователь получит незамкнутый контур траектории, демонстрация которого показана на рисунке 204.

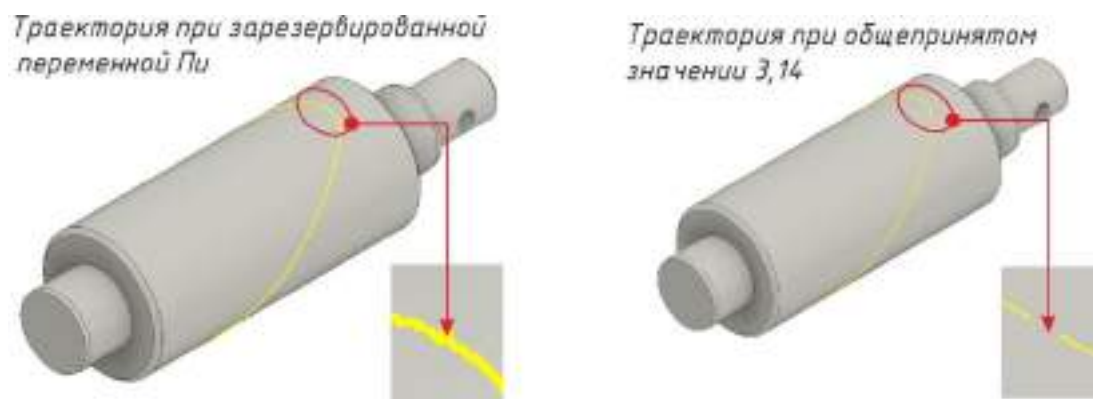


Рисунок 204 – Ошибки построения развертки

Дальнейшее работа, по подготовке эскиза поперечного сечения к построению паза, аналогична рассмотренному выше алгоритму создания пространственной арматуры. Для ее выполнения в общем случае требуется ввод дополнительной плоскости, которая для рассматриваемого примера строится перпендикулярно кривой в точке, в качестве которой выбирается середина одной из дуг, за определением плоскости следует построение на ней эскиза, иллюстрация чего показана на рисунке 205.

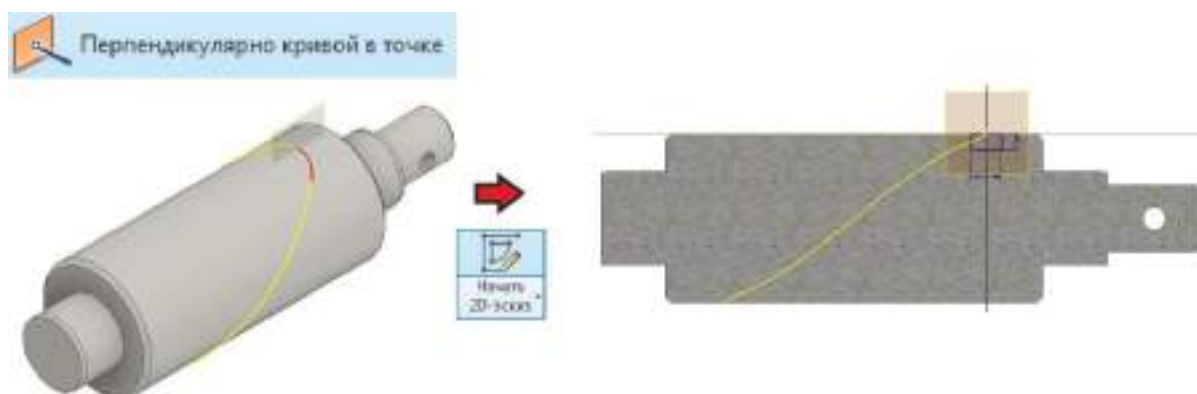


Рисунок 205 – Создание эскиза поперечного сечения

Подготовка необходимых эскизов позволяет перейти к выполнению результирующей операции сдвига контура поперечного сечения по смоделированной траектории. При этом для моделирования, показанного на чертеже паза, команда «Сдвиг» требует определенных настроек, так как в случае оставления настроек по умолчанию произойдет построение паза отличного от требуемого, пример чего изображен на рисунке 206.



Рисунок 206 – Ошибка построения паза

Из проиллюстрированного примера видно, что в процессе перемещения профиля поперечного сечения паза производится смещение его оси симметрии относительно оси детали, что является недопустимым так как одним из условий работоспособности кулачка является пересечение осей в любой точке паза. Устранение данного недостатка становится возможным в случае использования направляющей поверхности в качестве которой в данном случае выступает цилиндрическая поверхность. В Autodesk данная возможность предусмотрена и

требует изменения типа моделирования с варианта «Траектория» на «Траектория и направляющая поверхность» (Рисунок 207).



Рисунок 207 – Изменение типа моделирования

В результате изменения метода построения конструктивного элемента, от пользователя требуется указать помимо эскиза с поперечным сечением и эскиза с траекторией еще и поверхность, использующуюся в качестве направляющей, итогом чего станет практически готовая модель, полностью соответствующая чертежу детали. Пример выполнения данных действий представлен на рисунке 208.

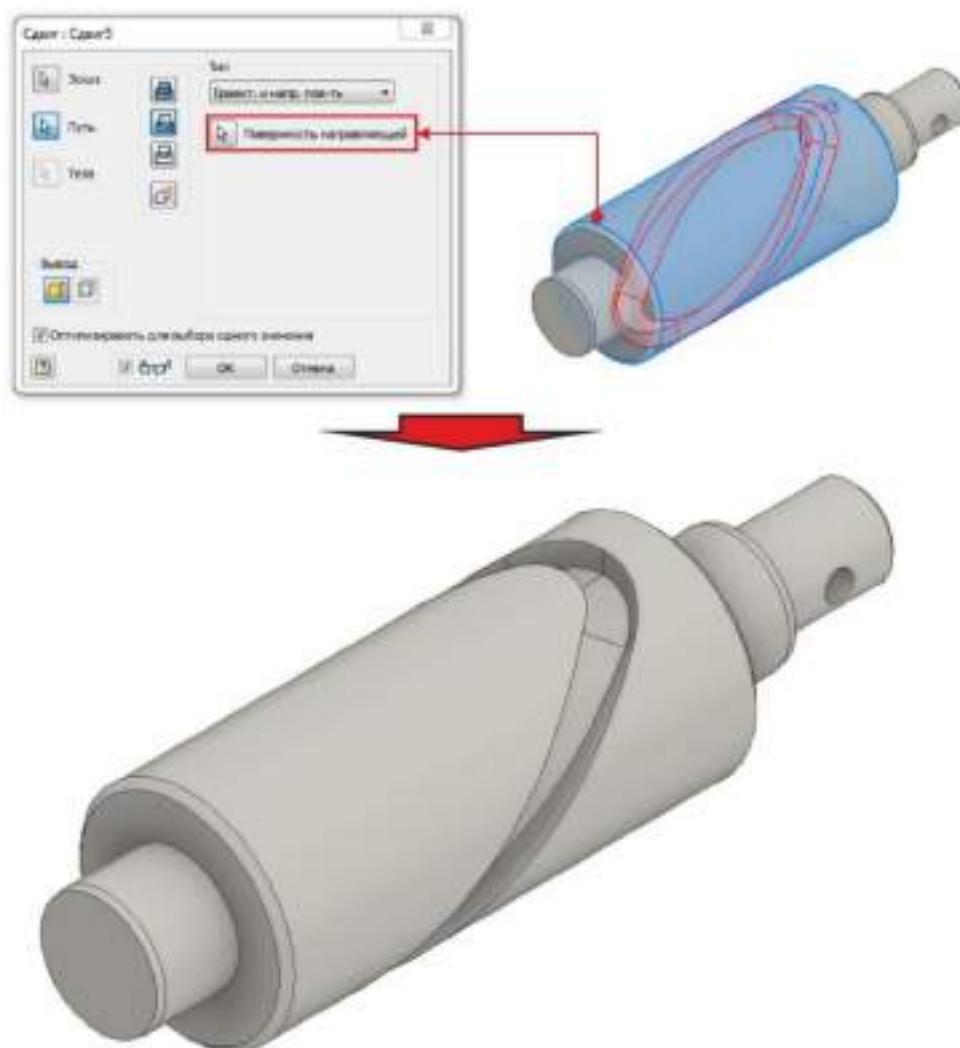


Рисунок 208 – Пример создания паза

Завершение процесса моделирования кулачка сводится к добавлению необходимых сопряжений, согласно общим рекомендациям по последовательности создания конструктивных элементов.

Областью применения показанного алгоритма построения сложных пространственных пазов является проектирование всевозможных машин и механизмов, функционал которых требует разработки элементов по преобразованию движений, например, вращательного в поступательное.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
2. Определить алгоритм построения.
3. Выполнить построение модели детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Бумага, А. И. Трехмерное моделирование в системе проектирования КОМПАС - 3D : учебно-методическое пособие / А. И. Бумага, Т. С. Вовк. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2019. — 78 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92355.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Лабораторная работа №14 СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ СЕЧЕНИЯМИ

Цель работы: Изучение операций моделирования деталей с переменными сечениями.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методов построения моделей с переменными сечениями.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять алгоритм построения моделей с переменными сечениями.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования функций построения моделей с переменными сечениями.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: обусловлена повсеместным распространением доступных аддитивных технологий и необходимостью построения моделей сложной конфигурации. Знания, полученные в рамках практического занятия, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При проектировании широкого спектра изделий в конструкцию которых заложены сечения различной формы, плавно переходящие одно в другое, у разработчика возникает необходимость создания их моделей. К данным изделиям следует отнести детали, форма которых зависит от антропометрических данных, например, корпуса некоторых бытовых приборов, детали получаемые литьем или обработкой давлением, примером чего могут служить различные переходники, или изделия из пластмасс. К тому же широкое распространение относительно дешевой технологии трехмерной печати еще более остро ставит вопрос построения моделей изделий с переменными сечениями, так как последу-

ющее их производство с использованием аддитивных технологий практически не требует дополнительных затрат на технологическую оснастку, в отличие от традиционных методов производства.

Для построения описанных моделей во всех системах автоматизированного производства существует специальная функция, позволяющая создавать твердое тело путем последовательных переходов между эскизами с сечениями, лежащими в разных плоскостях. В системе данная функция называется «Лофт» и располагается на панели инструментов «Создать» вкладки «3D-модель».

Подготовка эскизов и выполнение «Лофт»

Для детального рассмотрения работы указанной операции моделирования необходимо выполнить построение детали, показанной на рисунке 209.

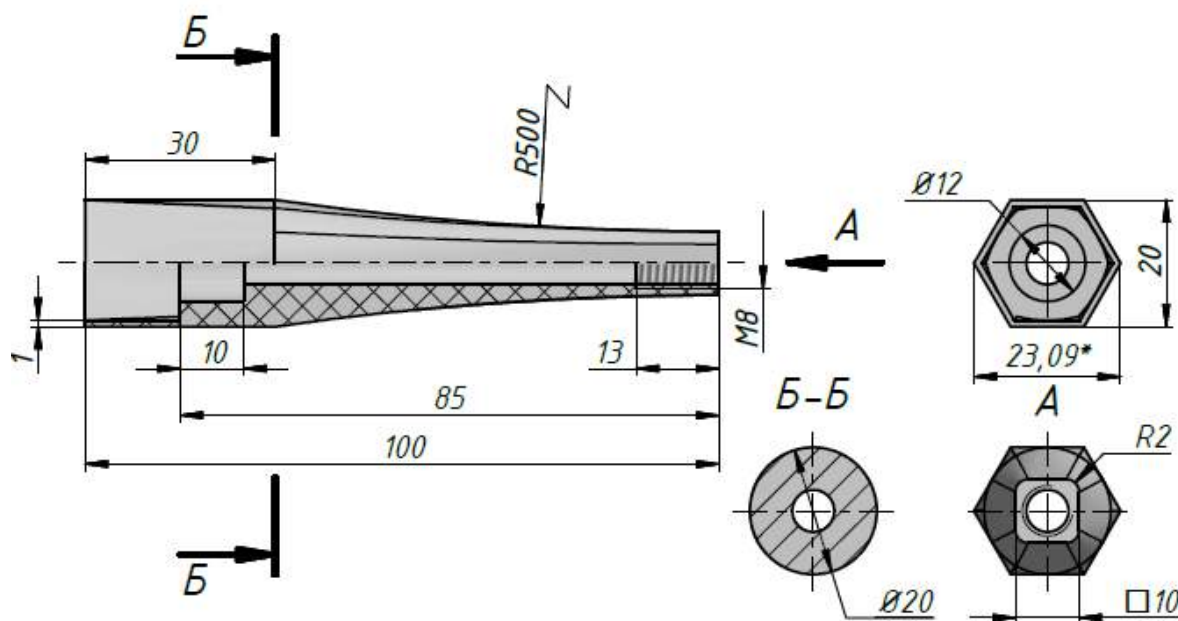


Рисунок 209 – Чертеж детали «Штуцер»

Процесс моделирования деталей при помощи операции «Лофт» в соответствии с описанной ранее методикой сводится к необходимости построения нескольких эскизов, содержащих контуры поперечного сечения, эскизов с направляющими если таковые необходимы, и применения результирующей операции. Для моделирования штуцера, чертеж которого представлен на рисунке 209, пользователю необходимо построить три эскиза, содержащих: пер-

вый – шестигранник с размером между параллельными сторонами 20 мм; второй – окружность диаметром 20 мм; третий – квадрат с размером стороны 10 мм и скруглением углов радиусом 2 мм. При этом плоскость эскиза, содержащего окружность, должна быть смещена от плоскости первого эскиза на 30 мм, а плоскость третьего эскиза должна быть смещена на 100 мм от плоскости первого. В связи с этим первоначальным этапом является построение двух дополнительных плоскостей, смещенных относительно одной из базовых, пример чего представлена на рисунке 210.

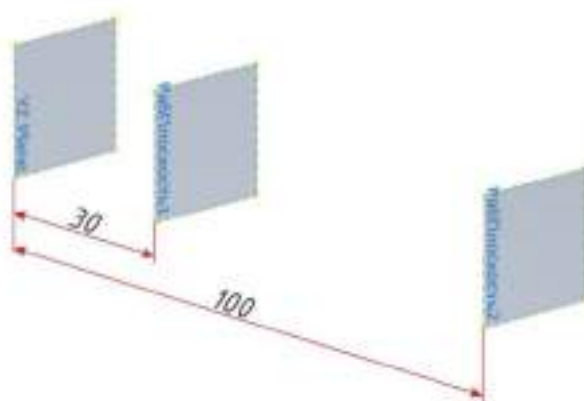


Рисунок 210 – Пример созданных плоскостей

После построения плоскостей, производится построения необходимых эскизов, при этом две оставшиеся базовые плоскости, в соответствии с рассмотренными ранее рекомендациями по моделированию деталей с симметричной конструкцией, должны выступать в роли плоскостей симметрии. Пример построенных эскизов с контурами поперечных сечений, а также видимыми базовыми плоскостями изображен на рисунке 211.

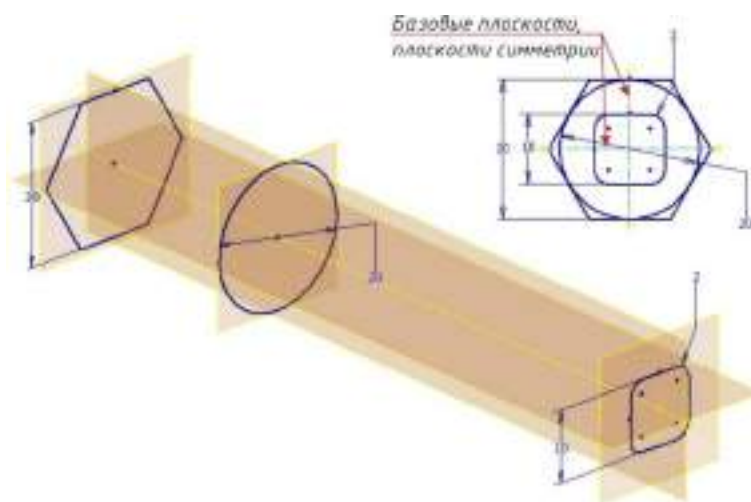


Рисунок 211 – Пример эскизов с контурами поперечного сечения

Наличие трех эскизов содержащих контуры сечений уже является достаточным условием для выполнения операции «Лофт», так как их минимально необходимым количеством в зависимости от ситуации может выступать как два эскиза так и ни одного. Для создания твердого тела при помощи данной операции необходимо выполнить ее активацию, путем нажатия на соответствующую пиктограмму, после чего выбрать необходимые для построения элементы, и задать требуемые настройки. При активации операции перед пользователем открывается диалоговое окно, приведенное на рисунке 212.

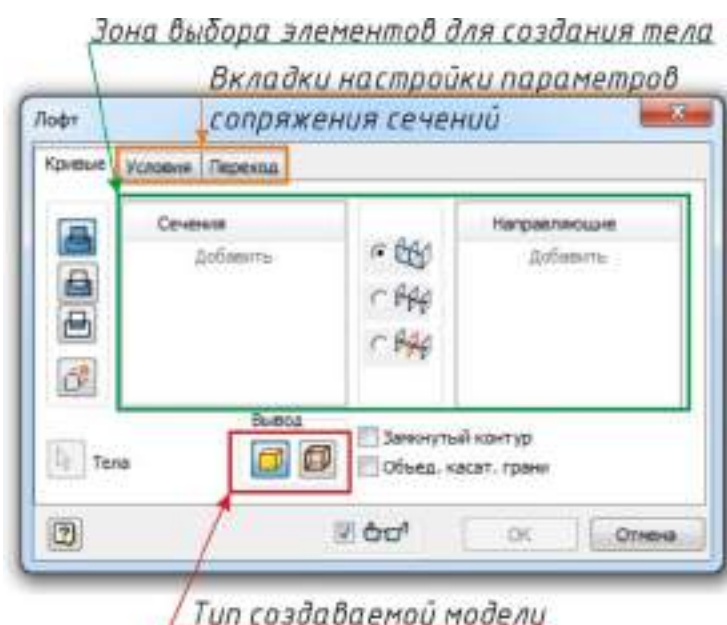


Рисунок 212 – Диалоговое окно операции «Лофт»

Представленное диалоговое окно содержит ряд настроек, позволяющих определять правила перехода от одного сечения к другому, а также параметры сопряжения поверхностей. Так к правилам переходов между сечениями следует отнести возможность настройки способов ограничения переходов от предыдущего сечения к следующему, в качестве которых могут выступать направляющие линии или траектории пути от одного эскиза к другому. Вкладка «Условия» позволяет задавать граничные условия переходов для сечений и направляющих, а вкладка «Переход» позволяет задавать соответствие между характерными точками разных сечений, то есть правила перехода точки, расположенной в одном сечении к точке расположенной в другом сечении. Таким образом при выполнении рассматриваемой операции для моделирования штуцера, по представленным на рисунке 211 сечениям, и настройками операции по умолчанию будет получено тело, показанное на рисунке 213.

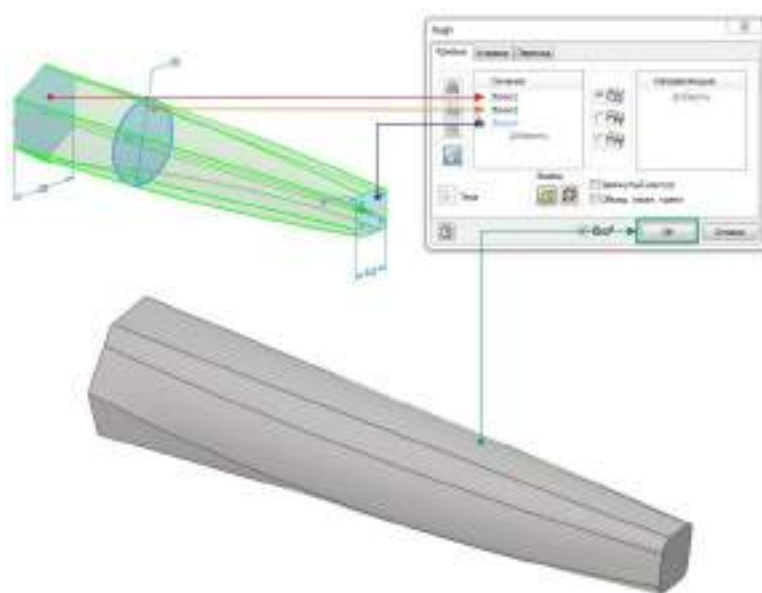


Рисунок 213 – Результат применения операции «Лофт»

Анализируя чертеж штуцера (Рисунок 209) и полученное тело (Рисунок 213) можно прийти к выводу о том, что смоделированная геометрия тела не соответствует требуемой. Данное несоответствие проявляется в неопределенном положении ребер модели при переходе от сечения к сечению и как

следствие форме поверхностей отличной от требуемой, а также отсутствии требуемого профиля, при переходе от второго сечения к третьему (Рисунок 214).



Рисунок 214 – Ошибки построения

Как и любая задача при проектировании технических изделий, данная имеет множество решений, например, выставление правил построения траекторий перехода между характерными точками сечений, для построения ребер требуемой конфигурации, или разбиение процесса построения тела на отдельные операции и соединение сначала двух первых сечений, а затем одной грани, получившегося тела с третьим сечением. Для построения требуемой геометрии между вторым и третьим сечением существует возможность подбора условий перехода в соответствующей вкладке диалогового окна «Лофт», или же использование направляющих, построение которых осуществляется в дополнительных эскизах.

Рассмотрим один из вариантов решения данной проблемы, в качестве которого примем построение тела необходимой геометрии за две операции «Лофт». Первой операцией будет являться построение перехода между первым и вторым эскизами, пример чего показан на рисунке 215.



Рисунок 215 – Пример построения базового тела

Вторым этапом будет построение перехода между гранью твердого тела и третьим эскизом, при этом для корректного моделирования профиля детали при переходе между сечениями требуется построение дополнительных эскизов, содержащих направляющие кривые, которые в данном случае представляют собой дуги радиусом 500 мм. Пример базового тела, с подготовленными эскизами сечения и направляющих, представлен на рисунке 216.

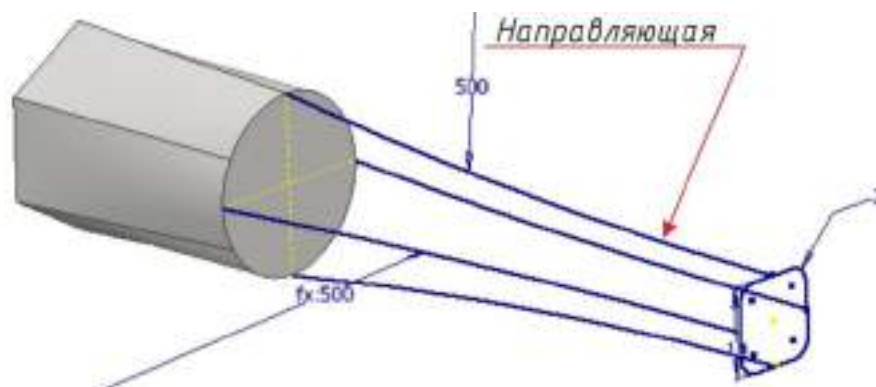


Рисунок 216 – Эскизы направляющих

Важным требованием при работе с направляющими является необходимость их построения таким образом, чтобы конечные точки геометрии эскизов с направляющими совпадали с контурами профилей используемых эскизов или граней

Пример модели построенной при помощи второй операции «Ллофт», с использованием направляющих показан на рисунке 217.

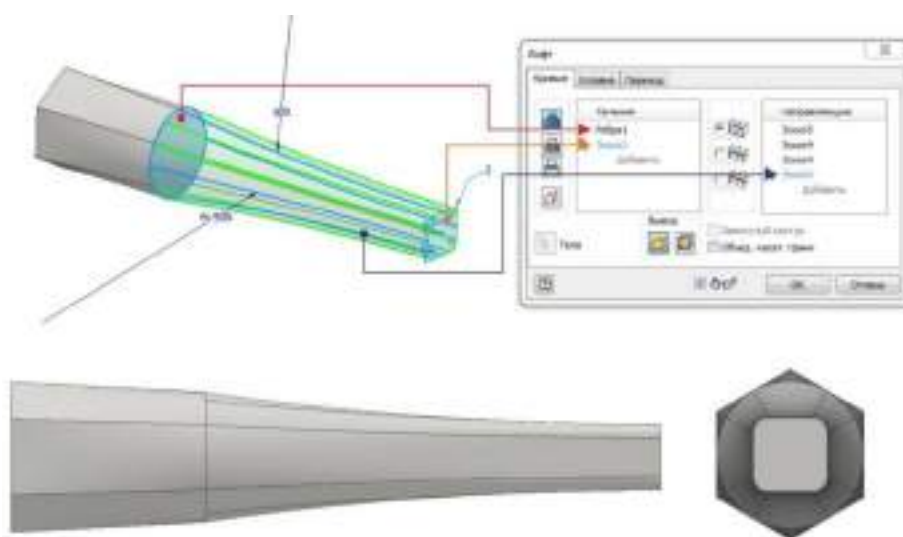


Рисунок 217 – Модель твердого тела с требуемой геометрией

Следует заметить, что представленный способ построения не является оптимальным, но в тоже время позволяет осветить некоторые аспекты работы функции «Ллофт», к которым следует отнести возможность построения перехода с использованием одной грани и эскиза с профилем сечения, а также работу направляющих кривых при создании переходов. Дальнейшее построение производится при помощи уже известных операций набор которых может варьироваться в зависимости от различных требований или удобства работы. Готовая модель изделия показана на рисунке 218.



Рисунок 218 – Модель детали «Штуцер»

Немаловажным свойством работы с рассматриваемой операцией является возможность определения правил перехода между конкретными точками эскизов, так, например, при необходимости построения изогнутого на 90 градусов прямоугольного профиля, необходимо вручную откорректировать описанные правила. Рассмотрим процесс построения модели детали «Упор» чертеж которой показан на рисунке 219.

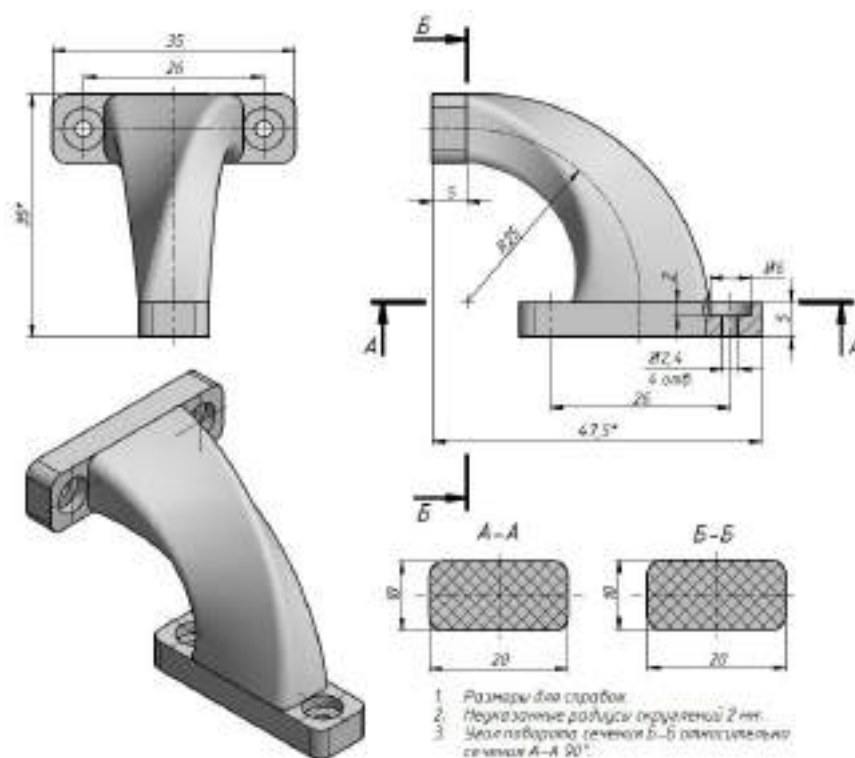


Рисунок 219 – Чертеж детали «Упор»

Из рисунка 219 видно, что деталь упор содержит в своей конструкции изогнутый между сечениями А-А и Б-Б прямоугольный профиль с размерами сторон 10 и 20 мм соответственно. Для моделирования данного профиля, аналогично процессу моделирования штуцера, необходимо выполнить построение эскизов контуров сечений А-А и Б-Б, а также эскиз содержащий траекторию перемещения (центровую линию) контура, радиусом 25 мм. Пример эскизов подготовительного этапа представлен на рисунке 220.

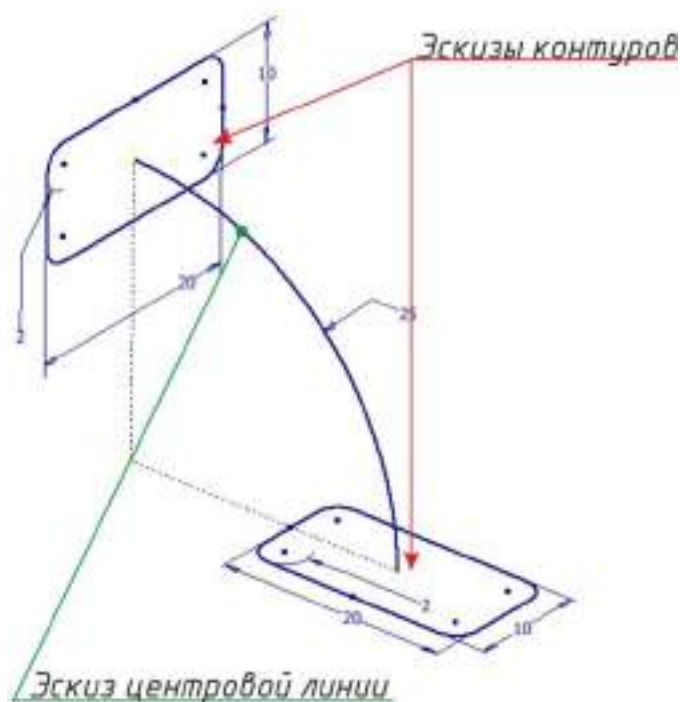


Рисунок 220 – Эскизы сечений и траектории

Так как необходимое и достаточное условие выполнено, становится возможным применение к данному набору эскизов операции «Ллофт», которая при различных настройках позволит получить различные тела. Например, при использовании лишь двух эскизов содержащих профили сечений А-А и Б-Б, и неизменными остальными настройками, пользователь получит твердое тело, представленное на рисунке 221, которое не соответствовать требуемой геометрии. При изменении варианта построения с «Направляющие» на «Центровая линия» и добавлении к набору элементов операции эскиза, содержащего траекторию (центровую линию) перехода между сечениями, становится возможным получение иного твердого тела, внешний вид которого продемонстрирован на рисунке 222.

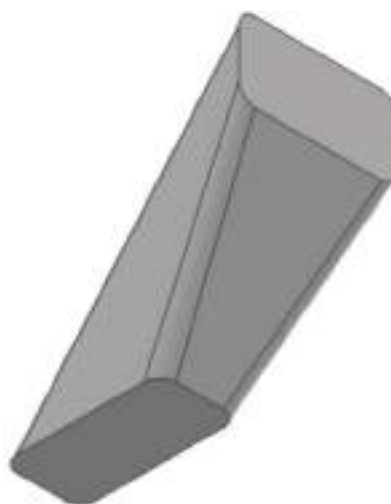


Рисунок 221 – Результат выполнения операции «Ллофт»



Рисунок 222 – Результат выполнения операции «Ллофт» с траекторией

При этом и показанное на рисунке 222 твердое тело не соответствует требуемому результату, в связи с необходимостью построения изогнутых граней, и реализации тем самым поворота профиля. Для моделирование требуемой геометрии необходимо приняв за основу второй вариант построения, в диалоговом окне операции, перейти во вкладку «Переход», отменить автоматическое построение переходов и вручную выставить соответствие точек, пример чего изображен на рисунке 223.

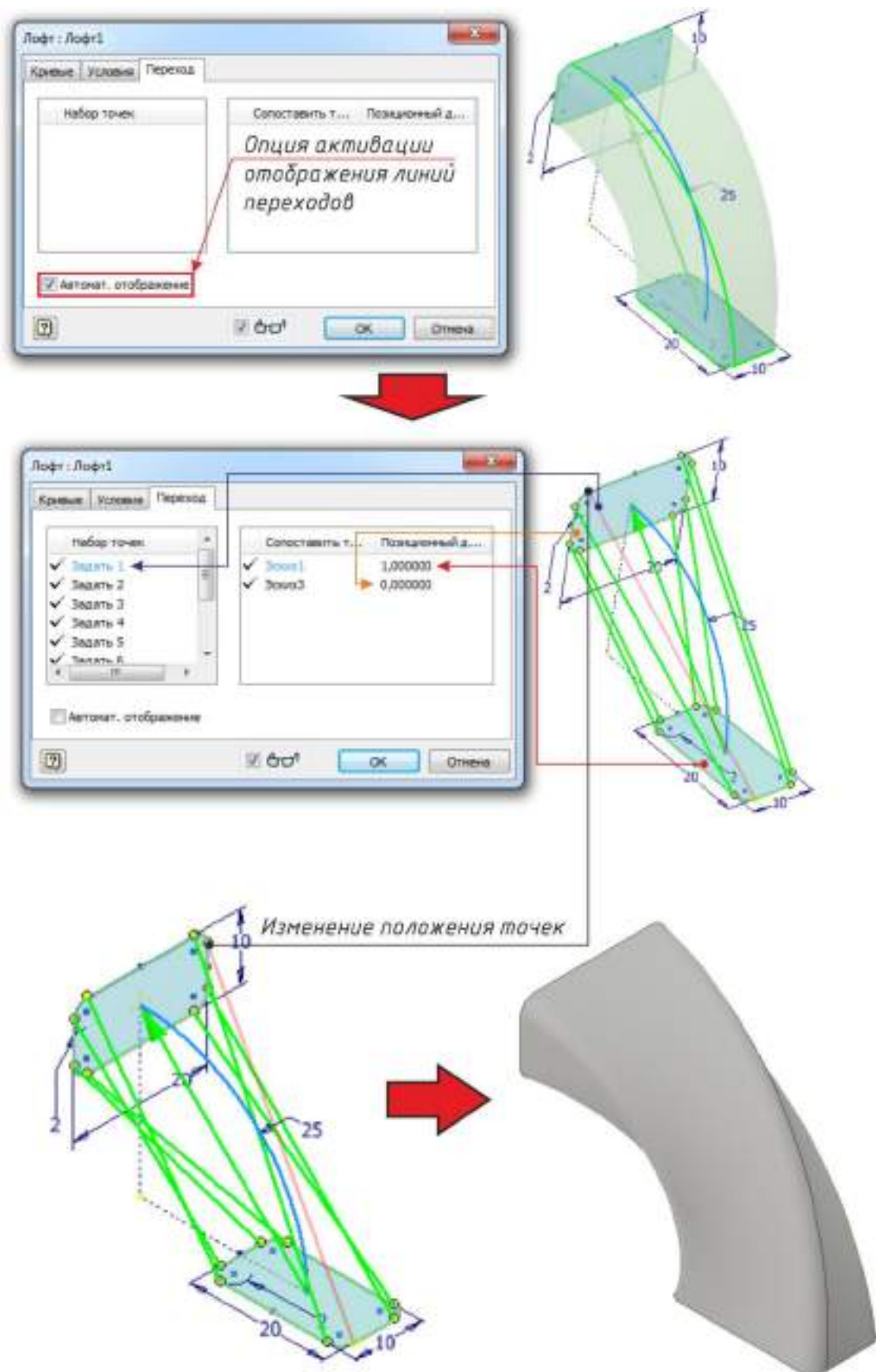


Рисунок 223 – Пример корректировки правил перехода

Корректировка точек переходов осуществляется последовательно путем выбора определенного набора, например, «Задать 1», и изменения значения позиционного допуска, которое может быть введено с клавиатуры или указано мышью на эскизе, наглядная иллюстрация чего показана на рисунке 224.

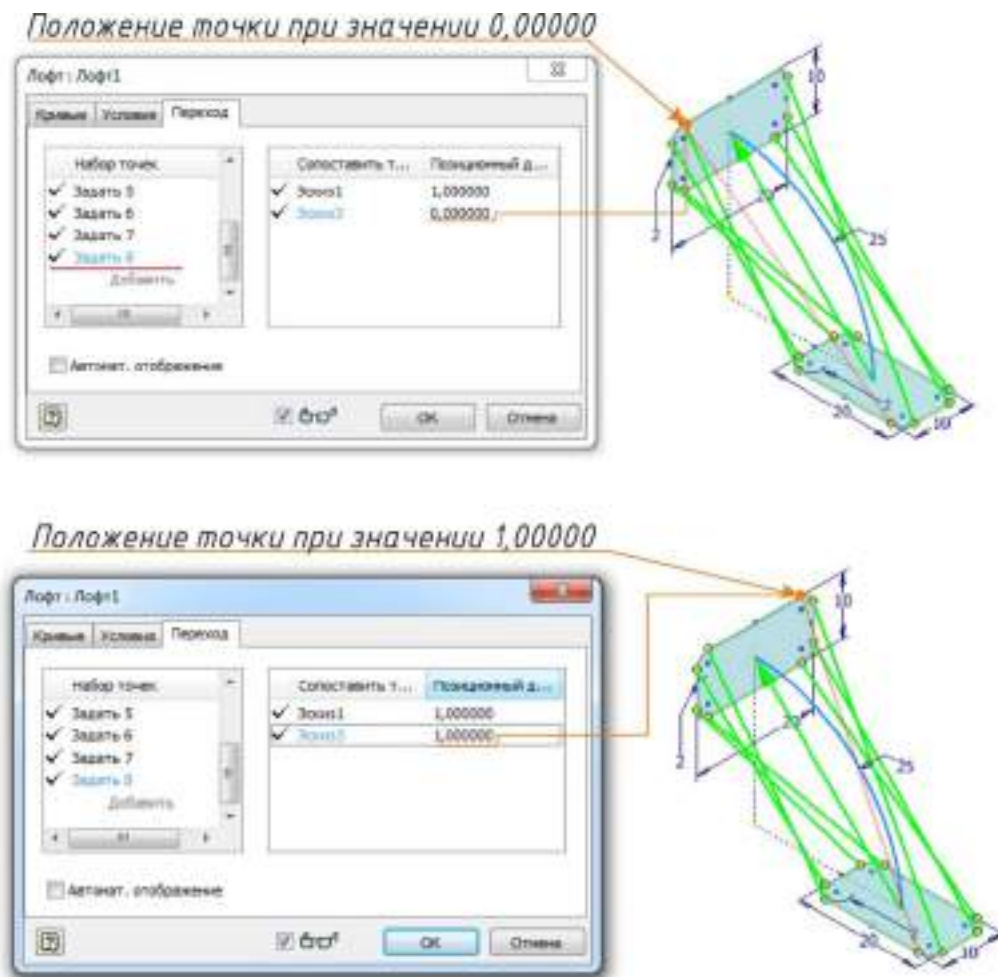


Рисунок 224 – Корректировка точки перехода

Значение допуска от 0 до 1 задает положение точки перехода на отдельно взятом геометрическом примитиве эскиза, для смены которого требуется указание курсором необходимого примитива, и уже последующее позиционирование при помощи ввода точного значения. Так значение 0 соответствует одной конечной точке примитива, а значение 1 другой.

Дальнейшее моделирование детали, представленной на рисунке 219, производится при помощи уже известных операций, результат применения которых представлен на рисунке 225.



Рисунок 225 – Модель детали упор

Помимо рассмотренных возможностей операции «Лофт» существуют и иные настройки, позволяющие производить различные варианты получения тела, например, существует вариант исполнения операции с функционалом для задания фиксированной площади сечения в определенной точке перехода, называемый «Лофт площади», или возможность построения перехода между эскизом сечения и точкой, примеры описанных тел показаны на рисунке 226.



Рисунок 226 – Примеры тел, полученных операциями «Лофт»

Изображенная на рисунке 225 модель упора аналогично модели штуцера имеет множество вариантов построения, например, операция лофта при созда-

нии базового тела, могла быть заменена кинематической операцией общего вида, с настройкой параметра «Закручивание». Данное многообразие подходов к созданию одних и тех же моделей деталей говорит о необходимости рассмотрения вопросов методологии процесса моделирования, которые являются достаточно обширной темой и требует переноса в отдельный блок, который будет рассмотрен несколько позднее.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
2. Определить алгоритм построения.
3. Выполнить построение модели детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Бумага, А. И. Трехмерное моделирование в системе проектирования КОМПАС - 3D : учебно-методическое пособие / А. И. Бумага, Т. С. Вовк. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2019. — 78 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный

ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92355.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Лабораторная работа №15 ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ В СБОРОЧНЫХ МОДЕЛЯХ

Цель работы: Изучение операций создания сборочных моделей и позиционирования деталей в них.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методов построения моделей с сборочных моделей.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять алгоритм построения определенных сборочных моделей.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования функций построения сборочных моделей с полным определением положения ее составных частей.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью построения моделей изделий содержащих более одной детали. Знания, полученные в рамках практического занятия, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Компоновка сборочных 3D-моделей в среде может быть организована различными способами: при помощи нисходящего или восходящего методов проектирования, но в общем виде будет представлять собой следующую последовательность действий, рассмотренную на примере проектирования механических приспособлений:

1. Создание сборочной модели и размещение в ней обрабатываемой детали (подосновы в случае нисходящего проектирования).
2. Моделирование и размещение установочных элементов и зажимных устройств.
3. Моделирование корпусных деталей.

4. Расчет и построение типовых соединений (резьбовых, штифтовых), а также пружин при помощи генераторов.

На начальном этапе работы над приспособлением производится создание сборочной модели, в которой необходимо разместить и зафиксировать модель обрабатываемой детали. В зависимости от метода проектирования возможны различные алгоритмы создания сборочной модели, в самом простом варианте производится создание пустой сборочной модели при помощи функции «Создать».

Далее в созданную сборочную модель осуществляется вставка модели обрабатываемой детали с ее последующей фиксацией. На данном этапе также возможны различные варианты расположения и фиксации детали, однако наиболее быстрым и эффективным методом является вставка с одновременным совмещением систем координат сборочной модели и обрабатываемой детали. Для этого необходимо активировать функцию вставить, расположенную во вкладке «Сборка» (Рисунок 227), и выбрать в появившемся окне необходимую модель, подготовленную и сохраненную предварительно.

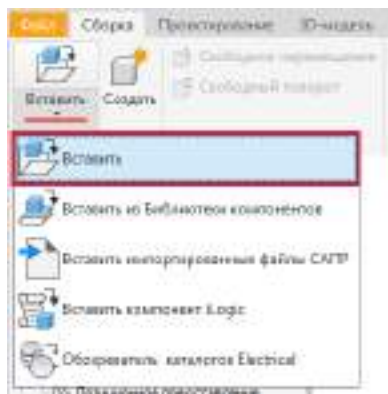


Рисунок 227 – Вставка обрабатываемой детали

Следом за выбором модели в окне вставки, в рабочей области сборочной модели, появится ее полупрозрачное отображение с триадой координат для определения места первоначального расположения (Рисунок 228).

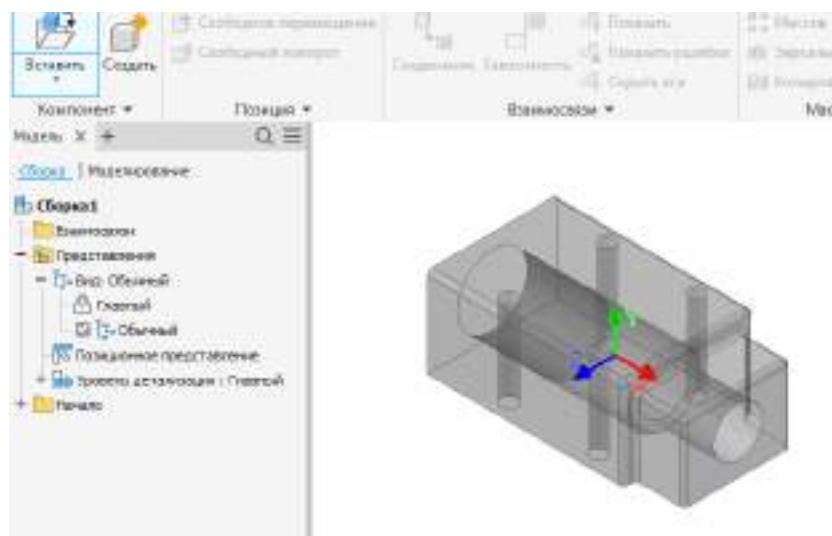


Рисунок 228 – Определение места расположения вставляемой детали

Произвольное расположение осуществляется при нажатии левой клавиши мышки в любой точке рабочей области, но затем последует необходимость либо указания точного расположения при помощи зависимостей или же фиксация модели в произвольной точке, что отнимает дополнительное время и создает некоторые трудности при последующем построении деталей непосредственно в рамках сборочной модели.

Совмещение же координат вставляемой модели и сборки осуществляется при помощи контекстного меню и функции «Совместить системы координат», пример чего показан на рисунке 229.

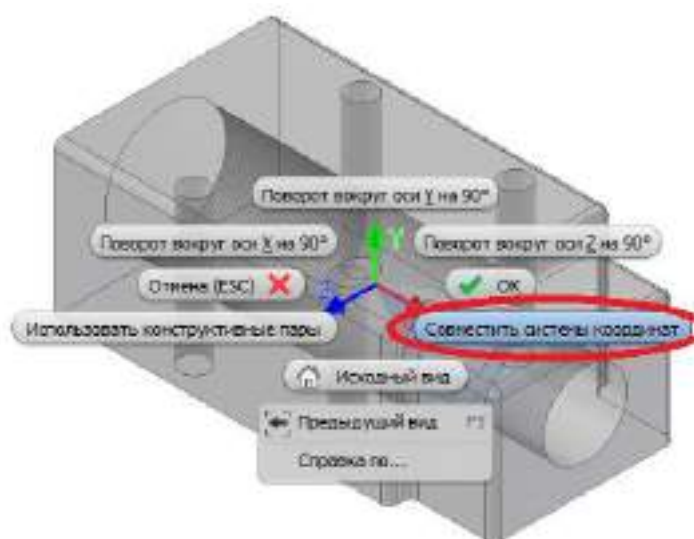


Рисунок 229 – Совмещение систем координат

Результатом работы функции является размещение вставляемой модели в начале координат и ее автоматическая фиксация, о чем свидетельствует иконка в дереве построения модели (Рисунок 230) и отсутствие степеней свободы у вставленной модели. Следует заметить, что работа команды вставки не прекращается и ее необходимо завершить клавишей ESC.

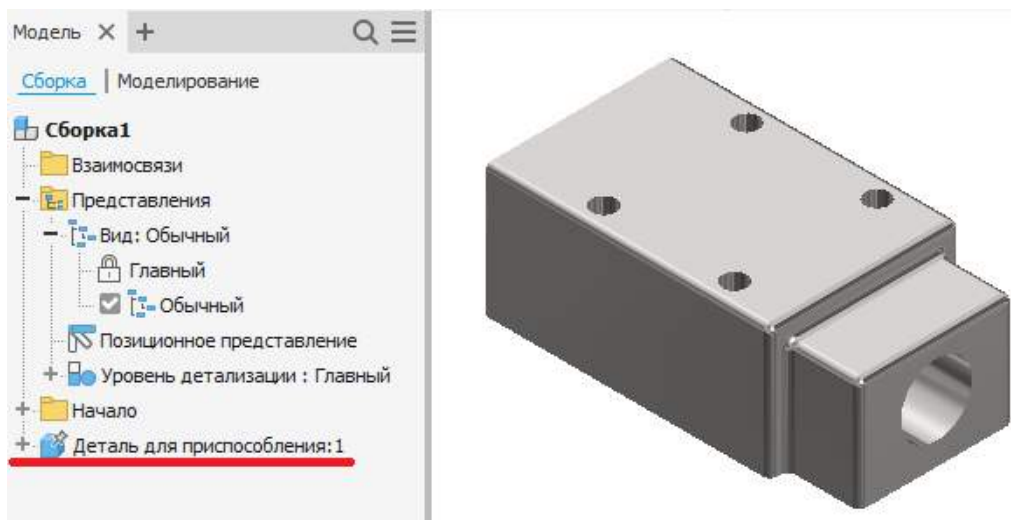


Рисунок 230 – Состояние вставленной модели

Следующим этапом является моделирование и размещение установочных элементов и зажимных устройств на основе принятой схемы установки.

Как правило, конструкторы стремятся использовать в рамках приспособления максимально возможное количество стандартных элементов для увеличения степени унификации конструкции и снижения трудоемкости проектирования и подготовки рабочей документации. В связи с чем сначала производится вставка и размещение стандартных установочных элементов и зажимных устройств, а уже после, опираясь на их геометрию и геометрию обрабатываемой детали производится построение корпуса.

В рассматриваемом примере установочные элементы представляют собой плоскость и два пальца, цилиндрический и срезанный. Пальцы являются стандартными элементами, выполненными в соответствии с ГОСТ 12209-66 и ГОСТ 12210-66 соответственно, а их вставка осуществляется из указанной выше библиотеки.

Для этого производится активации функции «Вставить из библиотеки компонентов» (Рисунок 227), после чего перед пользователем открывается окно редактора библиотек (Рисунок 231), в котором производится поиск необходимого семейства элементов.

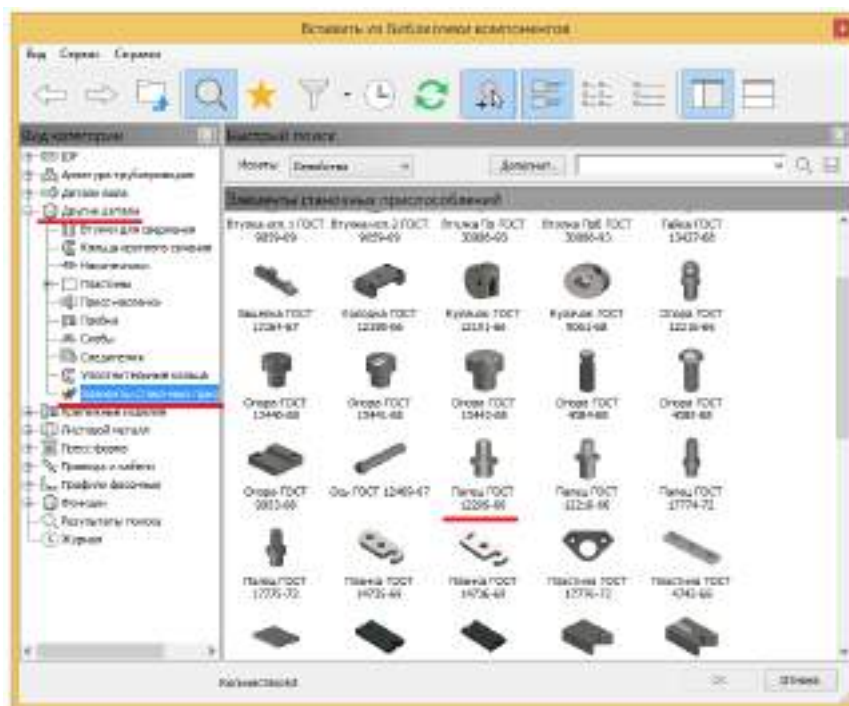


Рисунок 231 – Редактор библиотек

Поиск в библиотеки компонентов может осуществляться при помощи области навигации в левой части окна, или же при помощи ввода имени стандарта в поле «Быстрый поиск». Выбор необходимого для вставки элемента выполняется двойным нажатием левой кнопки мыши по его иконке или имени семейства, в результате чего перед пользователем открывается окно со свойствами семейства, в котором необходимо определить требуемые размеры вставляемого элемента. Пример окна с указанными параметрами пальца цилиндрического ГОСТ 12209-66 представлен на рисунке 232.

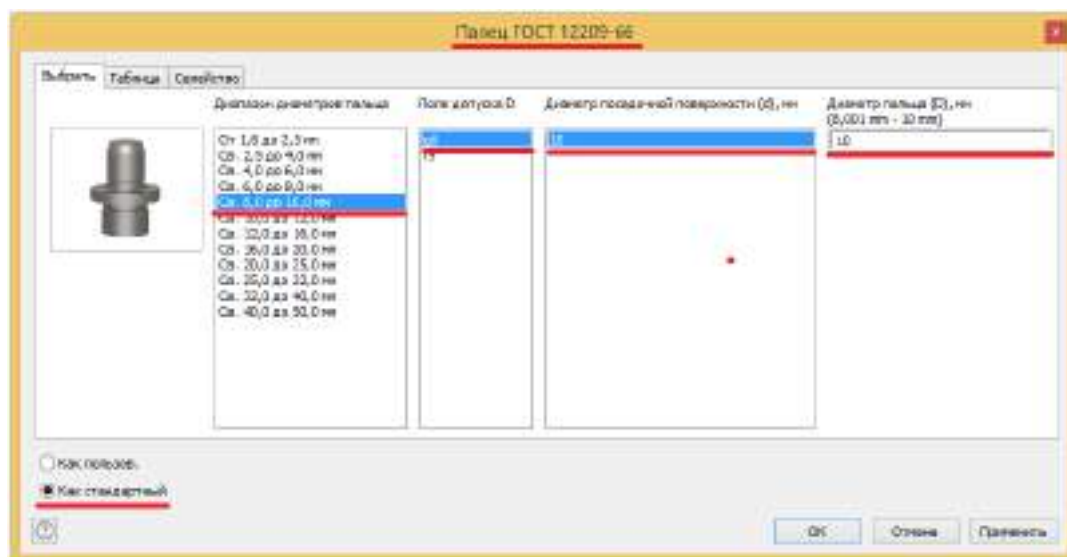


Рисунок 232 – Определение свойств семейства

Нажатие кнопки «ОК» приведет к закрытию окна и появлению полупрозрачной модели пальца в рабочей области сборочной модели. Размещение пальца на начальном этапе производится в произвольной точке.

Вставленная модель пальца, как и любая модель, вставленная в произвольную точку сборки, обладает 6 степенями свободы (перемещение вдоль осей X, Y, Z и вращение вокруг них же), пример чего показан на рисунке 233.

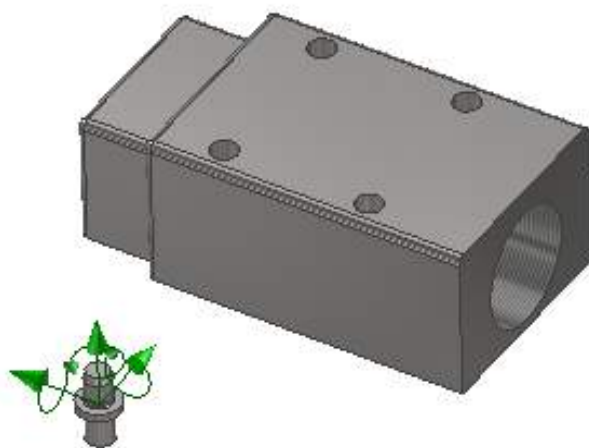


Рисунок 233 – Степени свободы модель

Ограничение подвижности вставленной модели осуществляется при помощи функций «Соединение» или «Зависимость», расположенных во вкладке «Сборка» (Рисунок 234) в полном соответствии с положениями теории базирования, изложенными в стандарте ГОСТ 21495-76.

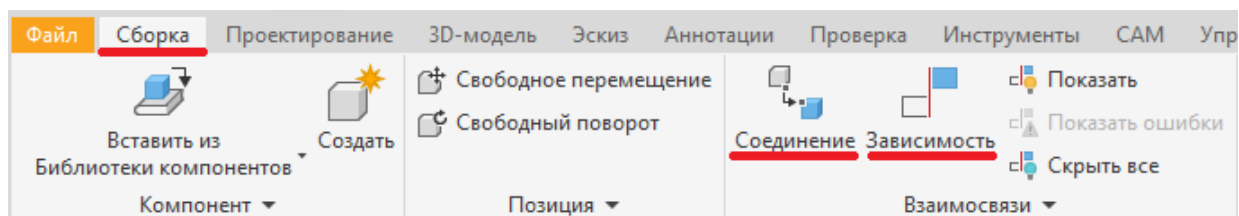


Рисунок 234 – Функции определения положения модели

Рассмотрим процесс определения положения пальца цилиндрического на примере использования сборочных зависимостей, которые позволяют ограничить до 6 степеней свободы за одну операцию. Ось цилиндрического пальца необходимо совместить с осью одного из 4 отверстий диаметром 10 мм (4 степени свободы), после чего определить положение от торца пальца до установочной плоскости обрабатываемой детали (1 степень свободы) и зафиксировать угловое положение (1 степень свободы). Выполнить данное действие можно при помощи двух зависимостей: «Вставка», с указанием смещения торца пальца от плоскости и фиксацией углового положения, пример чего показан на рисунке 235, и «Совмещение» для совмещения плоскостей срезанного пальца и цилиндрического, чего требует схема базирования.

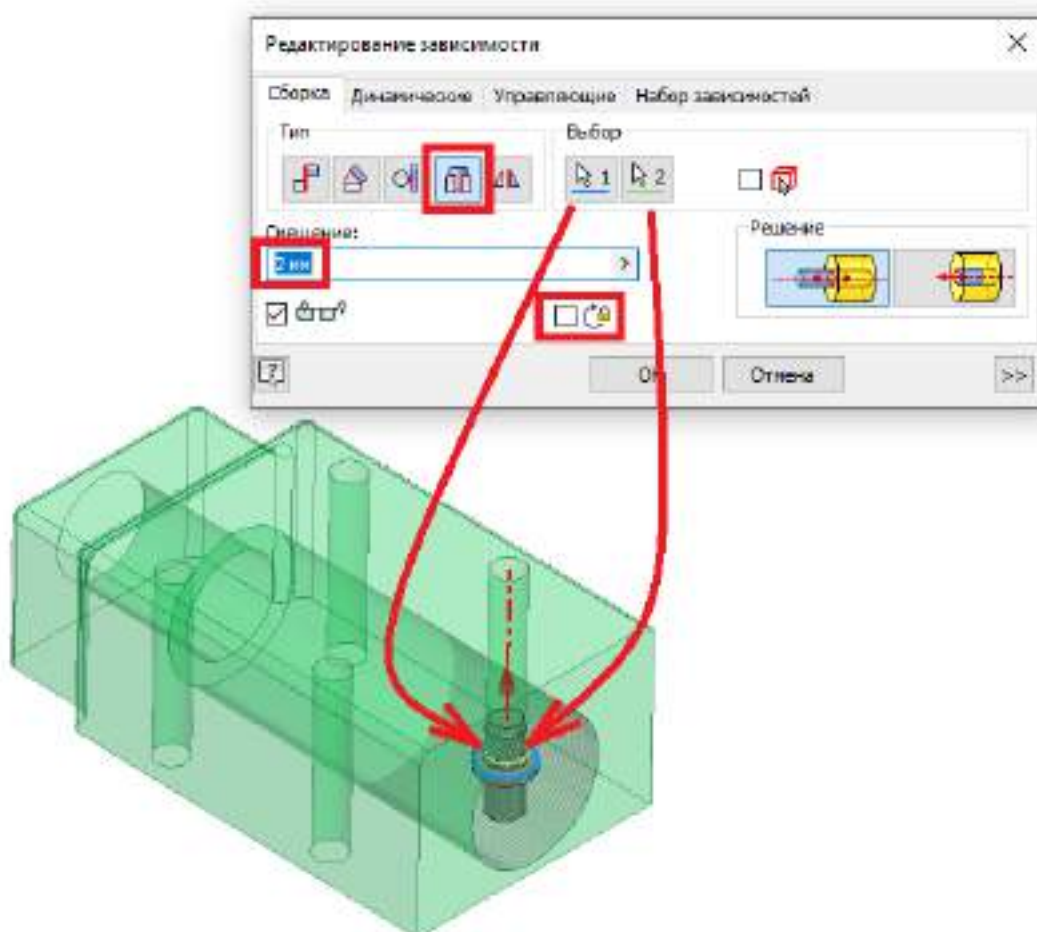


Рисунок 235 – Зависимость вставка

Создание зависимостей приводит к появлению в дереве построения сборочной модели соответствующего элемента (Рисунок 236), который можно отредактировать, подавить или же удалить в любой момент.

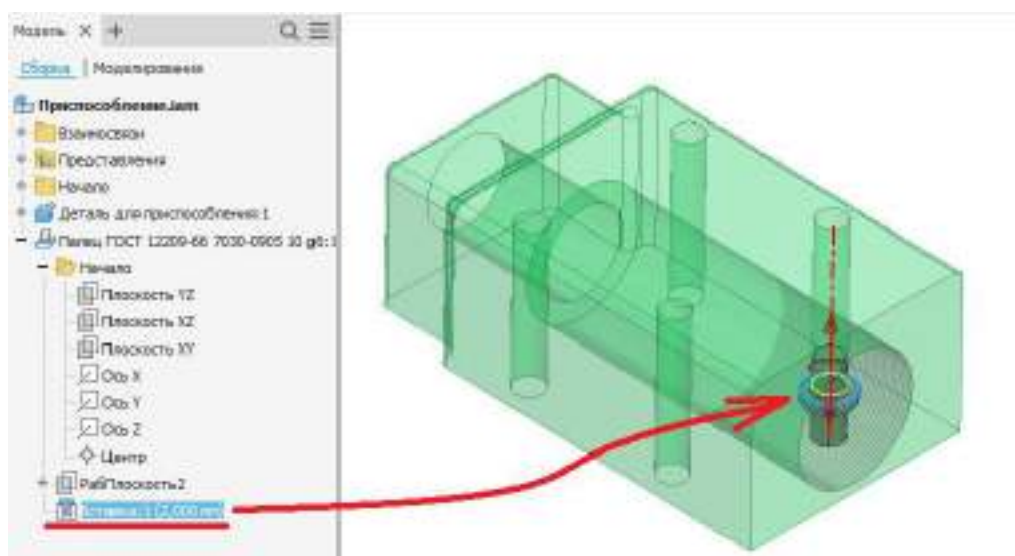


Рисунок 236 – Дерево построений после создания зависимости

Алгоритм действий при создании зависимости следующий:

1. Активируется команда «Зависимость».
2. Производится выбор типа сборочной зависимости (Совмещение; Угол; Касательность; Вставка; Симметрия).
3. Для выбранного типа производится определение взаимодействующих элементов (поверхности, ребра, вершины).
4. Определяется смещение элементов относительно друг друга.
5. Определяются дополнительные параметры зависимости.

Количество степеней свободы, ограничиваемых сборочными зависимостями, зависит от последовательности их применения и выбранных элементов моделей в качестве ограничения. Так, зависимость совмещение может ограничивать от 1 до 4 степеней; угловая 1 степень; касательность от 1 до 2; вставка от 5 до 6. Например, последовательное применение трех совмещений между плоскостями приведет к лишению тела 6 степеней свободы в следующей последовательности 3 (2 вращения и 1 перемещение); 2 (1 вращение и 1 перемещение); 1 (1 перемещение), пример чего продемонстрирован на рисунке 237.

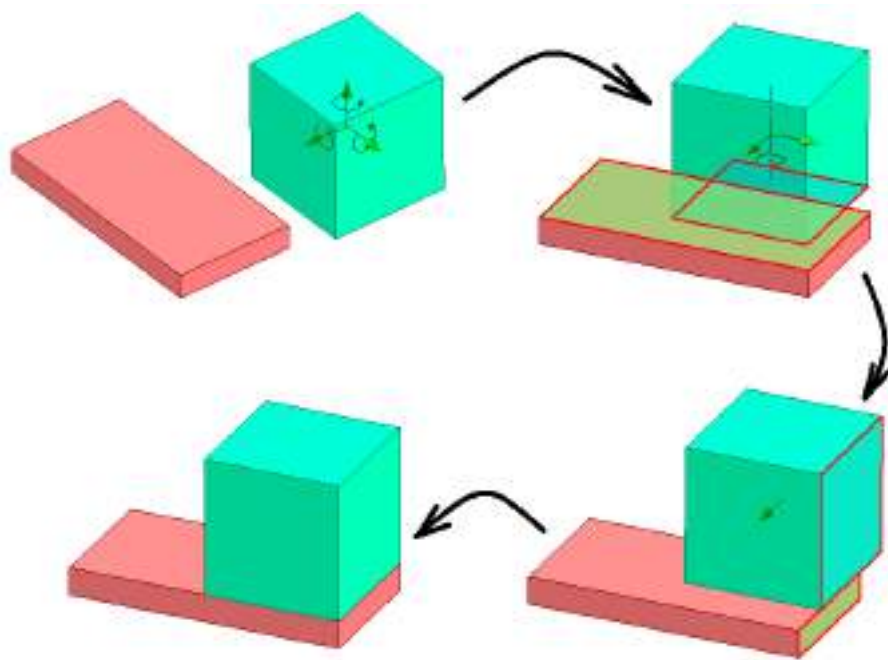


Рисунок 237 – Изменение степеней свободы при создании зависимостей

Далее производится вставка срезанного пальца и ограничение его подвижности аналогичной зависимостью «Вставка», после чего необходимо применить зависимость сопряжения, ограничениями для которой станут базовые плоскости срезанного и цилиндрического пальцев таким образом, чтобы реализовать диагональ между осями отверстий. Пример совмещения базовых плоскостей пальцев представлен на рисунке 238.

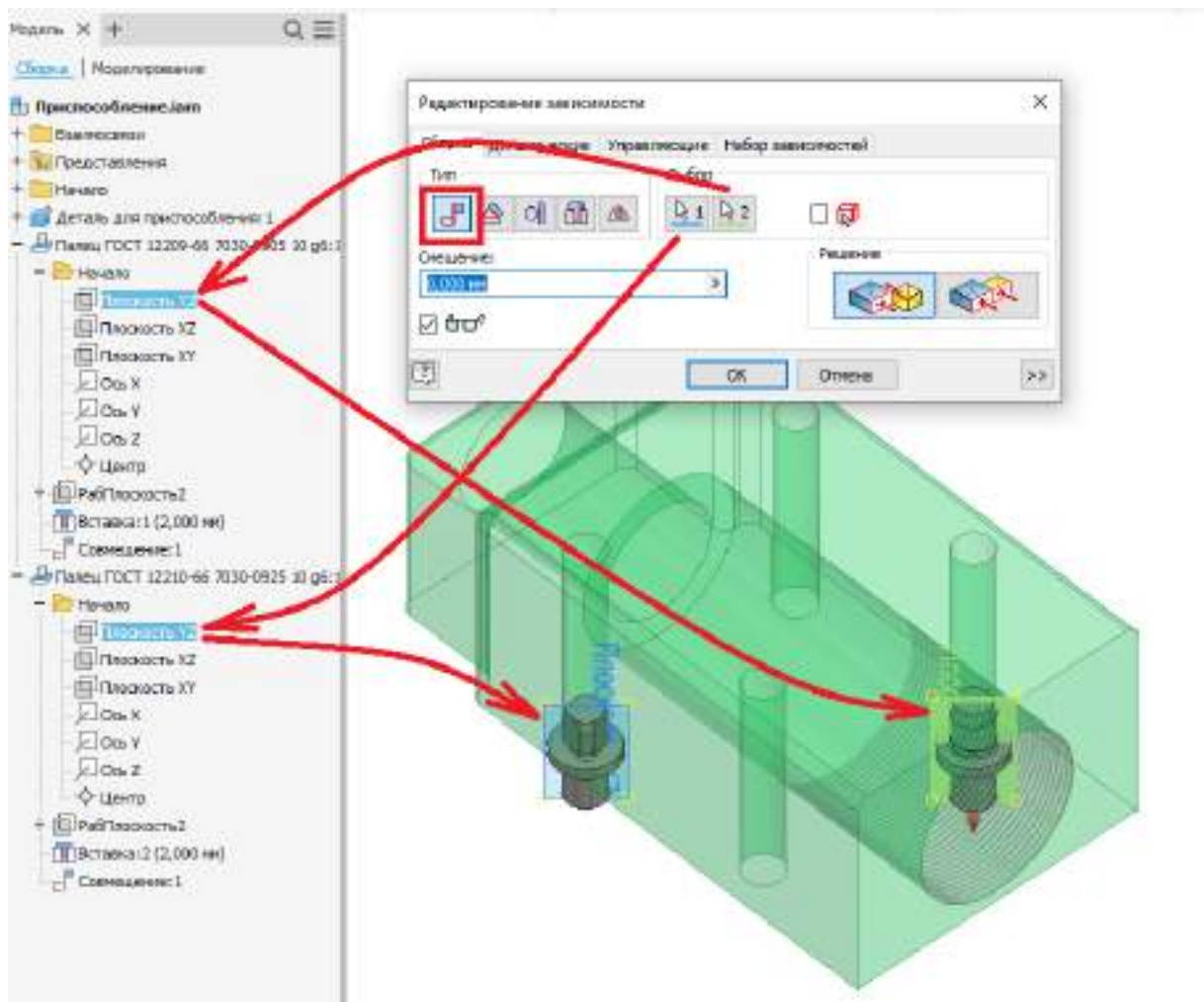


Рисунок 238 – Совмещение плоскостей пальцев

Прим помощи показанного комплекта зависимостей реализуется возможность автоматической корректировки угла поворота пальцев при изменении геометрии обрабатываемой детали, что в свою очередь позволяет производить перестроение конструкции приспособления и его параллельную разработку до окончания работ по проектированию обрабатываемой детали.

Остальные стандартные детали вставляются аналогичным образом, набор необходимых зависимостей определяется пользователем из условия необходимости и достаточности для описания расположения элементов в неподвижном или подвижном состоянии.

Пример приспособления с размещенными установочными элементами и зажимным устройством показан на рисунке 239.

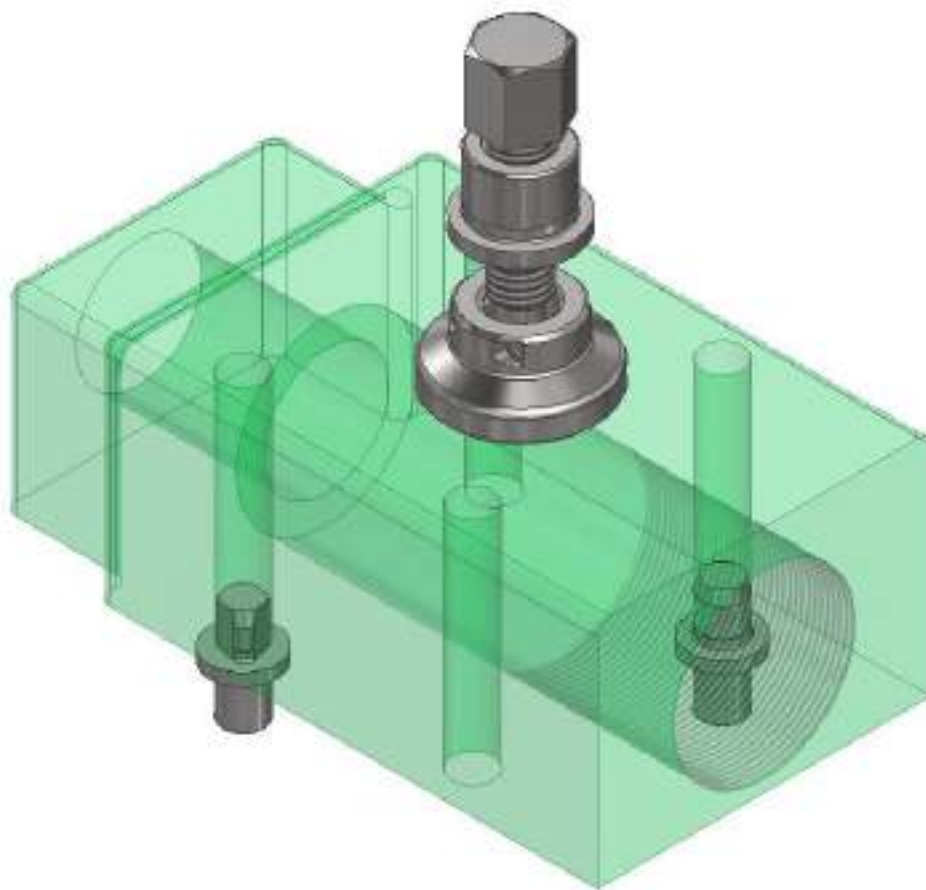


Рисунок 239 – Пример расположения элементов приспособления

Геометрия сборочной модели, полученная в результате размещения стандартных элементов, является основой для проектирования корпусных элементов приспособления, при помощи адаптивной связи.

Кроме того, использование стандартных элементов позволяет выполнить модель приспособления более стабильной за счет возможности изменения раз-

меров установочных элементов и зажимных устройств без потери связей с остальными деталями.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
2. Используя модели, представленные в папке «Проект Змейки», смоделировать фигуры, указанные в таблице.
3. При моделировании использовать по 12 моделей четных и нечетных блоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Бумага, А. И. Трехмерное моделирование в системе проектирования КОМПАС - 3D : учебно-методическое пособие / А. И. Бумага, Т. С. Вовк. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2019. — 78 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92355.html> (дата обращения: 05.01.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Лабораторная работа №16 СОЗДАНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

(Работа проводится в интерактивной форме)

Цель работы: Изучение операций создания ассоциативных чертежей деталей.

Знания, приобретаемые студентами в результате освоения темы: методов построения ассоциативных чертежей.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: умения применять алгоритм построения ассоциативных чертежей.

Владения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: навыками использования функций создания ассоциативных чертежей.

Формируемые компетенции: ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью выпуска конструкторской документации ассоциативно связанной с моделями деталей. Знания, полученные в рамках практического занятия, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Завершающим этапом работы над приспособлением является оформление комплекта конструкторской документации, работа над которой начинается с создания и оформления сборочного чертежа приспособления и спецификации к нему.

Построение чертежей в системе выполняется на основе автоматизированного решения прямой задачи начертательной геометрии, а именно - проецирования геометрии трехмерной модели на какую-либо плоскость с последующим созданием разрезов, сечений, дополнительных видов и нанесением на полученную геометрию размеров и иной необходимой информации.

Алгоритм создания чертежа представляет собой следующую последовательность действий:

1. Определение формата чертежа и вида основной надписи.
2. Выбор и размещение базового вида.
3. Создание проекционных видов.
4. Построение разрезов, сечений и дополнительных видов.
5. Нанесение аннотаций на виды чертежа (осевых линий, размеров, допусков формы и расположения, технических требований и характеристик, позиций спецификации).

Так, на первом этапе сразу после создания файла чертежа перед пользователем открывается рабочее пространство с соответствующим набором вкладок и предустановленным шаблоном, в котором как минимум необходимо изменить формат и вид основной надписи под конкретную задачу. Осуществляется данное действие при помощи функции «Форматы», расположенной во вкладке «Пояснение (ESKD)» (Рисунок 240). В случае если вкладка «Пояснение (ESKD)» отсутствует необходимо ее подключить. Для этого необходимо перейти ко вкладке «Инструменты» и активировать функцию «Надстройки», а в открывшемся окне найти модуль «Поддержка ESKD» и активировать его загрузку в рамках текущей сессии и автоматическую загрузку для дальнейшей работы, пример чего показан на рисунке 241.

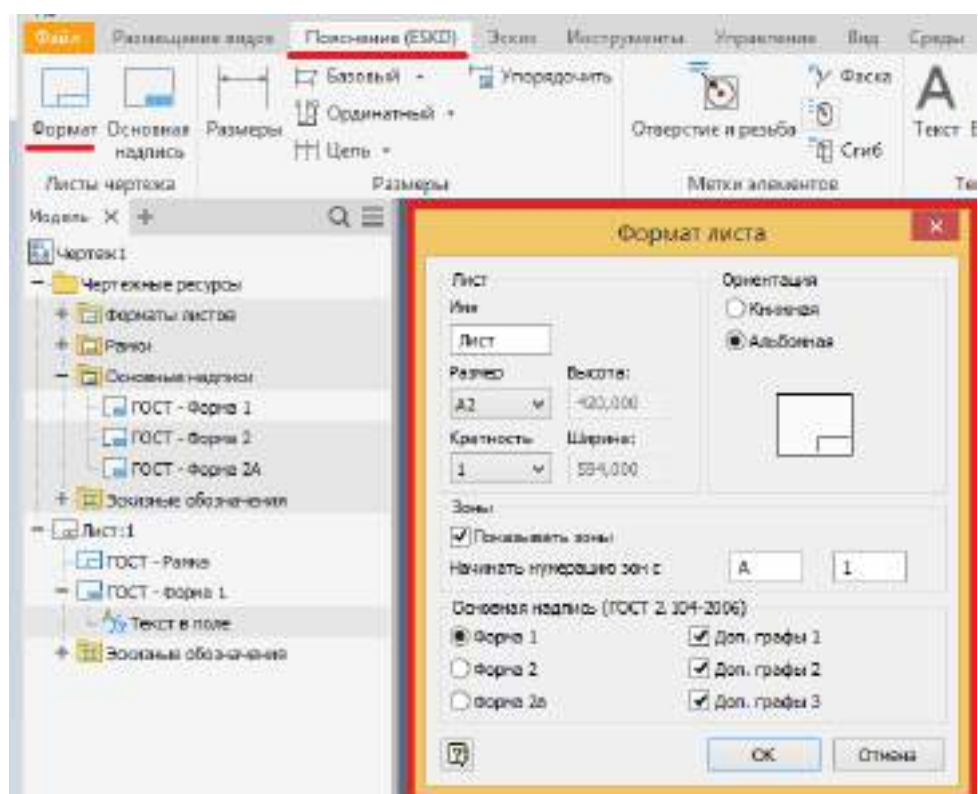


Рисунок 240 – Изменение формата листа

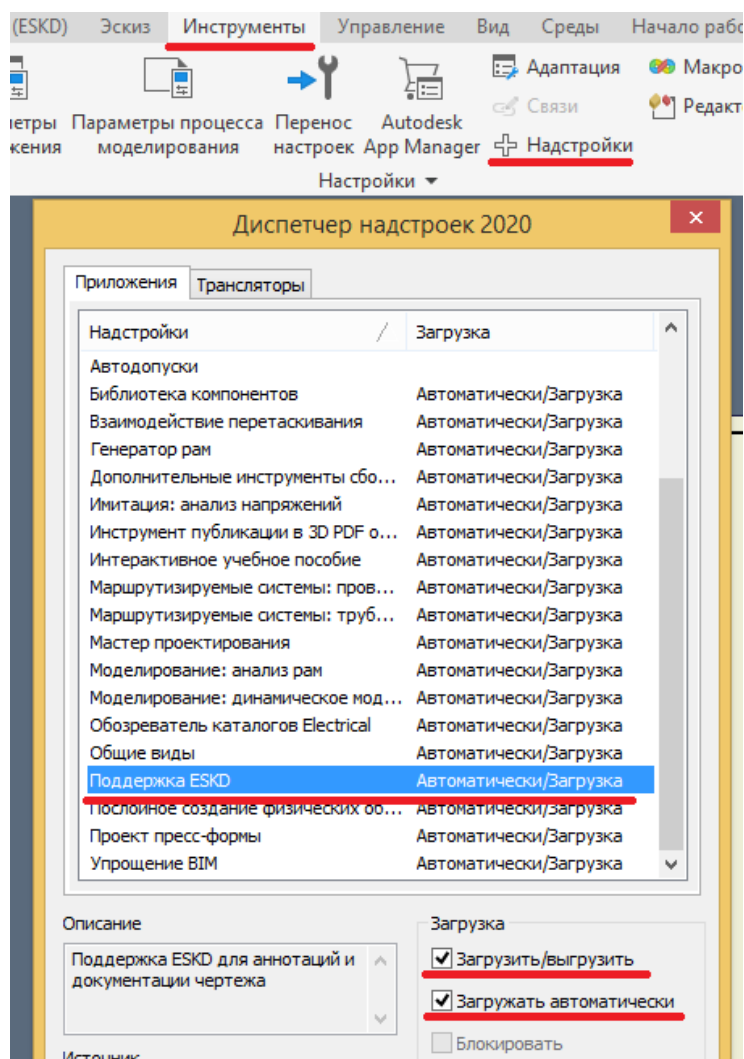


Рисунок 241 – Подключение модуля ESKD

После настройки формата выполняется расположение базового вида, по отношению к которому будет создаваться остальная геометрия. Для этого пользователю необходимо перейти ко вкладке «Размещение видов» и активировать функцию «Базовый». В случае, если в момент активации функции «Базовый» в системе открыта модель приспособления, произойдет автоматическое создание вида с нее, пользователю останется выбрать конкретный вид для создания при помощи видового куба, указать масштаб вида, определить стиль отображения вида, и состояние модели, если реализовано несколько позиционных представлений, в противном случае пользователю потребуется указать модель, с которой необходимо получить геометрию. Пример настройки базового вида для рассматриваемого приспособления показан на рисунке 242. Завершается работа

по созданию вида нажатием кнопки «ОК», пример созданного вида показан на рисунке 243.

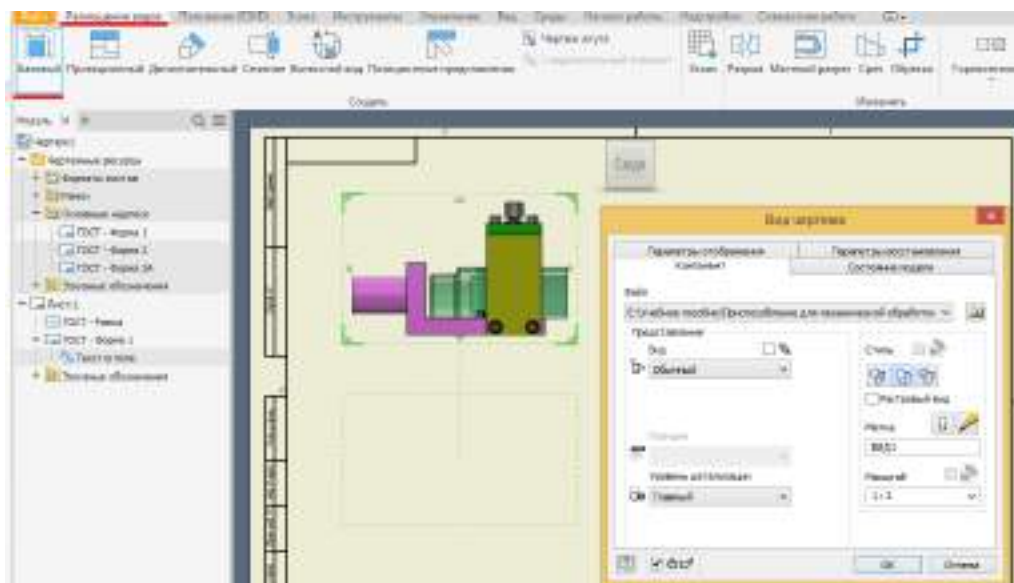


Рисунок 242 – Создание базового вида

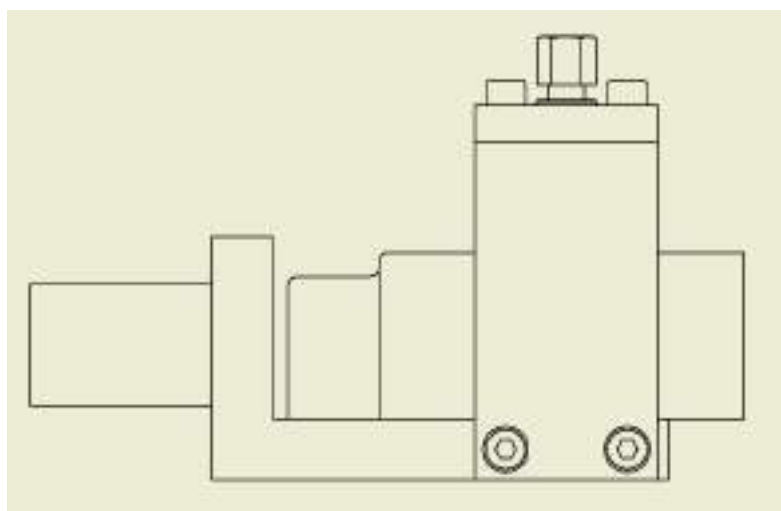


Рисунок 243 – Результат создания вида

На следующем этапе пользователь создает проекционные или дополнительные виды, если таковые необходимы. Выполняется данное действие при помощи одноименной функции, после активации которой пользователь указывает вид, с которого создается проекционный и расположение создаваемого вида (Рисунок 244).

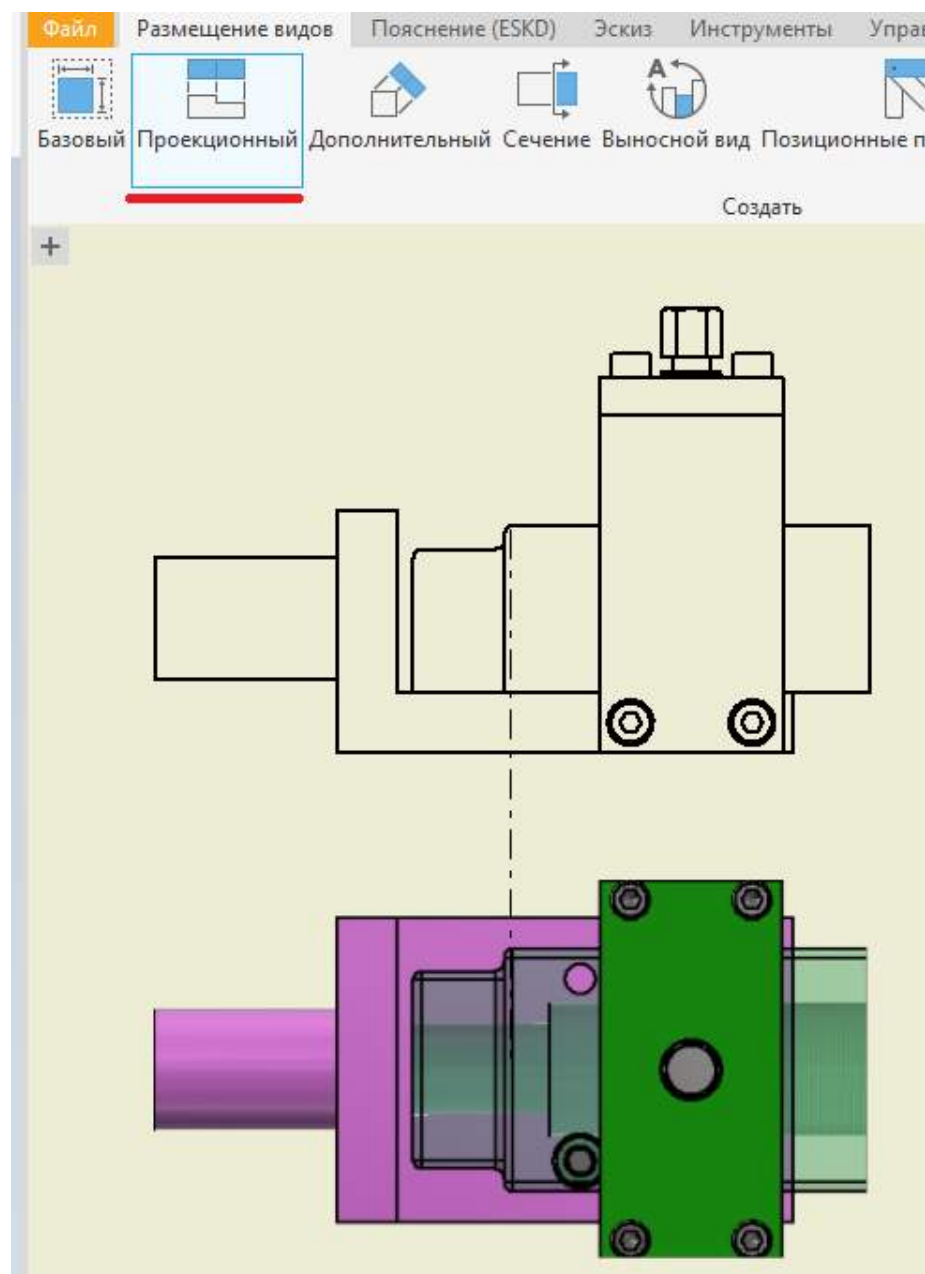


Рисунок 244 – Создание проекционного вида

Важно отметить, что после размещения одного проекционного вида команда не прекращает работу, а пользователь может продолжить создание новых видов. Завершение работы с командой осуществляется при помощи функции «Готово» в контекстном меню.

На следующем этапе осуществляется работа с созданными видами, например, создание местных разрезов для демонстрации конструкции приспособления.

Большинство операций, связанных с манипуляциями над видами, такими как создание местных разрезов, сечений, особенно сложных, обрезки вида и т. д. требуют наличия эскиза с ограничениями для выполняемой операции.

Рассмотрим процесс построения местного разреза на базовом виде, пример которого показан на рисунке 245.

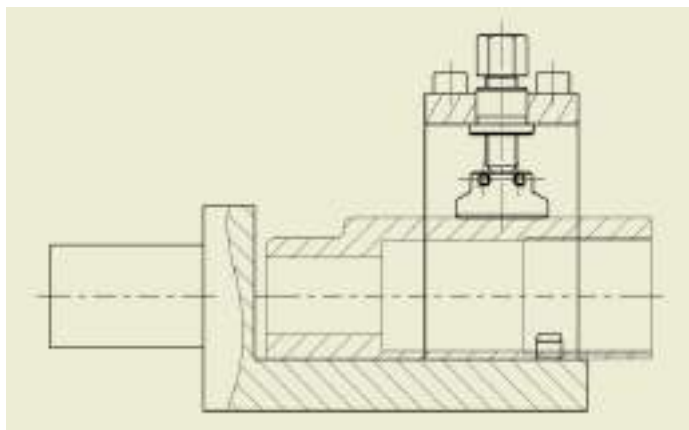


Рисунок 245 – Пример местного разреза

Для создания местного разреза необходимо построить на виде эскиз с замкнутой областью. Создание эскиза, связанного с видом, производится при помощи функции «Создать эскиз» расположенной во вкладке «Пояснение (ESKD)», после активации которой необходимо указать вид для привязки эскиза.

Требования к эскизу с замкнутой областью полностью соответствуют требованиям к обычным эскизам, используемым при построении трехмерных моделей. Основным из требований является определение геометрии эскиза. Пример эскиза для местного разреза показан на рисунке 246

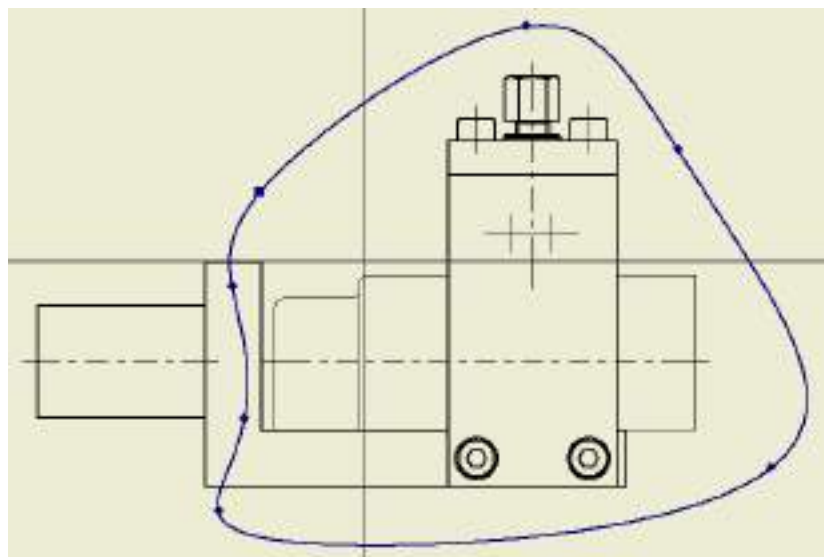


Рисунок 246 – Основа для местного разреза

По завершению работы с геометрией производится выход из режима построения эскиза и создание местного разреза при помощи одноименной функции, пример чего продемонстрирован на рисунке 247

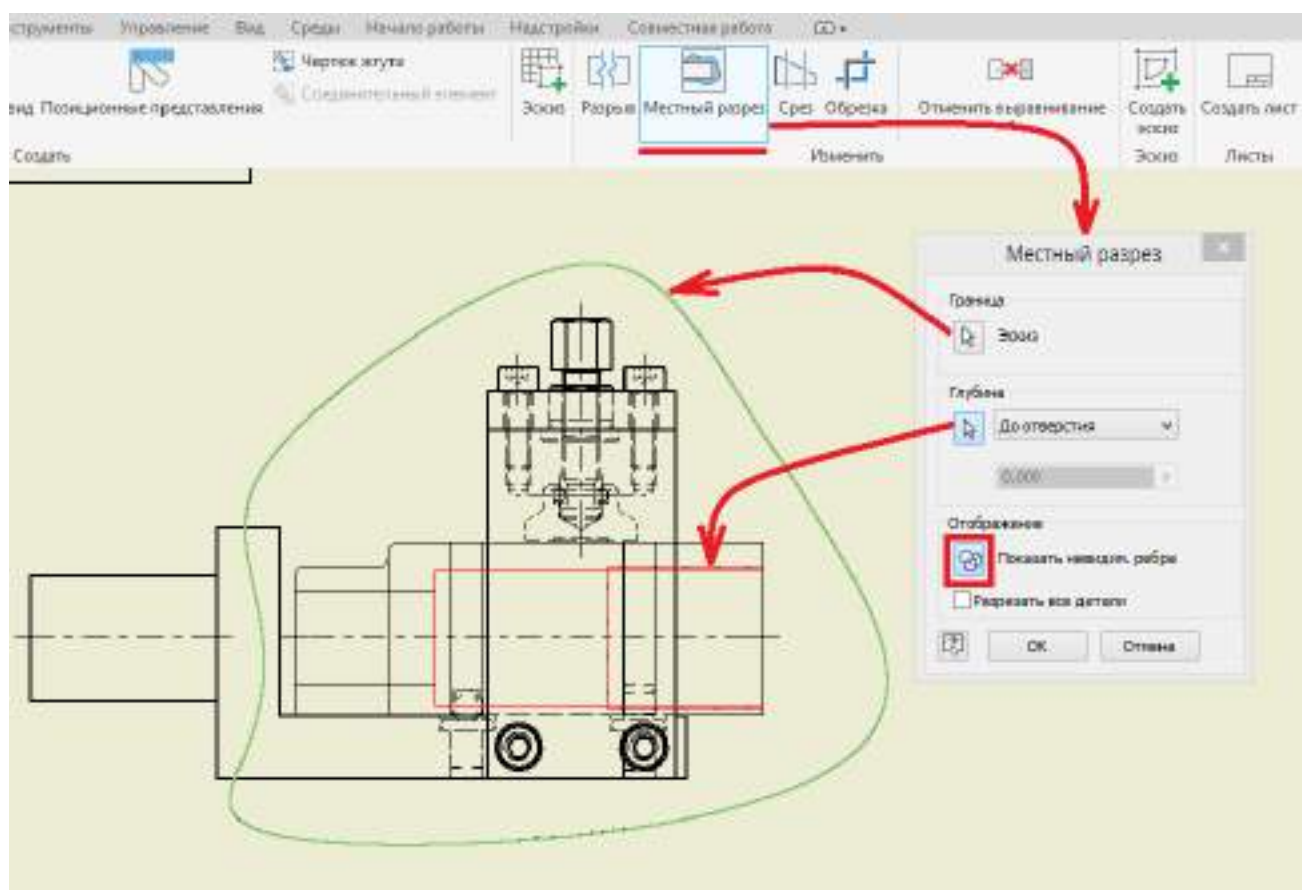


Рисунок 247 – Создание местного разреза

После создания разреза производится окончательная настройка вида. К таковой относится придание необходимых свойств отдельным деталям. Например, стандартные детали по умолчанию не разрезаются, и те, которые оказались перед плоскостью местного разреза, не теряют автоматически своей видимости (Рисунок 248), их скрытие производится вручную.

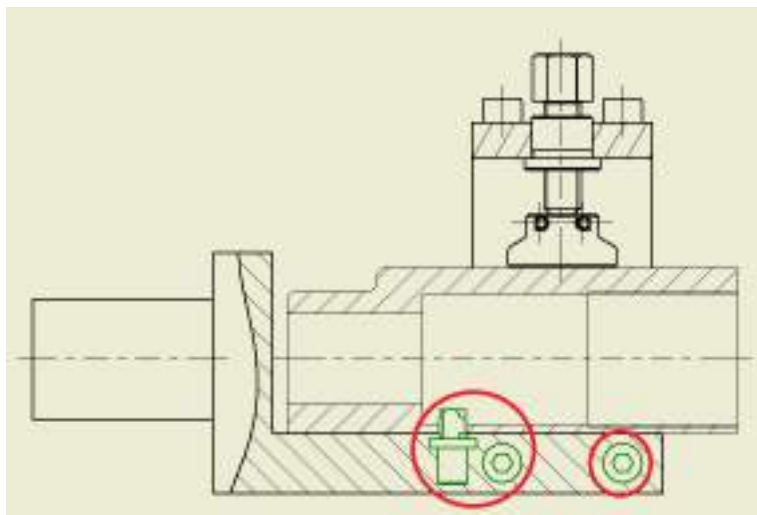


Рисунок 248 – Неточности выполнения команды

Для этого необходимо перейти к режиму выделения деталей (Рисунок 249), выделить в рабочей области требуемую деталь и скрыть ее видимость при помощи контекстного меню (Рисунок 250).

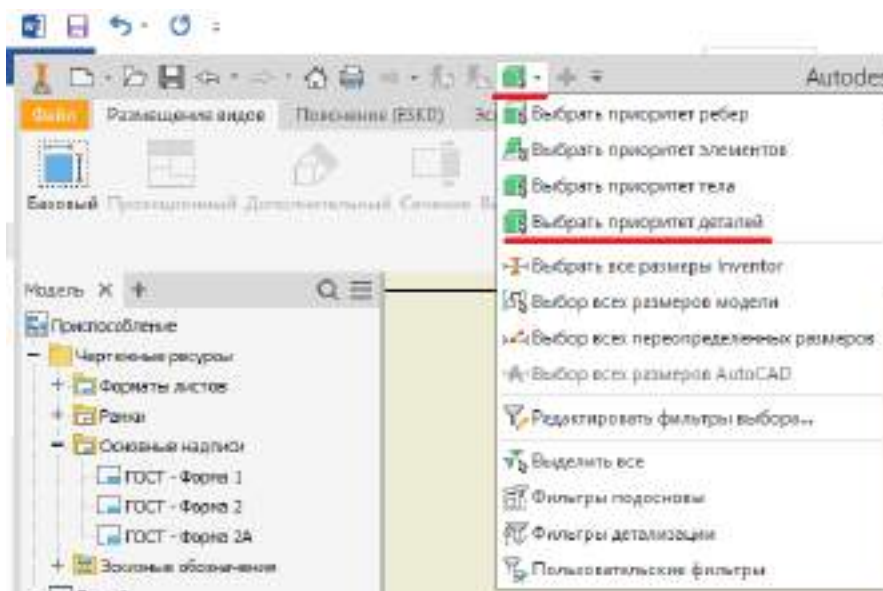


Рисунок 249 – Режимы выбора геометрии

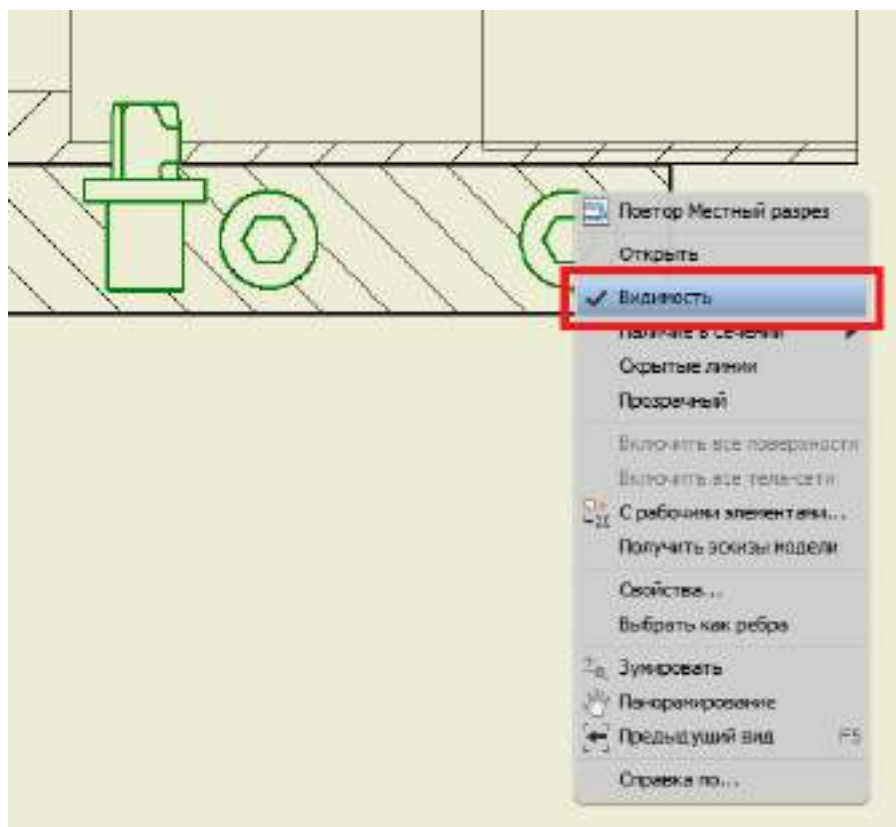


Рисунок 250 – Скрытие деталей

В том же режиме выделения при помощи контекстного меню производится изменение настроек для остальных деталей до состояния, показанного на рисунке 245. К ним относится изменение прозрачности и толщины линий обрабатываемой детали, включение в разрез стандартных деталей.

В завершении работы над чертежом производится нанесение аннотаций (осевых линий, размеров, допусков формы и расположения, технических требований и характеристик, позиций спецификации). Данные действия выполняются при помощи инструментария, расположенного во вкладке «Пояснение (ESKD)».

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Выполнить анализ выданного преподавателем задания.
2. Используя предоставленную преподавателем 3D-модель детали, и пример ее чертежа построить собственный рабочий чертеж.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>
2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>
4. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>
5. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические рекомендации
по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «3-D моделирование»
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Ставрополь 2026

Печатается по решению
Учебно-методического совета
Северо-Кавказского федерального университета

3-D моделирование / сост. Р.В. Герасимов. Ставрополь: Изд-во СКФУ,
2026. – 40 с.

В методических указаниях к организации самостоятельной работы, составленных в соответствии с требованиями ФГОС ВО, основное внимание уделено изучению систем автоматизированного проектирования и автоматизации проектной деятельности с их использованием.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки **15.03.05** Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (направленность (профиль) «Технология машиностроения»), квалификация выпускника – бакалавр.

УДК

Составитель:

доцент департамента ФМиИК Герасимов Р.В.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент М.А. Шпак
начальник отдела опытно-конструкторских работ
ОА «Электровтоматика» Горячий И.В.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В представленных методических рекомендациях основное внимание уделено самостоятельному изучением материалов по системам автоматизированного проектирования среднего уровня, вопросам параметризации и создания трехмерных параметрических твердотельных моделей

Целью изучения дисциплины является формирование набора профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Общая характеристика самостоятельной работы	7
2 План-график выполнения самостоятельной работы	9
3 Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	100
Список рекомендуемой литературы	39

Введение

В настоящее время все больше компаний для повышения конкурентоспособности переходят от двухмерного проектирования к трехмерному. Трехмерное проектирование деталей позволяет существенно сократить как сроки подготовки технической документации, так и сроки самого процесса проектирования, а также повысить его качество. Как правило, в качестве систем трехмерного проектирования используются системы автоматизированного проектирования среднего уровня.

Несмотря на широчайшее распространение САПР низшего уровня, при помощи которых выполняется около 70 процентов всех проектных работ, системы автоматизированного проектирования среднего уровня набирают все большую популярность. Данные системы по своим возможностям и функционалу все сильнее напоминают системы высшего уровня, но при этом в удобстве использования намного их превосходят, и хотя полностью охватывают функционал систем низшего уровня, уступают им по простоте интерфейса.

Говоря о твердотельном моделировании, как в машиностроении так и в любой другой сфере проектирования, необходимо прежде всего понимать, что данный термин является сокращением от трехмерного твердотельного параметрического моделирования и является весьма отстраненным понятием по отношению к термину «Трехмерное моделирование».

Создание параметрических моделей заложено в саму идеологию систем автоматизированного проектирования среднего и высшего уровней, а параметрическое описание объектов является базой для всего последующего процесса проектирования.

На сегодняшний день, системы автоматизированного проектирования поддерживают параметризацию, которую можно разделить на несколько групп: табличную, иерархичную, вариационную и геометрическую, которые в зависимости от конкретной САПР представлены в той или иной форме, но

практически всегда находящие отражение в функционале системы.

Процесс параметрического моделирования представляет собой- процесс описания конструктором математической модели объекта с различными параметрами, например, геометрическими, размерными, логическими и другими, изменение которых ведет к изменению конфигурации детали или сборки. Данное свойство позволяет решать сразу множество проблем при проектировании новых изделий, тем самым, снижая стоимость разработки и увеличивая жизненный цикл изделия.

Понимание принципов построения трехмерных твердотельных моделей позволит конструктору использовать в своей деятельности любые доступные в настоящий момент инструменты из создания, к которым относятся системы автоматизированного проектирования. Знание же инструментов создания твердотельных моделей и технологии их эффективного использования позволит существенно сократить как время разработки, так и переход между системами автоматизированного проектирования различных производителей.

1 Общая характеристика самостоятельной работы

Цель: Целью изучения дисциплины «3-D моделирование» является формирование набора профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с системами автоматизированного проектирования среднего уровня;
- изучение методов построения твердотельных трехмерных моделей деталей и механизмов;
- приобретение навыков использования систем автоматизированного проектирования среднего уровня в профессиональной деятельности.

Цели и задачи самостоятельной работы: Самостоятельная работа направлена на решения ряда задач, к которым относятся:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов:
- творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Актуальность: Повсеместный переход промышленных предприятий от двухмерного проектирования к трехмерному обуславливает необходимость изучения принципиальных подходов к проектированию изделий. Знания по-

лученные в рамках изучения дисциплины необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

Виды самостоятельной работы

Радочей программой по дисциплине 3-D моделирование предусмотрено самостоятельное изучение материалов по темам практических работ. Для успешного выполнения данного вида работ, необходимо самостоятельно детально изучить материалы по представленным темам по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Подготовка к лекциям	1, 2	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4
2	Подготовка к практическим занятиям	1, 2	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4
3	Самостоятельное изучение литературы	1, 2	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4
4	Выполнение расчетно-графической работы	1, 2	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4
5	Подготовка к экзамену	1, 2	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4

При изучении материалов по каждой теме необходимо составить краткий конспект наиболее важной информации.

Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе студентов относится подготовка к практическим занятиям по результатам которой студент представляет отчет преподавателю и проходит собеседование. Отчет за практическую работу представляет собой чертеж или трехмерную модель.

При самостоятельной подготовке к практическому или лабораторному занятию студент:

- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ;
- изучает информационные материалы;
- подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями.

В результате выполнения указанных видов самостоятельной работы происходит формирование профессиональных компетенций представленных ниже:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-6. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-2 _{ОПК-6} Применяет средства информационных, компьютерных и сетевых технологий, прикладное программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности	Знает и применяет на практике инструментарий систем автоматизированного проектирования (CAD/CAE-систем) среднего уровня
ОПК-10: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы пригодные для практического применения	ИД-2 _{ОПК-10} Применяет современные CAD-системы для проектирования геометрических 2D- и 3D-моделей машиностроительных изделий	Владеет навыками применения оптимальных методик моделирования твердотельных 3D-моделей
ПК-8 Способен использовать методы искусственного интеллекта и машинного обучения для решения прикладных задач предметной области	ИД-1 _{ПК-8} Анализирует технологии и программные средства для решения прикладных задач в машиностроении	Применяет основной функционал систем автоматизированного проектирования среднего уровня (CAD/CAE-систем) в процессе моделирования цифровых прототипов

2 План-график выполнения самостоятельной работы

Правильная организация самостоятельной работы и ее систематичность, позволяет развивать умения и навыки; проводить систематизацию полученных знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

При самостоятельном изучении материалов по представленным темам следует придерживаться приведенного ниже графика:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
1	Тема 1. Возможности САПР среднего уровня.	3 неделя
2	Тема 2. Параметризация и правила построения эскизов	4 неделя
3	Тема 3. Построение трехмерных моделей отдельных деталей	11 неделя
4	Тема 4. Моделирование деталей с исполнениями	13 неделя
5	Тема 5. Работа со сборочными моделями	14 неделя

6	Тема 6. Создание чертежей	15 неделя
7	Тема 7. Оптимизация конструкции деталей	16неделя

Технологическая карта самостоятельной работы обучающегося очной формы обучения

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
5 семестр					
ИД-2 _{ОПК-6} ИД-2 _{ОПК-10} ИД-1 _{ПК-8}	Подготовка к лекциям	Конспект	3,2	0,4	3,6
	Подготовка к лабораторным работам	Отчет	9,7	1,1	10,8
	Самостоятельное изучение материалов	Конспект	5,9	0,7	6,6
	Выполнение расчетно-графической работы	Защита расчетно-графической работы	13,5	1,5	15
	Подготовка к экзамену	Экзамен	34,5	1,5	36
Итого за 5 семестр			66,8	5,2	72
Итого			66,8	5,2	72

При изучении дисциплины студентами очной формы обучения в соответствии с рабочей программой требуется сдать представленные ниже контрольные точки.

Описание шкалы оценивания

Успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими лабораторные работы по дисциплине, в форме собеседования проводимого по результатам выполнения лабораторных работ. Допуск к защите лабораторных работ происходит при наличии у студентов выполненного задания. Защита от-

чета проходит в форме собеседования по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если задание соответствует установленным требованиям, а ответы на задаваемые вопросы полностью раскрывают суть работы.

Основанием для снижения оценки являются:

- Бессистемность и разрозненность теоретических знаний;
- Реализация типовых ситуаций с ошибками.

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- Допущения при выполнении работы не критических ошибок.

При изучении дисциплины студентами заочной формы обучения рейтинговая оценка знаний не предусмотрена

Критерии оценивания компетенций указаны после каждого вида самостоятельной работы.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Вопросы для собеседования

1. Классификация трехмерных моделей
2. Отличия каркасных и твердотельных моделей
3. Классификация систем автоматизированного проектирования по выполняемым задачам
4. Принципы твердотельного моделирования
5. Последовательность выполнения операций при необходимости построения конструктивных элементов на цилиндрических поверхностях
6. Граничные условия для создания тела методом лофта.
7. Указать функциональные зоны интерфейса САПР
8. Функциональные возможности меню быстрого доступа
9. Функциональные возможности видового куба.
10. Типы инженерных данных, подлежащих структурированию
11. С какой целью выполняется создание папки «Стандартные» в проекте
12. Алгоритм создания проекта.

13. Алгоритм создания эскизов
14. Проблема параметризации
15. Назначение геометрических зависимостей.
16. Алгоритм использования размерных зависимостей
17. Проблема параметризации размерных зависимостей
18. Влияние размерных зависимостей на степени свободы.
19. Алгоритм задания допусков для размерных зависимостей.
20. Виды отклонений размерных зависимостей.
21. Диспетчер параметров.
22. Классификация твердотельных моделей на основе образующих операций.
23. Алгоритм построения призматических деталей.
24. Граничные условия построения эскизов для операций выдавливания.
25. Алгоритм моделирования тел вращения.
26. Алгоритм настройки эскизов для автоматизированного выбора осей вращения.
27. Граничные условия построения эскизов для операций вращения.
28. Оптимизация деталей за счет использования различных операций.
29. Граничные условия для выполнения операции вращения.
30. Способы ограничения области создания конструктивных элементов.
31. Виды объектов вспомогательной геометрии.
32. Направление нормали при создании вспомогательной геометрии.
33. Способы смены направления нормали.
34. Функции создания конструктивных элементов без эскизов.
35. Фаски.
36. Скругления.
37. Классификация отверстий.
38. Преимущества использования специализированных конструктивных элементов.
39. Различия в способах задания оси отверстий.
40. Функция построения тонкостенных моделей.
41. Функции построения уклонов.
42. Влияние последовательности применения операций при построении тонкостенных моделей.
43. Виды массивов в среде САПР.
44. Прямоугольный массив.
45. Круговой массив.
46. Граничные условия выполнения операции сдвиг.
47. Трехмерные эскизы.
48. Работа с триадой координат.
49. Способы создания траекторий на нелинейных поверхностях.

50. Построение разверток траектории.
51. Зарезервированные переменные.
52. Алгоритм использования команды лофт.
53. Граничные условия использования команды лофт.
54. Лофт площади.
55. Типы свойств твердотельных моделей.
56. Физические свойства.
57. Описательные свойства.
58. Технологический подход.
59. Топологический подход.
60. Скоростной подход.
61. Алгоритм создания параметрической таблицы.
62. Параметрические детали.
63. Параметрические элементы.
64. Методы построения сборочных моделей.
65. Зависимости.
66. Соединения.
67. Подключение библиотек стандартных элементов.
68. Создание библиотек стандартных элементов.
69. Конфигурирование библиотек стандартных элементов.
70. Генератор механических передач.
71. Генератор болтовых соединений.
72. Расчет размерных цепей.
73. Алгоритм построения чертежа детали.
74. Создание видов.
75. Создание разрезов, сечений.
76. Алгоритм настройки спецификации сборочной единицы.
77. Автоматическая расстановка позиций на чертеже.
78. Видовые представления и их назначение.
79. Особенности работы с параметрами.
80. Особенности параметризации вырождающейся геометрии.
81. Применение правил iLogic при проектировании шаблонов.
82. Отличия стандартной системы классификации САРП и системы основанной на функциональных возможностях САПР.
83. Тенденции развития систем автоматизированного проектирования среднего уровня
84. Алгоритм построения сложных моделей.
85. Частные случаи кинематической операции общего вида.
86. Возможности кастомизации интерфейса системы.
87. Настройка параметров процесса моделирования и ее возможности.
88. Укажите возможные замены для стандартного модуля проектов.
89. Для каких целей необходима настройка возможности записи библиотек стилей.

90. Возможность определения геометрии эскиза при помощи геометрических зависимостей.
91. Пример многовариантности использования геометрических зависимостей.
92. Рекомендации по определению геометрии эскиза на основе геометрических и размерных зависимостей.
93. Решение задачи определения геометрического центра группы примитивов при помощи размерных зависимостей.
94. Виды параметров.
95. Возможность использования текстовых и логических параметров без использования iLogic.
96. Вид траектории при выполнении операции выдавливания.
97. Возможные применения операции выдавливания.
98. Особенности построения эскизов для моделирования тел вращения.
99. Возможность использования примитивов в качестве осей при вращении.
100. Преимущества выбора оптимальных операций для создания конструктивных элементов.
101. Особенности проецирования геометрии на эскиз.
102. Расчет предельных размеров при отрицательных значениях размерных зависимостей.
103. Способы оптимизации использования вспомогательной геометрии.
104. Рекомендации по последовательности создания конструктивных элементов при моделировании.
105. Различия в наборах параметров при построении фасок.
106. Взаимосвязь редактора MS EXCEL с резьбовыми отверстиями.
107. Способы расширения базы резьбовых отверстий.
108. Построение уклонов с криволинейным разъемом.
109. Алгоритм выполнения различных толщин в рамках использования функции оболочки.
110. Возможности построения массивов с пересчетом элементов.
111. Набор параметров кругового массива.
112. Особенности определения геометрии в трехмерном эскизе.
113. Различия в геометрических зависимостях между плоскими и объемными эскизами.
114. Применяемость моделей с кинематическими поверхностями.
115. Алгоритм построений траектории методом проецирования.
116. Особенности оформления чертежей деталей выполненных при помощи лофта.
117. Типы направляющих при выполнении лофта.
118. Использование прочих свойств для автоматизации построения чертежей.

119. Процедура создания пользовательского материала.
120. Преимущества и недостатки топологического подхода.
121. Преимущества и недостатки использования скоростного подхода.
122. Способы ускорения процесса заполнения параметрической таблицы.
123. Набор переменных для управления отверстиями.
124. Разница между зависимостями и соединениями.
125. Нисходящее проектирование и технологии его организации.
126. Особенности наполнения библиотек стандартных элементов.
127. Типы публикуемых деталей.
128. Методики работы генераторов соединений.
129. Особенности построения болтовых соединений.
130. Подключение модуля поддержки ЕСКД.
131. Изменение системы наименования видов.
132. Типы спецификаций.
133. Способы работы со спецификациями.
134. Использование прочих свойств при построении шаблонов.
135. iLogis при работе с геометрией.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о повышенном уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о базовом уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о частичном усвоении базового уровня усвоения компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоения компетенций.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед собеседованием по теме студент должен выполнить и защитить практические работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям и лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- правильность и четкость ответов;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ОПК-6} , ИД-2 _{ОПК-10} , ИД-1 _{ПК-8}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Комплект заданий для расчетно-графической работы

Тема расчетно-графической работы «Создание цифрового прототипа сборочной единицы»

Исходные данные выдаются индивидуальной по вариантам.

Задания к расчетно-графической работе:

1. Создать проект сборочной единицы в среде САПР и выполнить минимально необходимую настройку его работы
2. Выполнить моделирование цифровых прототипов оригинальных деталей по рабочим чертежам в среде САПР.
3. Выполнить создание чертежей, ассоциативно связанных с цифровыми прототипами оригинальных деталей.
4. Провести анализ последовательности сборки сборочной единицы.
5. Выполнить моделирование цифрового прототипа сборочной единицы при помощи метода восходящего проектирования и сборочных зависимостей в среде САПР.

6. Выполнить создание сборочного чертежа, ассоциативно связанного с цифровым прототипом сборочной единицы.
7. Сформировать спецификацию, ассоциативно связанную с цифровыми прототипом сборочной единицы.
8. Скомпоновать пользовательскую библиотеку стандартных и унифицированных деталей, входящих в состав цифрового прототипа сборочной единицы, из имеющихся библиотек.
9. Выполнить создание пользовательских шаблонов чертежей и 3D-моделей.
10. Выполнить моделирование цифрового прототипа сборочной единицы при помощи метода, нисходящего проектирования в среде САПР.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: защиту расчетно-графической работы.

Предлагаемые студенту задания по расчетно-графической работе позволяют проверить компетенции ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования любыми источниками.

При проверке заданий, оцениваются: соответствие содержания заданию на контрольной работу, последовательность и рациональность выполнения заданий, самостоятельность выполнения работы, правильность и точность расчётов, правильность выполнения чертежей и их соответствие действующим стандартам, ЕСКД и другим нормативным документам.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ОПК-6} , ИД-2 _{ОПК-10} , ИД-1 _{ПК-8}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	

	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Вопросы к экзамену

Вопросы (задача, задание) для проверки уровня обученности

1. Системы автоматизированного проектирования низшего уровня, область применения, достоинства и недостатки.
2. Классификация систем автоматизированного проектирования согласно ГОСТ 23501.108-85.
3. Тенденции развития пользовательских интерфейсов.
4. Системы автоматизированного проектирования на основе облачных технологий, достоинства и недостатки.
5. Структурирование инженерных данных о разрабатываемых изделиях, пути решения и программное обеспечение.
6. Группы параметризации и их реализация в системах автоматизированного проектирования.
7. Подходы к созданию моделей деталей.
8. Проблема параметризации и возможные состояния параметрических моделей.
9. Анализ способов определения геометрии эскиза при помощи различных типов зависимостей.
10. Минимизация количества переменных при построении эскизов.
11. Математические выражения при определении размерных зависимостей.
12. Вывод первого частного случая кинематической операции.
13. Принцип совмещения баз и его реализация в моделях выполненных с использованием одного типа операций.
14. Пользовательские переменные при математических расчетах в процессе проектирования.
15. Влияние зависимых переменных на процесс возникновения проблемы параметризации.
16. Вывод второго частного случая кинематической операции.
17. Сравнительный анализ получения необходимого результата на разных этапах построения моделей.
18. Обзор интеграции табличных процессоров с системами автоматизированного проектирования среднего уровня.
19. Разница между командами «Отверстие» и «Резьба» при моделировании резьбовых элементов.

20. Анализ достоинств и недостатков использования операций изменения при моделировании деталей.
21. Функции прямого преобразования достоинства и недостатки.
22. Влияние функций прямого преобразования на иерархическую составляющую параметризации.
23. Достоинства и недостатки построения пространственных траекторий при помощи их проекций на плоскости.
24. Алгоритм построения эскизов на поверхностях отличных от плоскостей.
25. Актуализация библиотек материалов и ее влияние на скорость проектирования.
26. Анализ влияния методов построения моделей на автоматизацию процесса подготовки производства при традиционной технологии производства и аддитивной.
27. Необходимое и достаточное количество эскизов при построении базового тела при использовании варианта «Лофт площади».
28. Построение взаимосвязей параметров деталей.
29. Алгоритм реализации к управлению параметрами деталей, входящих в состав сборочной единицы из пространства сборки.
30. Достоинства и недостатки унификации имен переменных в случае создания быстрых не редактируемых моделей и полностью редактируемых.
31. Различия между импортируемыми переменными и внедренными из табличных процессоров.
32. Подходы к процессу моделирования и их краткая характеристика.
33. Достоинства и недостатки скоростного подхода.
34. Достоинства и недостатки топологического подхода.
35. Различия между топологическим и технологическим методами построения моделей.
36. Ограничения при работе с параметрическими элементами.
37. Важность поддержания информационного обеспечения систем автоматизированного проектирования в актуальном состоянии.

1, Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных ситуаций, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о повышенном уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о базовом уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о частичном усвоении базового уровня усвоения компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоении компетенций.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

Предлагаемые студенту вопросы к экзамену позволяют проверить компетенции ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

В экзаменационный билет включаются 2 вопроса. Ответ повышенного уровня отличается от ответа базового уровня многовариантностью рассматриваемых ситуаций и необходимостью выполнить качественный и количественный анализ при обосновании принятых решений. При ответе повышенного уровня, как правило, должна быть использована информация из специальной и научной литературы.

Для подготовки по билету отводится 30 минут.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования справочниками и калькулятором.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ОПК-6} , ИД-2 _{ОПК-10} , ИД-1 _{ПК-8} ,	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Интерактивные формы проведения лабораторных работ

Лабораторная работа №16

Кейс-задача: Создание рабочих чертежей деталей

1. Место кейса в структуре учебной дисциплины позволяет на практике изучить алгоритм создания конструкторской документации по твердотельным 3D-моделям.

2. Сюжет по предоставленному одностороннему цифровому прототипу студентом производится построение рабочего чертежа детали, в том числе создание необходимого и достаточного количества видов, разрезов, сечений, нанесение аннотаций в виде размеров с указанием допуска, допусков формы и расположения поверхностей, технических требований, шероховатости и иных необходимых для изготовления данных.

3. Продолжительность: 3 часа.

4. Задания для студентов. В качестве задания для выполнения кейса студенту предоставляется твердотельная трехмерная модель реального изделия, производимого на предприятиях, осуществляющих практическую подготовку.

Пример представления задания:

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: защиту выполненной работы.

Предлагаемые студенту задание (кейс) работе позволяет проверить компетенции ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования любыми источниками.

При проверке заданий, оцениваются: соответствие чертежа заданию, последовательность и рациональность выполнения задания, самостоятельность выполнения работы, правильность и точность расчётов, правильность выполнения чертежа и его соответствие действующим стандартам, ЕСКД и другим нормативным документам.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ОПК-6} , ИД-2 _{ОПК-10} , ИД-1 _{ПК-8} ,	соответствие чертежа заданию	
	последовательность и рациональность выполнения задания	
	самостоятельность выполнения работы	
	правильность и четкость ответов	
	правильность и точность расчётов	
	правильность выполнения чертежа и его соответствие действующим стандартам, ЕСКД и другим нормативным документам	

Паспорт фонда тестовых заданий

№ п/ п	Проверяемые темы дисциплины	Проверяемые компетенции	Тип теста*			
			зф ¹	оф ²	ус ³	пп ⁴
1	Темы 1-7	ИД-2 _{ОПК-6} ,	+			
2	Темы 1-7	ИД-2 _{ОПК-10} ,	+			
3	Темы 1-7	ИД-1 _{ПК-8} ,	+			
	Всего	45	64			

* отметить тип теста «+»

¹ задания закрытой формы (с выбором одного или нескольких правильных ответов из предложенного набора вариантов);

² задания открытой формы (ответ формулируется самостоятельно);

³ задания на установление соответствия (с установлением правильного соответствия между элементами двух представленных множеств);

⁴ задания на установление правильной последовательности (с указанием правильного порядка перечисленного набора элементов).

1

I:

S: Модели у которых возможно определение принадлежности произвольной точки только узлам и ребрам называются ...

+: каркасными

-: поверхностными

-: точечными

-: твердотельными

2

I:

S: Модели у которых возможно определение принадлежности произвольной точки узлам, ребрам и поверхностям называются ...

-: каркасными

+: поверхностными

-: точечными

-: твердотельными

3

I:

S: Модели у которых возможно определение принадлежности произвольной точки узлам, ребрам, поверхностям, а также области ограниченной этими поверхностями называются ...

-: каркасными

-: поверхностными

-: точечными

+: твердотельными

4

I:

S: Модели, состоящие из простых геометрических объектов, например, треугольников или четырехугольников, образующих их поверхность называются ...

- +; полигональными
- ; моделями на основе сплайнов
- ; сеточными
- ; твердотельными

5

I:

S: Перемещение замкнутого контура по произвольной траектории характерно для построения твердого тела при помощи ...

- +; кинематической операции общего вида
- ; выдавливания
- ; вращения
- ; изменения сечений (Лофт)

6

I:

S: Перемещение замкнутого контура по прямолинейной траектории, расположенной перпендикулярно контуру, характерно для построения твердого тела при помощи ...

- ; кинематической операции общего вида
- +; выдавливания
- ; вращения
- ; изменения сечений (Лофт)

7

I:

S: Перемещение замкнутого контура по траектории в виде окружности или оси характерно для построения твердого тела при помощи ...

- ; кинематической операции общего вида
- ; выдавливания
- +; вращения
- ; изменения сечений (Лофт)

8

I:

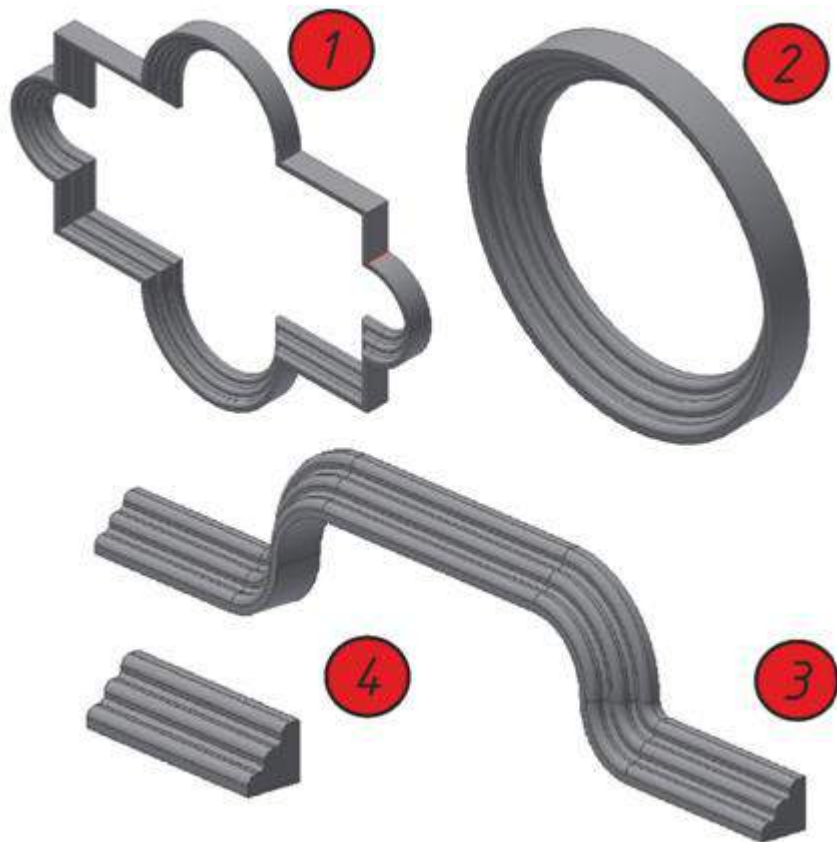
S: Алгоритм построения твердого тела при помощи кинематической операции общего вида состоит минимум из ... действий

- ; 2-х
- +; 3-х
- ; 4-х
- ; 5-х

9

I:

S: Укажите номер фигуры на рисунке, построение которой можно осуществить при помощи выдавливания

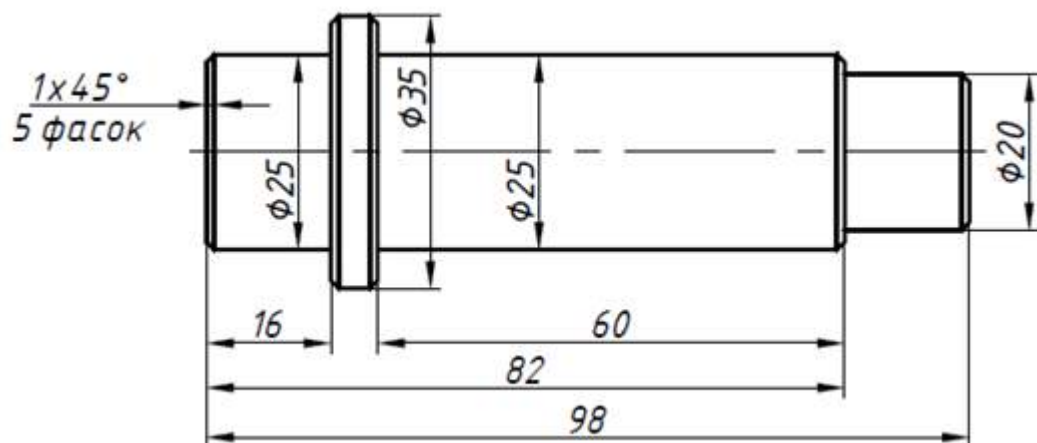


-: 1
 -: 2
 -: 3
 +: 4

10

I:

S: Сколько операций вращения требуется для построения фигуры показанной на рисунке.

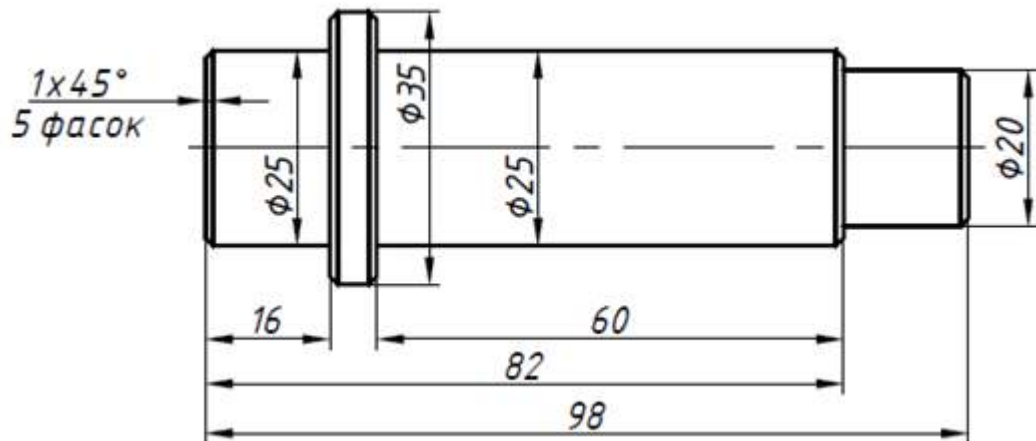


+: 1
 -: 2
 -: 4
 -: 8

11

I:

S: Сколько операций выдавливания требуется для построения фигуры показанной на рисунке.



-: 1

-: 2

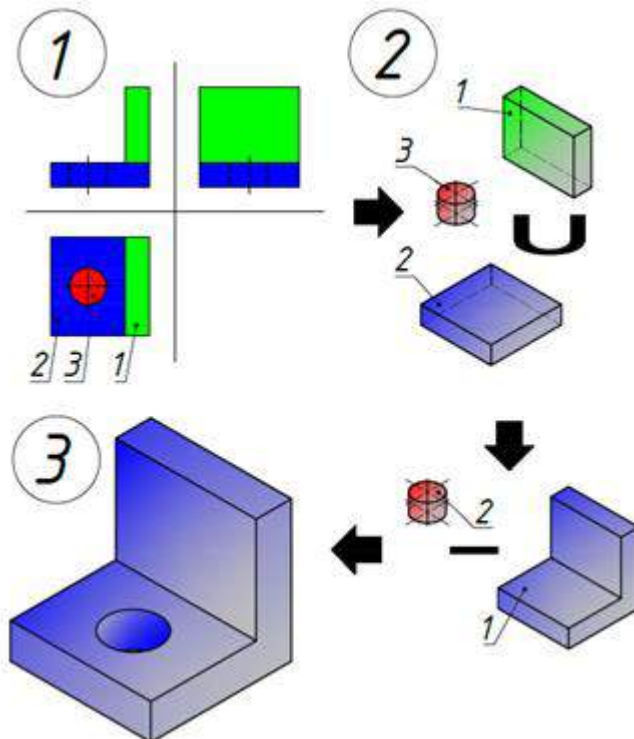
+: 4

-: 8

12

I:

S: Иллюстрация какого метода построения твердотельной геометрии показана на рисунке.



+: Конструктивной твердотельной геометрии (CSG)

-: Граничного представления (B-rep)

-: Гибридного

13

I:

S: Что выступает в качестве траектории при создании тела при помощи операции вращения.

- : отдельный эскиз с траекторией
- +: ось, выполненная в эскизе с контуром
- : ось, выполненная в отдельном эскизе

14

I:

S: Укажите минимальное количество эскизов необходимых для выполнения операции «Лофт», при отсутствии твердых тел в модели.

- : 0
- +: 2
- : 4
- : 8

15

I:

S: В случае перемещения по траектории незамкнутого контура произойдет построение ... модели.

- +: поверхностной
- : твердотельной
- : точечной
- : каркасной

16

I:

S: Верно ли утверждение что построение сложной модели является комбинирование множества базовых операций (вращения, выдавливания, сдвига, лофта.

- +: да
- : нет

17

I:

S: Какие из представленных характеристик позволяют определить поверхностные модели.

- +: объем
- : масса
- +: габаритные размеры
- : инерционные характеристики

18

I:

S: Какие из представленных характеристик позволяют определить каркасные модели.

- : объем
- : масса
- +: габаритные размеры
- : инерционные характеристики

19

I:

S: В рамках работы с каким инструментом возможно проецирование геометрии на криволинейные поверхности?

+: 3D эскиз

-: 2D эскиз

-: рабочая геометрия

-: операции создания конструктивных элементов

20

I:

S: Какой переменной необходимо пользоваться при построении развертки цилиндрической поверхности в САПР

-: 3,14

+: 3,14159265358979323846264338328

+: PI

+: Пи

21

I:

S: При построении кинематических поверхностей следует ...

-: создавать и протягивать готовый замкнутый контур

+: создавать поверхность и придавать ей толщину

-: создавать ограничивающие поверхности

22

I:

S: При создании сложных кинематических пазов следует использовать следующую настройку сдвига:

+: Траектория и направляющая поверхность

-: Траектория и направляющая

-: Траектория

23

I:

S: При помощи какого инструмента выполняется построение пространственных траекторий для операции сдвиг

+: 3D эскиз

-: 2D эскиз

-: Пространственные кривые

24

I:

S: При подготовке эскизов к операции сдвиг, эскиз с перемещаемым контуром ...

+: пересекать траекторию

-: не пересекать траекторию

-: пересечение не имеет значения

25

I:

S: Какой режим работы с геометрией отсутствует при редактировании трехмерных эскизов?

- +: просмотра количества степеней свободы примитивов
- : показа геометрических зависимостей
- : смены вида отображения параметров и их имен

26

I:

S: Какой набор переменных создается при выполнении операции «Сдвиг»?

- +: параметр скручивания сечения;
- +: параметр конусности элемента;
- : параметр, определяющий правила перехода;
- : параметр, определяющий площадь сечения в определенной точке.

27

I:

S: Существует ли возможность установки размерной зависимости от конечной точки отрезка до центра дуги при работе в трехмерном эскизе:

- +: нет
- : да

28

I:

S: Сколько направлений может содержать прямоугольный массив?

- : 1
- +: 2
- : 3
- : 4

29

I:

S: Верно ли утверждение о том, что в общем случае конструктивные элементы в виде фасок и скруглений необходимо выполнять при завершении моделирования детали

- +: да
- : нет

30

I:

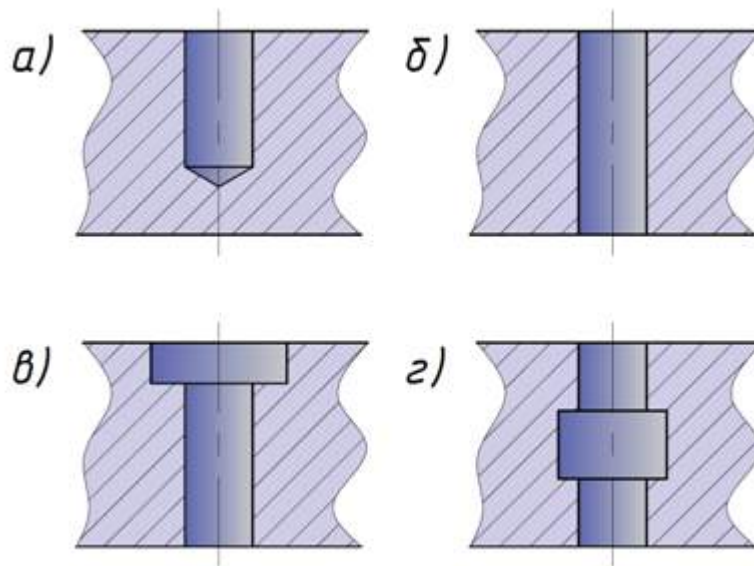
S: Оказывает ли влияние на итоговую форму поверхности, полученной при помощи команды «Оболочка», наличие перед ней элементов в виде фасок, скруглений и т.д

- +: да
- : нет

31

I:

S: Укажите тип отверстия, моделирование которого не возможно при помощи одноименной функции.



+: г

-: в

-: б

-: а

32

I:

S: При отдельном моделировании отверстия и резьбы в нем, диаметр отверстия должен быть равен ...

+: диаметру отверстия для нарезания резьбы

-: номинальному диаметру резьбы

-: минимальному диаметру резьбы

-: максимальному диаметру резьбы

33

I:

S: Сколько существует вариантов выполнения фаски на детали при помощи одной команды?

+: 3

-: 2

-: 1

34

I:

S: Моделирование конструктивных элементов в виде фасок и скруглений следует реализовывать ...

-: на этапе построения эскиза

+: при помощи специализированных команд

-: любым доступным способом

35

I:

S: В какой формат экспортируется готовая спецификация

+: .xls (xlsx) Microsoft Excel

- : .doc (docx) Microsoft Word
- : .ppt (pptx) Microsoft PowerPoint

36

I:

S: По какому столбцу спецификации возможна сортировка

- +: Обозначение
- : Наименование
- : Количество
- : Примечание

37

I:

S: Какое значение свойства позволяет не учитывать модель детали в спецификации, сохраняя при этом ее массу

- +: Фантом
- : Ссылка
- : Неделимый

38

I:

S: Возможен ли перенос в ручном режиме деталей из одной категории спецификации в другую, например, из категории «Детали» в категорию «Сборочные единицы»:

- +: Да, возможен
- : Нет, невозможен

39

I:

S: Свойства и геометрию каких моделей невозможно редактировать в процессе разработки изделий

- +: Стандартных деталей, вставленных из библиотеки компонентов
- +: Оригинальных деталей, вставленных из подключенных библиотек
- : Оригинальных деталей, вставленных из групповых путей поиска
- : Стандартных деталей, созданных вручную по месту.

40

I:

S: Возможно ли заполнение свойств модели на основе правил в спецификации

- +: Да, возможно
- : Нет, невозможно

41

I:

S: Сколько спецификаций можно подготовить в среде в рамках одного чертежа в модуле ЕСКД

- +: 1
- : 2
- : 3

42

I:

S: Из какого источника получают данные в виде обозначений, и наименований для ассоциативных спецификаций

+: из свойств 3D-моделей;

-: заносятся пользователем при составлении спецификации в ручную.

43

I:

S: Существует ли возможность проведение каких-либо расчетов в таблице спецификации:

+: нет

-: да

44

I:

S: Какой вид чертежа, по порядку создания на листе, является основой для получения спецификации

+: 1

-: 2

-: 3

-: 4

45

I:

S: Процесс подготовки комплекса информации, полностью описывающей или позволяющей сформировать полное представление о предполагаемом объекте или процессе называется

+: проектированием

-: конструированием

-: эскизированием

-: описанием

46

I:

S: Расшифруйте аббревиатуру САПР

+: Система автоматизированного проектирования

-: Система автоматического проектирования

-: Система автоматизации производства

-: Система автоматизации проектных работ

47

I:

S: Верно ли утверждение о том, что на сегодняшний день твердотельные 3D-модели являются исходными данными для целого спектра подготовительных и производственных процессов, таких как подготовка программ для станков с ЧПУ, подготовка конструкторской документации, подготовка фотореалистичных изображений разрабатываемой продукции?

+: Да

-: Нет

48

I:

S: Укажите общепринятое сокращение конструкторских систем автоматизированного проектирования

- +: CAD
- : CAM
- : CAE
- : CAPP

49

I:

S: Твёрдотельные 3D-модели позволяют получить информацию о:

- +: Массе, объёме, инерционных характеристиках изделия
- : Только массе и объёме
- : Только объёме
- : Только массе

50

I:

S: Построение твёрдотельных 3D-моделей в системах автоматизированного проектирования производится как правило на основе использования ...

- +: плоских и объёмных геометрических объектов, таких как отрезок, окружность, дуга, параллелепипед, конус, сфера и т.д.
- : на основе поверхностей состоящих из полигонов в виде многогранников;
- : на основе добавления модификаторов к сетке тела.

51

I:

S: Изучив изображение модели укажите наиболее характерную операцию для получения базового твёрдого тела представленной детали.



- +: Выдавливание (протягивание базового эскиза по траектории перпендикулярной его плоскости)
- : Вращение (вращение базового эскиза относительно какой-либо оси)
- : Сдвиг (протягивание базового эскиза по произвольной траектории)
- : Лофт (по сечением) (соединение между собой нескольких различных эскизов)

52

I:

S: Изучив изображение модели укажите наиболее характерную операцию для получения базового твердого тела представленной детали.



-: Выдавливание (протягивание базового эскиза по траектории перпендикулярной его плоскости)

+: Вращение (вращение базового эскиза относительно какой-либо оси)

-: Сдвиг (протягивание базового эскиза по произвольной траектории)

-: Лофт (по сечением) (соединение между собой нескольких различных эскизов)

53

I:

S: Изучив изображение модели укажите наиболее характерную операцию для получения базового твердого тела представленной детали.



-: Выдавливание (протягивание базового эскиза по траектории перпендикулярной его плоскости)

-: Вращение (вращение базового эскиза относительно какой-либо оси)

- + : Сдвиг (протягивание базового эскиза по произвольной траектории)
- : Лофт (по сечением) (соединение между собой нескольких различных эскизов)

54

I:

S: Изучив изображение модели укажите операцию при помощи которой можно получить выделенную часть модели.



- : Выдавливание (протягивание базового эскиза по траектории перпендикулярной его плоскости)
- : Вращение (вращение базового эскиза относительно какой-либо оси)
- : Сдвиг (протягивание базового эскиза по произвольной траектории)
- + : Лофт (по сечением) (соединение между собой нескольких различных эскизов)

55

I:

S: Верно ли утверждение о том, что при создании 3D-моделей деталей и/или сборочных единиц нет необходимости в построении полностью определенной геометрии эскизов.

- : да
- + : нет

56

I:

S: Относительно какого элемента производится привязка геометрии при создании первого эскиза в 3D-модели?

- + : точки начала координат;
- : уже имеющейся геометрии модели;
- : без каких-либо привязок

57

I:

S: В общем случае при построении 3D-моделей следует ...

- + : использовать эскизы с наиболее простыми геометрическими формами, минимально-необходимым количеством замкнутых контуров и размеров
- : использовать эскизы с максимальной степенью детализации формы, без учета количества замкнутых контуров и размеров
- : оставлять в эскизах примитивы, положение которых находится в неопределенном или не полностью определенном состоянии

58

I:

S: При моделировании таких элементов как фаски, галтели и скругления необходимо их реализовывать ...

- : на стадии создания эскизов;
- + : на стадии редактирования твердого тела, при помощи специализированных функций
- : в любой удобной для пользователя последовательности

59

I:

S: На каком этапе построения 3D-моделей необходимо создавать конструктивные элементы в виде фасок, скруглений, галтелей

- + : на завершающем этапе, таким образом чтобы преимущественно они располагались в конце дерева построения
- : на начальном этапе, сразу после создания базового твердого тела
- : на любом этапе моделирования

60

I:

S: Какими способами можно смоделировать тело показанное на картинке ниже?



- : выдавливанием;
- : вращение;
- : сдвигом (кинематической операцией общего вида);
- : лофтом (по сечениям)
- + : всеми перечисленными способами

61

I:

S: Проектирование при котором на начальном этапе создаются 3D-модели отдельных деталей, и уже потом производится их размещение в сборочной единице называется ...

- + : восходящим (проектирование снизу-вверх)
- : нисходящим (проектирование сверху-вниз)

-: от середины (проектирование с элементами восходящего и нисходящего методов)

62

I:

S: Проектирование при котором на начальном этапе создается общая компоновка изделия, создается сборочная модель и уже после производится доработка отдельных деталей называется ...

-: восходящим (проектирование снизу-вверх)

+: нисходящим (проектирование сверху-вниз)

-: от середины (проектирование с элементами восходящего и нисходящего методов)

63

I:

S: Создание чертежей в системах автоматизированного проектирования уровня КОМПАС, Inventor, SolidWorks основано на автоматизированном решении ...

+: прямой задачи начертательной геометрии (проецирования твердых тел на любую плоскость)

-: обратной задачи начертательной геометрии (создания объемного изображения по имеющимся проекциям)

-: ни один из перечисленных задач.

64

I:

S: Верно ли утверждение, о том что сборочная 3D-модель изделия позволяет в автоматизированном режиме сформировать спецификацию?

+: Да

-: Нет

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: защиту контрольной работы.

Предлагаемые студенту комплект тестовых заданий позволяют проверить компетенции

ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования любыми источниками.

При проверке заданий, оцениваются: соответствие содержания заданию, последовательность и рациональность выполнения заданий, самостоятельность выполнения работы, правильность и точность ответов, правильность выполнения чертежей и их соответствие действующим стандартам, ЕСКД и другим нормативным документам.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-2 _{ОПК-6} , ИД-2 _{ОПК-10} , ИД-1 _{ПК-8} ,	соответствие содержания заданию	
	последовательность и рациональность выполнения задания	
	самостоятельность выполнения работы	
	правильность и точность ответов	
	правильность выполнения чертежа и его соответствие действующим стандартам, ЕСКД и другим нормативным документам	

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>

2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>

Перечень дополнительной литературы:

1. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>

2. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е.

Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «3-D моделирование» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В. – Ставрополь, СКФУ, 2026.

2. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «3-D моделирование» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В. – Ставрополь, СКФУ, 2026.

3. Методические указания к расчетно-графической работе по дисциплине «3-D моделирование» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В. – Ставрополь, СКФУ, 2026.

Интернет-ресурсы:

1. САПР для инженера [Электронный ресурс]. URL: <https://mikhailov-andrey-s.blogspot.ru/>

2. Журнал «САПР и графика [Электронный ресурс]. URL: <https://sapr.ru/>

3. Журнал CAD/CAM/CAE Observer [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cadcamcae.lv/>

4. Интернет портал ISICAD [Электронный ресурс]. URL: <http://isicad.ru/ru/>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению расчетно-графической работы
по дисциплине «3-D моделирование»
для студентов направления подготовки

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Направленность (профиль):
«Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Печатается по решению
Учебно-методического совета
Северо-Кавказского федерального университета

3-D моделирование / сост. Р.В. Герасимов. Ставрополь: Изд-во СКФУ,
2026. – 63 с.

В методических указаниях по выполнению расчетно-графической работы, составленных в соответствии с требованиями ФГОС ВО, основное внимание уделено изучению систем автоматизированного проектирования и автоматизации проектной деятельности с их использованием.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (Профиль подготовки: «Технология машиностроения»), квалификация выпускника – бакалавр.

УДК

Составители:

доцент департамента ФМиИК Герасимов Р.В.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент М.А. Шпак
начальник отдела опытно-конструкторских работ
ОА «Электровтоматика» Горячий И.В.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Общая характеристика контрольной работы.....	6
2 Формулировка задания и его объем.....	7
3 Общие требования к написанию и оформлению работы	8
4 Рекомендации по выполнению задания	8
5 План-график выполнения работы	9
6 Критерии оценивания работы.....	10
7 Порядок защиты контрольной работы	11
Список рекомендуемой литературы	11
Приложение 1	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

В настоящее время все больше компаний для повышения конкурентоспособности переходят от двухмерного проектирования к трехмерному. Трехмерное проектирование деталей позволяет существенно сократить как сроки подготовки технической документации, так и сроки самого процесса проектирования, а также повысить его качество. Как правило, в качестве систем трехмерного проектирования используются системы автоматизированного проектирования среднего уровня.

Несмотря на широчайшее распространение САПР низшего уровня, при помощи которых выполняется около 70 процентов всех проектных работ, системы автоматизированного проектирования среднего уровня набирают все большую популярность. Данные системы по своим возможностям и функционалу все сильнее напоминают системы высшего уровня, но при этом в удобстве использования намного их превосходят, и хотя полностью охватывают функционал систем низшего уровня, уступают тем по простоте интерфейса.

Говоря о твердотельном моделировании, как в машиностроении так и в любой другой сфере проектирования, необходимо прежде всего понимать, что данный термин является сокращением от трехмерного твердотельного параметрического моделирования и является весьма отстраненным понятием по отношению в термину «Трехмерное моделирование».

Создание параметрических моделей заложено в саму идеологию систем автоматизированного проектирования среднего и высшего уровней, а параметрическое описание объектов является базой для всего последующего процесса проектирования.

На сегодняшний день, системы автоматизированного проектирования поддерживают параметризацию, которую можно разделить на несколько групп: табличную, иерархичную, вариационную и геометрическую, которые в зависимости от конкретной САПР представлены в той или иной форме, но

практически всегда находящие отражение в функционале системы.

Процесс параметрического моделирования представляет собой- процесс описания конструктором математической модели объекта с различными параметрами, например, геометрическими, размерными, логическими и другими, изменение которых ведет к изменению конфигурации детали или сборки. Данное свойство позволяет решать сразу множество проблем при проектировании новых изделий, тем самым, снижая стоимость разработки и увеличивая жизненный цикл изделия.

Понимание принципов построения трехмерных твердотельных моделей позволит конструктору использовать в своей деятельности любые доступные в настоящий момент инструменты из создания, к которым относятся системы автоматизированного проектирования. Знание же инструментов создания твердотельных моделей и технологии их эффективного использования позволит существенно сократить как время разработки, так и переход между системами автоматизированного проектирования различных производителей.

1 Общая характеристика контрольной работы

Цель: выполнения расчетно-графической работы является закрепление и расширение практических навыков применения систем автоматизированного проектирования среднего уровня в рамках будущей профессиональной деятельности, а также формирования набора компетенций, состоящего из обще-профессиональной и профессиональной.

Задачи:

- ознакомление с системами автоматизированного проектирования среднего уровня;
- изучение методов построения твердотельных трехмерных моделей деталей и механизмов;
- приобретение навыков использования систем автоматизированного проектирования среднего уровня в профессиональной деятельности;
- углубление и расширение теоретических знаний и практических навыков по дисциплине «3-D моделирование».

Формируемые компетенции

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-6. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-2 _{ОПК-6} Применяет средства информационных, компьютерных и сетевых технологий, прикладное программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности	Знает и применяет на практике инструментарий систем автоматизированного проектирования (CAD/CAE-систем) среднего уровня
ОПК-10: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы пригодные для практического применения	ИД-2 _{ОПК-10} Применяет современные CAD-системы для проектирования геометрических 2D- и 3D-моделей машиностроительных изделий	Владеет навыками применения оптимальных методов моделирования твердотельных 3D-моделей

ПК-8 Способен использовать методы искусственного интеллекта и машинного обучения для решения прикладных задач предметной области	ИД-1 _{ПК-8} Анализирует технологии и программные средства для решения прикладных задач предметной области	Применяет основной функционал систем автоматизированного проектирования среднего уровня (CAD/CAE-систем) в процессе моделирования цифровых прототипов
--	--	---

2 Формулировка задания и его объем

Тема расчетно-графической работы «Создание цифрового прототипа сборочной единицы»

Исходные данные выдаются индивидуальной по вариантам.

Задания к контрольной работе:

1. Создать проект сборочной единицы в среде САПР и выполнить минимально необходимую настройку его работы
2. Выполнить моделирование цифровых прототипов оригинальных деталей по рабочим чертежам в среде САПР.
3. Выполнить создание чертежей, ассоциативно связанных с цифровыми прототипами оригинальных деталей.
4. Провести анализ последовательности сборки сборочной единицы.
5. Выполнить моделирование цифрового прототипа сборочной единицы при помощи метода восходящего проектирования и сборочных зависимостей в среде САПР.
6. Выполнить создание сборочного чертежа, ассоциативно связанного с цифровым прототипом сборочной единицы.
7. Сформировать спецификацию, ассоциативно связанную с цифровыми прототипом сборочной единицы.

8. Скомпоновать пользовательскую библиотеку стандартных и унифицированных деталей, входящих в состав цифрового прототипа сборочной единицы, из имеющихся библиотек.
9. Выполнить создание пользовательских шаблонов чертежей и 3D-моделей.
10. Выполнить моделирование цифрового прототипа сборочной единицы при помощи метода, нисходящего проектирований в среде САПР.

3 Общие требования к написанию и оформлению работы

Расчетно-графическая работа выполняется в виде сборочной модели изделия, моделей отдельных деталей, а также чертежей к ним и спецификации. согласно выданным задания. Выполненные модели и чертежи не должны противоречить единой системе конструкторской документации.

Комплект моделей и чертежей сохраняется в нативных форматах используемых систем автоматизированного проектирования, а также в формате PDF и 3D-PDF.

В результате выполнения работы студент формирует комплект электронных документов передаваемый на проверку преподавателю.

В части создания чертежей при выполнении РГР следует придерживаться правил, изложенных в единой системе конструкторской документации.

При выполнении РГР предпочтительно использование студенческих версии системы автоматизированного проектирования Inventor, компании Autodesk. При этом использование иных систем автоматизированного проектирования не запрещается.

4 Рекомендации по выполнению задания

При выполнении РГР следует опираться на рекомендации представленные в указаниях к практическим работам №1-16 методических указаний по выполнению лабораторных работ.

При этом особое внимание необходимо уделить следующим аспектам моделирования:

- выполнению правила симметрии моделей;
- сокращению до необходимого минимума количества переменных в модели, для минимизации возможности появления проблемы параметризации;
- преобразование имен переменных в соответствии с рекомендациями стандартов;
- учету особенностей систем автоматизированного проектирования при выполнении математических операции в процессе построения моделей.

РГР состоит из 10-20 чертежей и моделей.

Задание состоит из рабочих чертежей изделий, описания работы механизма и последовательности его сборки. На первоначальном этапе необходимо ознакомиться с описанием изделия, последовательностью сборки, списком стандартных деталей и рабочими чертежами на оригинальные детали. После ознакомления необходимо провести анализ чертежей и приступить к построению их электронных вариантов с учетом требований актуальных версий стандартов, входящих в единую систему конструкторской документации. Завершающим этапом является построение сборочного чертежа и спецификации к нему.

5 План-график выполнения работы

Выдача задания к РГР осуществляется во время занятий по дисциплине «3-D моделирование» не позднее 2 недели обучения.

Сдача РГР на проверку осуществляется не позднее 16 недели 6 семестра на практических работах по дисциплине «3-D моделирование».

После проверки РГР преподавателем студент получает допуск к его защите. Защита работы осуществляется не позднее последней практической работы в 6 семестре.

При выполнении РГР:

- Студент обязан пользоваться оригинальной, рекомендуемой учебной, справочной и научной литературой, методическими разработками, а также иными доступными источниками информации.

- Комплект электронных документов должен быть выполнена и сформирован в строгом соответствии с требованием ГОСТов, ЕСКД и других нормативных документов.

Выполнение РГР должно быть под контролем руководителя РГР, согласно представленному выше графику.

Рекомендованный план выполнения контрольной работы:

Анализ описания и рабочих чертежей деталей – 4 неделя;

Создание рабочих чертежей деталей и моделей – 10 неделя;

Создание сборочной модели, сборочного чертежа изделия и спецификации к нему – 14 неделя.

6 Критерии оценивания работы

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

7 Порядок защиты контрольной работы

Допуск к защите РГР осуществляется при наличии у студента комплекта электронных документов, оформленных в соответствии с единой системой конструкторской документации. Защита контрольной работы проходит в форме собеседования по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если РГР соответствует требованиям описанным в единой системе конструкторской документации, а ответы на задаваемые вопросы полностью раскрывают суть работы. Основанием для снижением оценки являются:

- Бессистемность и разрозненность теоретических знаний;
- Наличие ошибок оформления комплекта электронных документов;

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- Допущения при выполнении контрольной работы некритических ошибок.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенцию ИД-2_{ОПК-6}, ИД-2_{ОПК-10}, ИД-1_{ПК-8}. Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо систематическая подготовка к практическим занятиям и лекциям.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования любыми источниками.

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы

1. Каменев, С. В. Основы геометрического моделирования изделий в КОМПАС-3D : учебное пособие / С. В. Каменев, К. В. Марусич. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 182 с. — ISBN 978-5-7410-3306-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/503279>

2. Зуев, В. В. Трехмерное моделирование : учебно-методическое пособие / В. В. Зуев, А. С. Краско. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 82 с. — ISBN 978-5-7339-2573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504834>

Перечень дополнительной литературы:

1. Бучельникова Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А.. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html>

2. Биткина, Е. Е. Основы работы в КОМПАС-3D : учебное пособие / Е. Е. Биткина. — Омск : Омский ГАУ, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-907872-12-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/438902>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «3-D моделирование» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В. – Ставрополь, СКФУ, 2026.

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «3-D моделирование» для студентов направления подготовки 15.03.05 – Конструк-

торско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (рукопись) / Сост. Герасимов Р.В. – Ставрополь, СКФУ, 2026.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. САПР для инженера [Электронный ресурс]. URL: <https://mikhailov-andrey-s.blogspot.ru/>
2. Журнал «САПР и графика» [Электронный ресурс]. URL: <https://sapr.ru/>
3. Журнал CAD/CAM/CAE Observer [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cadcamcae.lv/>
4. Интернет портал ISICAD [Электронный ресурс]. URL: <http://isicad.ru/ru/>

Вариант 2

Вызывает сборочный чертёж регулятора по рабочим чертежам его деталей и описанию устройства. На главном листе сборочного чертежа корпус 13 расположить так, как он изображён на главном листе чертежа детали. Масштаб сборочного чертежа 2:1. Присутствие в выделенном сборочном чертеже, выполненном с использованием каждой детали и со всеми обозначениями на рабочих чертежах.

Примечание. Рабочие чертежи деталей 2 и 3 не даны: дет. 2 — табл. №16; 1.5, ГОСТ 2226—70; дет. 3 — лист №8, ГОСТ 11738—72.

Стандартные детали найдите по номеру ГОСТа и техническим спецификациям; подставьте их размеры в таблицу ГОСТа, учитывая значение деталей в сборочной единице. Необходимое количество деталей укажите рядом.

Устройство и работа регулятора. Прибор служит для регулирования и автоматического поддержания заданного давления в пневмосистемах, обслуживающих различные станки, приспособления и другие механизмы.

Регулятор собирают в следующем порядке.

В отверстие Ø 104 корпуса 13 запрессовывают сверху заподлицо с плоскостью корпуса ступку 14.

Далее собирают клапан. В расточку Ø 26 клапана 19 вставляют прокладку 16; затем в отверстие Ø 5 впрессовывают ко-

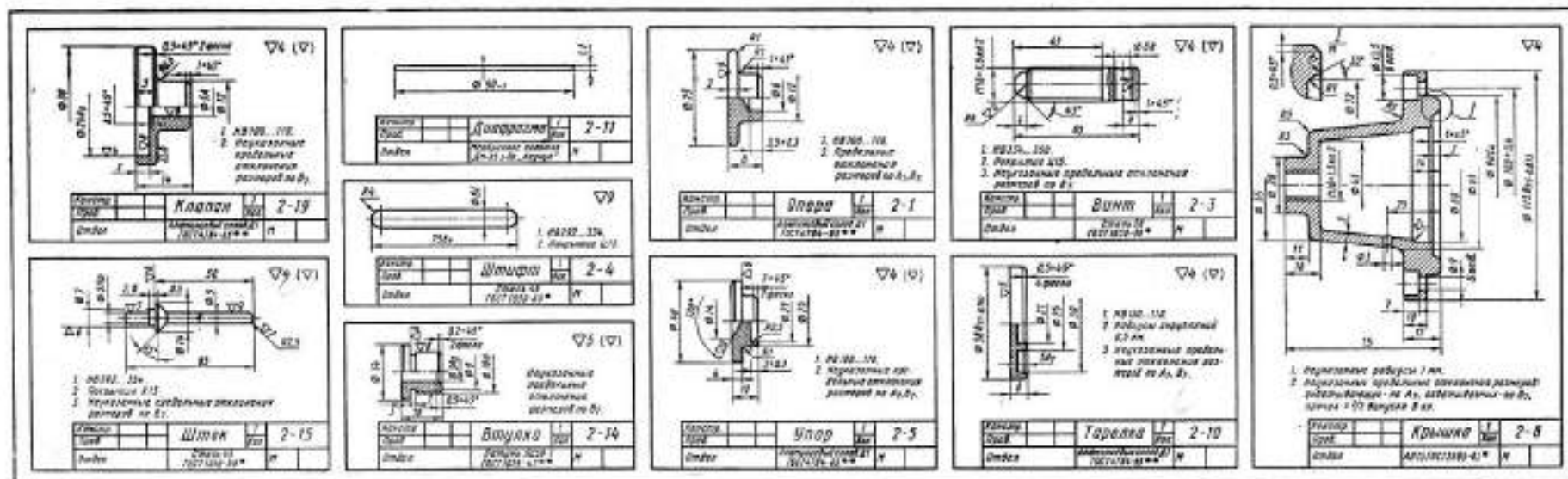
ровнем конном шток 15 до упора в плоскость шайбы 21, предварительно подложившей на прокладку. На выступ клапана 22 надевают пружину 16, другой конец пружины устанавливают в отверстие $\varnothing 20$ пробок 20. На пробку надевают кольцо 17. После этого шток 15 вводят снова в отверстие втулки 14, а пробку 20 зажимают до отказа в корпус 13. В расточку корпуса закладывают кольцо 18, а на свободный конец штока надевают шпору 1 и навальчивают диффрагму 11. На диффрагму ставят плоским дном тарелку 19. В кольцевые канавки тарелки устанавливают пружины 6 и 7. На них устанавливают упор 5 так, чтобы его выступ 23 погружался внутрь пружины. На пружины надевают крышку 8. Крышку закрепляют с корпусом 13 винтами 9.

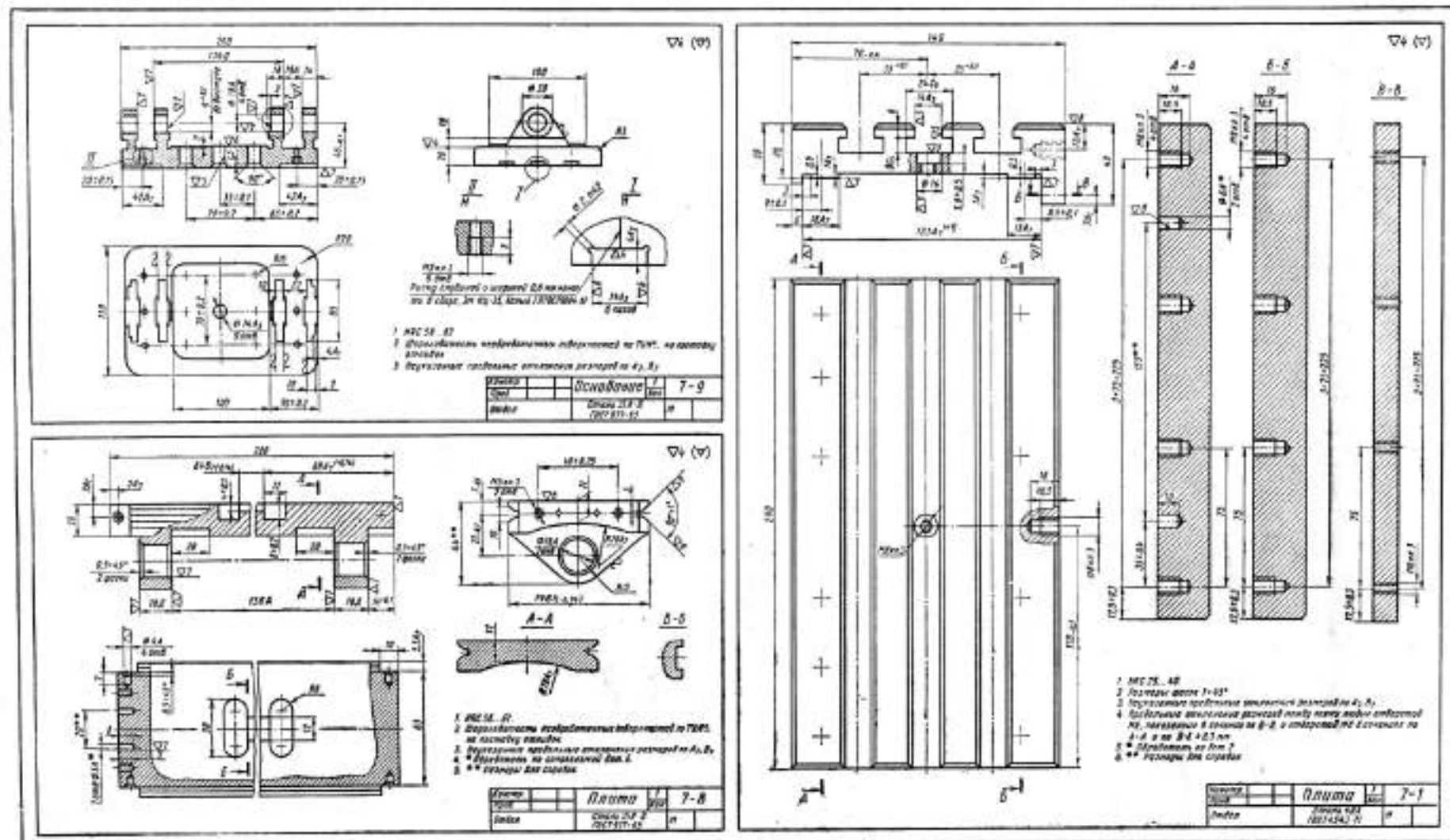
В отверстие винта 3 заправывают штифт 4 так, чтобы его концы выступали симметрично по обе стороны головки винта. На винт наворачивают гайку 2. Винт 3 заворачивают в крышку 5 до упора 6. Винт 3 служит для регулирования жесткости пружины. Гайка 2 выполняет функцию контргайки, фиксируя винт 3 в любом необходимом положении.

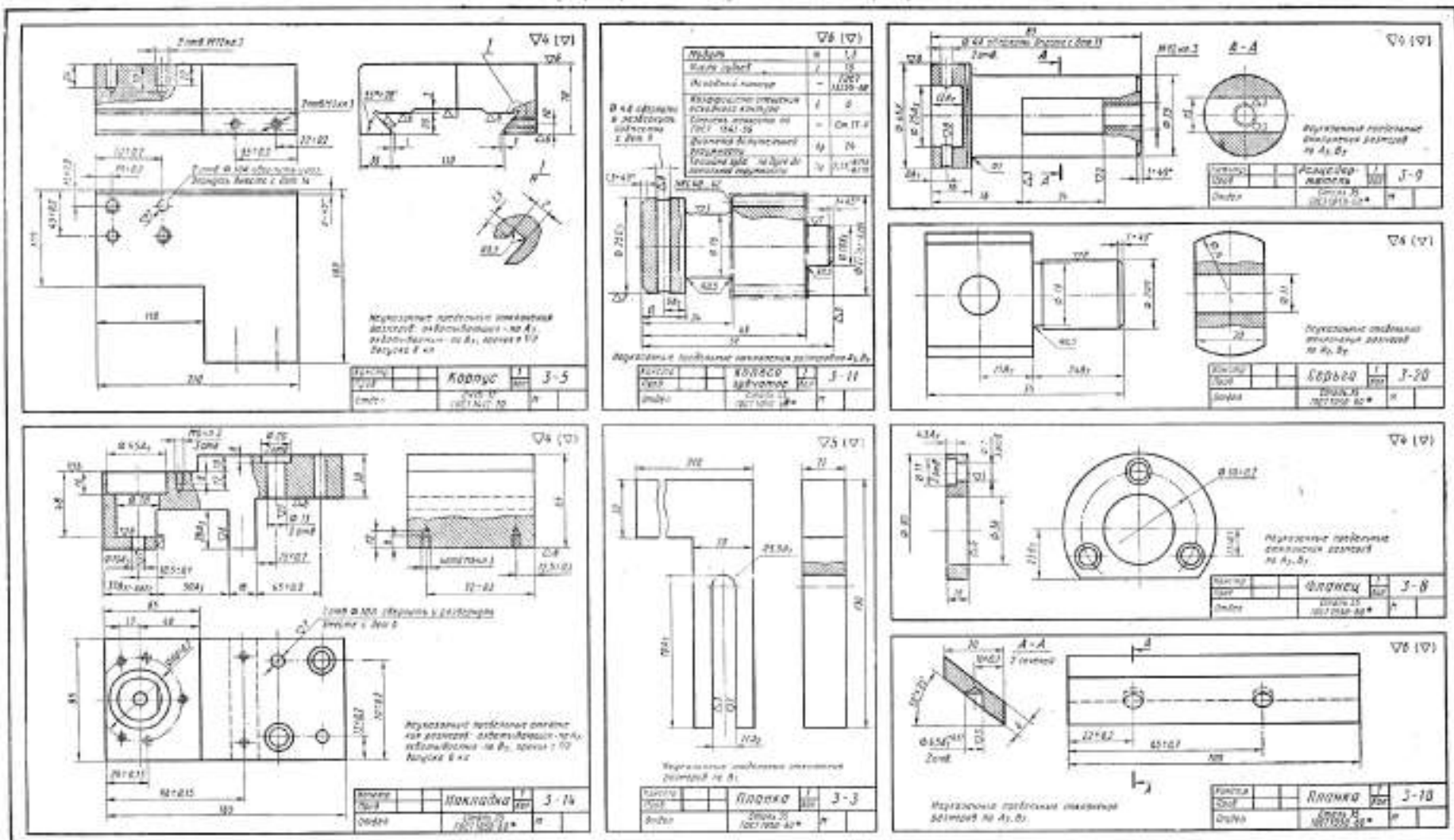
В одно отверстие K_1 ,* корпуса заворачивают до упора пробку 21, а в другое — штыльник 22, служащий для установки манометра.

Регулятор работает следующим образом. При заворачивании винта 3 пружины 7 и 6 передают давление винту на диафрагму 11 и далее через шток 15 на пружину 18. При этом клапан 19 опускается и приоткрывает центральное отверстие корпуса, создавая к нему проход для воздуха, поступающего на сети (направление подачи воздуха в регулятор указывает стрелка, отлитая на корпусе). Далее воздух поступает по трем каналам в манометр, а непосредственно обслуживаемого агрегата и через отверстие 23 в верхнюю поддиафрагменную полость, где устанавливается определенное давление (равное или меньше давления в сети). Под действием этого давления диафрагма 11 сжимает пружины 6 и 7. Освобождаясь, опускается пружина 18, которая поднимает клапан 19, закрывающий отверстие корпуса. Таким образом давление сети перекрывается, и в нижней полости корпуса возникает разрежение, которое передает в первую поддиафрагменную полость. Диафрагма под действием пружин 6 и 7 сжимает пружину 18, образуя щель, в которую поступает определенная порция воздуха на сети.

Вращением вентя 3 можно регулировать зазор между шайбой 21 и торцом отверстия Ø 20, а это значит — и давление на выходе из регулятора. Стабильность давления регулируется автоматически.







Вариант 4

Выполнить оборочный чертёж манипулятора по рабочим чертежам этих деталей и сборки. Масштаб оборочного чертежа 2:1.

Чертеж выложить в одной проекции (главный вид) с полными размерами. На оборочном чертеже коробки дет. 1 расположить так, как она изображена на главном виде рабочего чертежа детали. Для усиления соединения между отдельными деталями выполнить свободными двойными линиями размер в сечении. Простука к выполнению оборочного чертежа, ознакомиться с конструкцией каждой детали и с кодами обозначениями на рабочих чертежах.

При выполнении чертежа деталей 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 24, 27, 28, 29 и 32 не дамы: детали 3, 13, 15, 16, 24 и 27 — шпильки, ГОСТ 14473—72; дет. 9 — винт, ГОСТ 1475—64; детали 10 и 11 — гайки, ГОСТ 1475—70; дет. 22 — шайба, ГОСТ 3128—70; дет. 28 — винт, ГОСТ 14473—72; дет. 29 — шайба, ГОСТ 1475—64; дет. 19 — лапчатка 3,5 В; дет. 12 — зеркало ДСК-75; дет. 20 — провод КМД Ади 1—2000, 4—8,75 мм; дет. 26 — трубка латунная (выполнена по месту).

Размеры перечисленных деталей, кроме указанных 12, 19, 20, выбирать по таблицам ГОСТов, учитывая назначения их в оборочной сборке; необходимые количества деталей указать в слове.

Назначение и устройство манипулятора. Манипулятор предназначен для работы с гамма-излучателями, заключёнными в ампулы, при зарядке, перемещении в ремонтные контейнеры. Манипулятор может быть использован в лабораторных гамма-лабораториях, радиационно-терапевтических и др., где применяются ампулированные гамма-излучатели с активностью не выше 1000 к-иВ рад/ч. Собирают манипулятор в следующем порядке. В трубку 2 со стороны отверстия $\varnothing 3,5$ в трубку в коническое углубление втулки совмещают. Затем трубку вставляют в отверстие $\varnothing 12$ коробки 1; при этом отверстие $\varnothing 3,5$ трубки должно совпасть с отверстием М3 коробки, а конец трубки стать заподлицо с левой плоскостью коробки. Положение трубки фиксируют установочным винтом 5, вкрученным в отверстие М3. С правой стороны в трубку вставляют втулку 26 латунную на длину 12 мм, а с левой стороны — шток 3 тем концом, на котором резьба длиной 18 мм. Далее, пропускают шток через отверстие втулки 4 и 26, выводят его из трубки 2 на длину, примерно, 20 мм и привинчивают на этот конец болт 8 на длину около 15 мм. На другой конец штока надевают втулку 25 цилиндрической

выступом вперед и крепят ее к коробке винтом 27, после чего на этот конец штока навинчивают головку 36.

В отверстие 27 3,5 мм внутренней стенки коробки 1, с наружной стороны, вставляют нарезанной частью штырь 34 и закрепляют каждый гайкой 17, под которую кладут шайбу 32. В левое отверстие коробки вставляют штырь с отверстием $\varnothing 2$ мм. Перед установкой штыря на каждый из них навинчивают до отказа гайку 17. К правому штырю подсоединяют провод 29, который закрепляют гайкой 17 с шайбой 32. Второй конец провода пропускают через прямоугольное окно в трубке и отверстие, образующие продольным каналом втулки 4 и 26 в внутренней поверхностью трубки, и выводят наружу.

В среднее верхнее отверстие задней стенки коробки, с наружной стороны, вставляют винт 28 и на него надевают распорную втулку 30, спусковой крючок 31 и вторую распорную втулку. При этом следят, чтобы спусковой крючок вошел в среднюю впадину зубьев штока. Пружину 35 с одной стороны прикрепляют к левому штырю, а с другой — к спусковому крючку. Затем коробку закрывают крышкой 33, которую крепят пятью винтами 28 с гайками 17 (на главном виде оборочного чертежа коробку показаны со снятой крышкой). Гайка винта, который служит осью спускового крючка, находится в гнезде крючка, а остальные гайки — в гнездах задней стенки коробки.

Теперь детали 1, 2, 3, 4, 5, 8, 17, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 и 36 собраны в отдельный узел.

Затем собирают второй узел. Детали 7 и 21 располагают так, чтобы прорезь длиной 90 мм колеса 7 была внизу, занимала горизонтальное положение и находилась слева, а ось отверстий в проушине трубки 21 была бы перпендикулярна фронтальной плоскости. При этом ось второго колеса трубки должна занимать вертикальное положение. Затем в прямоугольные окна этих деталей заводят планку 14 и крепят через крайние ее отверстия винтами 15 с гайками 10. К левому присоединяют деталь 18 винтом 16 и гайкой 17. При правильном соединении деталь 18 должна обхватывать деталь 14. Широкой частью деталь 18 должна быть обращена вниз.

В детали 21 и 7 со стороны свободных концов вставляют захваты 23 и закрепляют штырями 22. При этом внутренняя поверхность губок захвата должна образовывать цилиндрическую поверхность с общей осью. Для увеличения надежности захватывания ампулы на внутреннюю поверхность губок захвата накладывают втулку 20 толщиной 1,5 мм. На вертикальную часть колеса надевают хомут 6 на высоте 105 мм от торца и стягивают его через верхнее отверстие винтом 13 и гайкой 19. Хомут надевают так, чтобы стягивающий винт находился с правой стороны колеса.

Этим заканчивают сборку второго узла, в который входят детали 6, 7, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22 и 23.

Далее собирают третий узел, состоящий из зеркала 12 и кронштейна 11. На кронштейн со стороны загиба проушины впадет зеркало и закрепляют его, загавля латки кронштейна из латунной стороны зеркала.

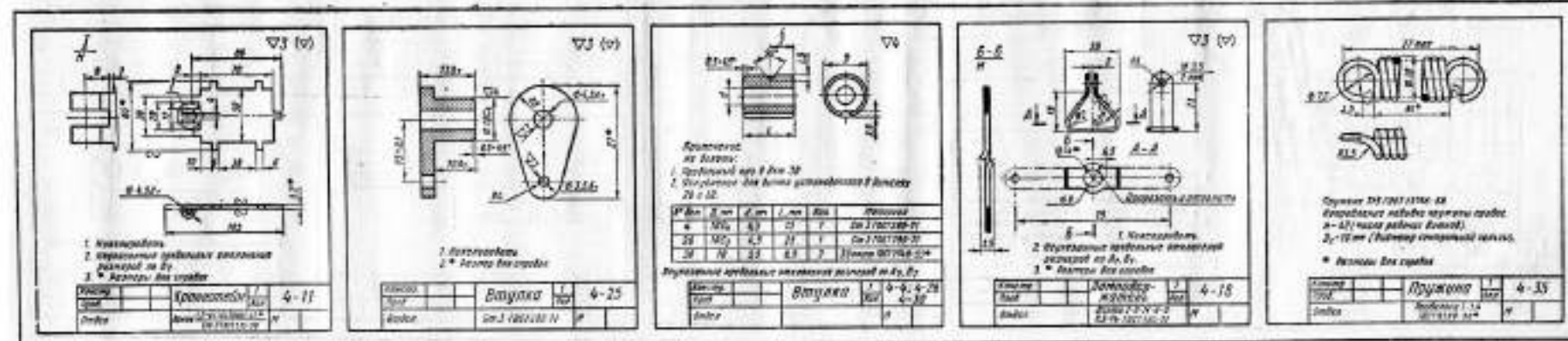
Затем собирают манипулятор из готовых узлов. Трубку 2 вставляют в колесо 7. Для этого проушину ползуна 8 заводят в прорезь колеса, которое до упора насаживают на втулку 26. Снаружи детали 2 и 7 соединяют хомутом 6, который стягивают винтами 24 с гайками 10. Ползун вместе со штоком перемещают вдоль оси колеса до тех пор, пока проушина ползуна не войдет в вилку трубки 21 и отверстие в проушине не сопадёт с отверстием винта; детали 8 и 21 соединяют винтом 5 с гайкой 10. Первый и второй узлы собраны.

К хомуту на вертикальной части колеса через его нижнее отверстие крепят кронштейн с зеркалом винтом 13 и гайкой 19. При этом зеркало должно занять горизонтальное положение и быть обращено латунной стороной вниз. Латунку навинчивают в деталь 18. Провод к лампочке заводят через колесо 7 и выводят из него через прямоугольное отверстие со стороны латунки. После этого провода слегка натягивают, зажимают конец и припаивают припоем ПОС 40, ГОСТ 1499—70, к полюсу лампочки.

Примечание. 1. На чертеже 4—8 размер 1,5 — высота зуба колеса.

2. На чертеже 4—21 размер 2,5 мм — ширина осей, выходящих из трубки 18.

3. На чертеже 4—30 длина обозначенной втулки должна быть не 5,5, а 7,5.



Вариант 5

Выполнять сборочный чертеж ограничителя по чертежам его деталей и техническим требованиям. Масштаб сборочного чертежа 1:1.

1. В зависимости от Числа делений 1, 2, 3, 4, 14, 15, 16, 19, 21 и 22 мм diam. 1/8" и 1/4" для конусов ГОСТа и для конусов (сферических) - дит. 7 - шлицевый, ГОСТ 307-66*; дит. 2 - гайка, ГОСТ 2938-60*; дит. 3 и 15 - шайбы рулевого механизма, ГОСТ 6403-70; дит. 4 - шпиг. ГОСТ 1431-72; дит. 14 - гайка, ГОСТ 2930-70; дит. 16 - шпиг. ГОСТ 1477-64*; дит. 19 - шайба, ГОСТ 11371-68*; дит. 22 - гайка, ГОСТ 2935-70; дит. 22 - шпайка А, 810Х110, ГОСТ 11371-68. 2. Для ступенчатых конусов и конусов с шаровидными делениями по шайбам ГОСТов, для конусов с делениями в сборочной единице; необязательно количество делений указывается самим.

Устройство и работа ограничителя. При перегрузке грузоподъемных устройств наблюдается обрыв канатов, поломка отдельных деталей, что может привести к аварии. Чтобы предупредить аварию, применяют ограничители. Ограничитель собирают в следующем порядке.

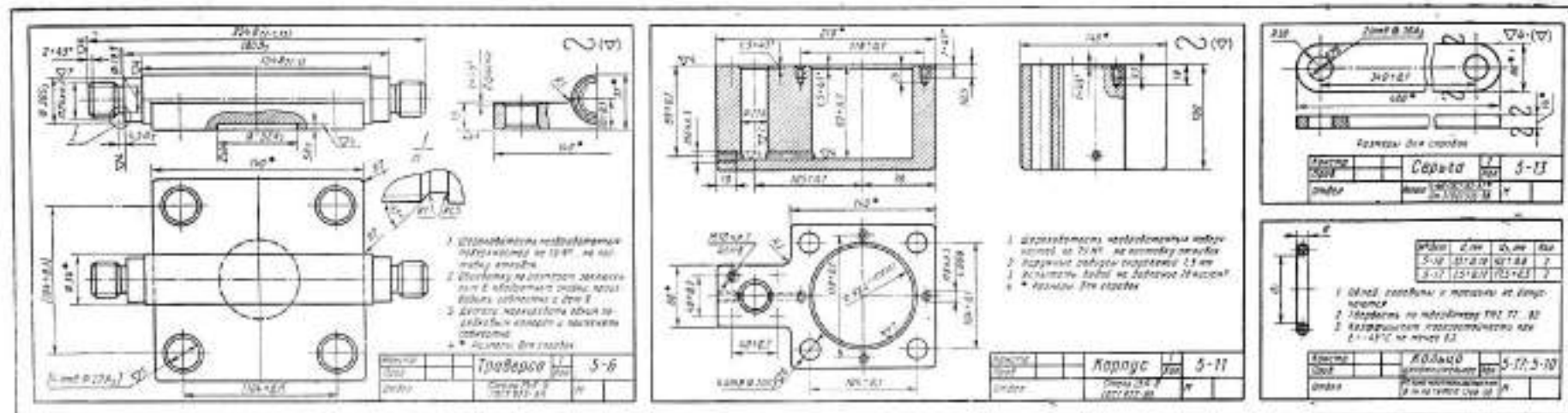
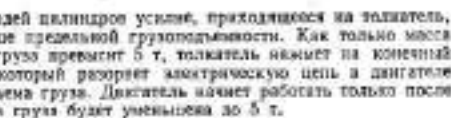
В отверстие 106 корпуса 11 завертывают винт 15 и обтягивают. После этого на дно корпуса устанавливают поршень 7 с шайбами на него колпачком 10. Затем закручивают ограничитель (отверстие 22А в корпусе 11) заданием рабочей жидкостью (маслом автола и веретинного масла) и дают выйти воздуху, выходящему под поршнем при заливке рабочей жидкости в любое гидравлическое устройство. При отсутствии воздуха в рабочих камерах недостаточен. Как только первая порция жидкости выработает замеры 22А, поршень медленно поднимают, доводя жидкость до тех пор, пока поршень не достигнет на 35 мм от дна. После этого в камеру устанавливают толкатель 23 с уплотнительными колпачком 17. Буриком 24 40 толкатель должен упереться в поверхность корпуса. На выступ

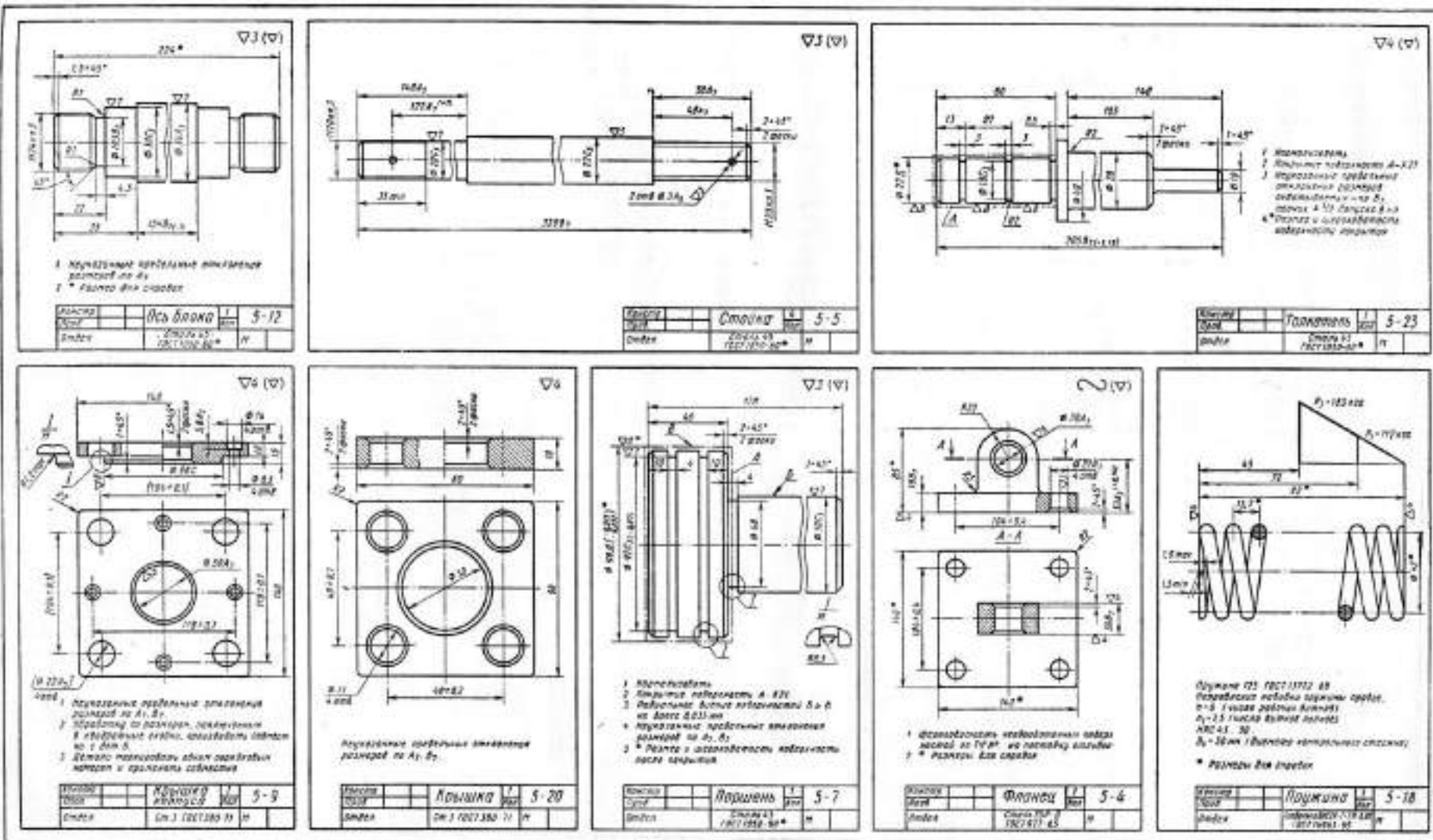
нижнюю часть толкатель надевают пружину 16 и крышку 20. Крышку крепят к корпусу шпильками 22 и гайками 21 с шайбами 19. Гайки затягивают настолько, чтобы пружина осталась в свободном состоянии.

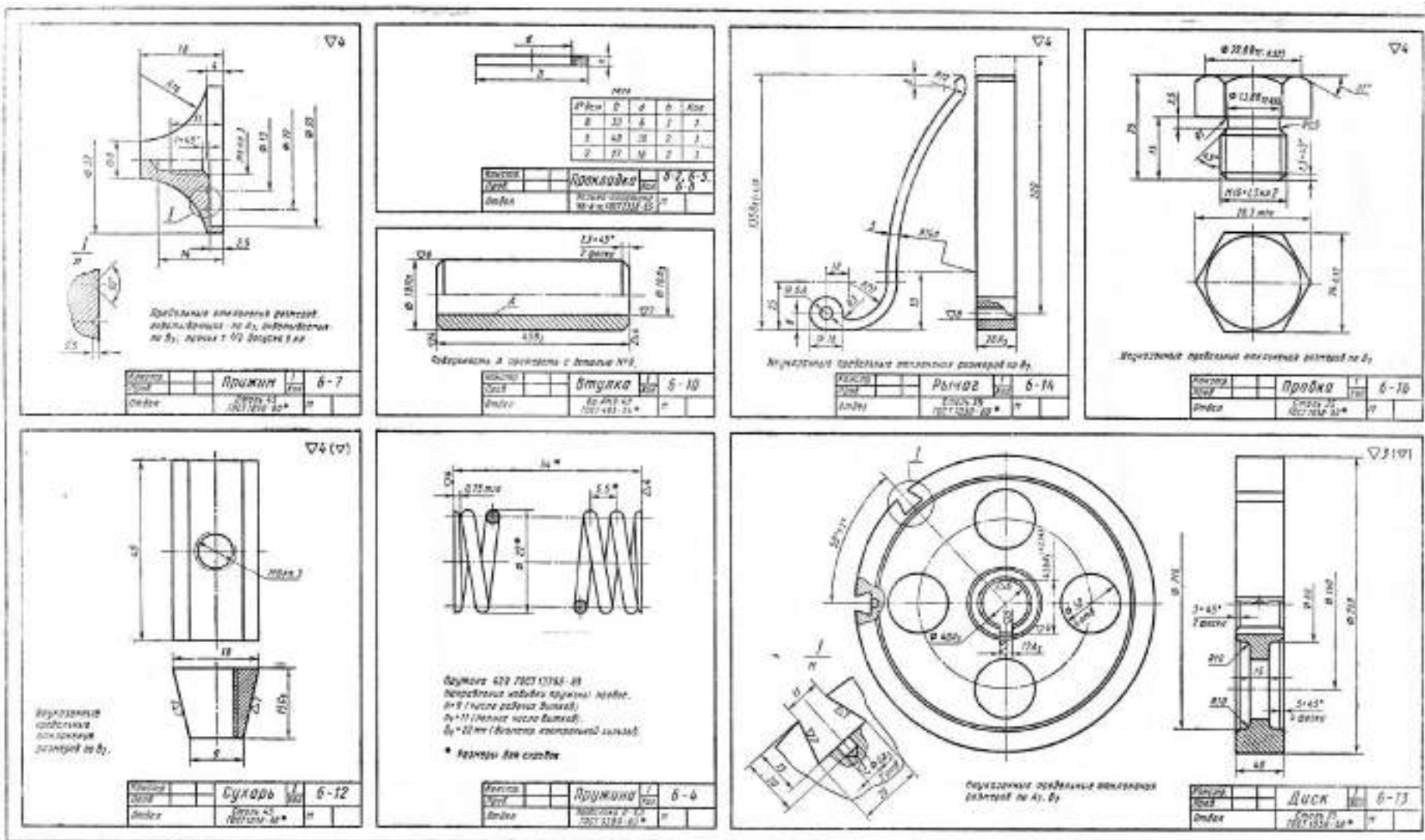
В отверстие корпуса 204, вставляют стойки 5 шейками 20С, и закрепляют гайками 2 с шайбами 3. Чтобы гайки самопритягивались не отворачивались, в отверстие 203 стойки вставляют шпильки 1. На противоположные концы стоек и на торцы надевают крышку 9 корпуса. Выступ 208 крышки должен войти в рабочую камеру корпуса. Крышку закрепляют на корпусе винтами 8. После этого на стойки насаживают traversy 6 так, чтобы расстояние между 7 входил в углубление 202. На шпильки 20С, traversy 5 и на концы 201 22 блока надевают серы 13. Серы закрепляют гайками 14 с шайбами 15 (на торцы надо положить, серы в вертикальном положении). Далее на стойки 5 надевают фланец 4 ушком вверх и закрепляют его гайками 2 с шайбами 3 и шпильками 1.

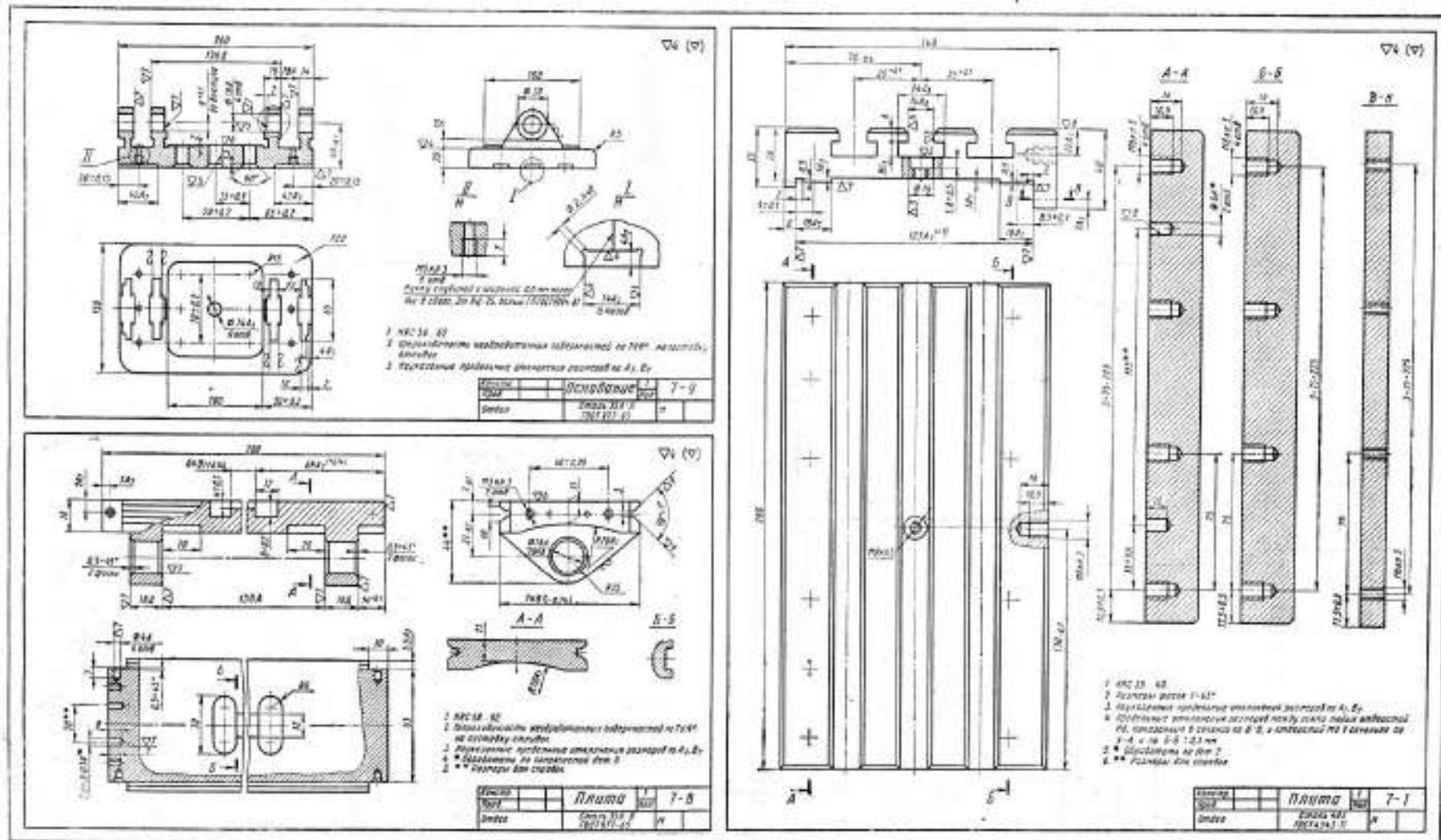
Соборный ограничитель подвешивают к тележке мостового крана или телефера грузоподъемностью 5 т. В обоих случаях предусматривается двукратный запас по уравновешивающему блоку, который связывают с тележкой и подвешивают на ось 12. Флажок 4 навешивают проушиной на ось, к которой был снят уравновешивающий блок (рис. 1).

Собранный и установленный на место гидравлический агрегат работает следующим образом. Усилие от поднимаемого груза передается через сороги 13 на traversy 6, который давит на поршень 7. Поршень выжимает жидкость под толкатель 20 и поднимает его. При этом толкатель сжимает пружину 18. Вследствие









Вариант 8

Проступая к выполнению сборочного чертежа, ознакомиться с конструкцией каждой детали и со всеми обозначениями на рабочих чертежах.

Примечание 1. Чертежи деталей 5, 6, 9, 13 и 14 по рисункам: дет. 5 — лист №8, ГОСТ 1477—64*; дет. 6 — листы 4Гх20, ГОСТ 3128—70; дет. 9 — лист №8, ГОСТ 1477—64*; дет. 13 — листы 28 6.86, ГОСТ 3722—68, материал ШХ9 (покупной); дет. 14 — лист №8, ГОСТ 1401—72.

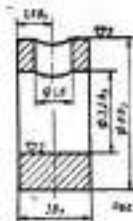
Перечисленные стандартные детали найти по номеру ГОСТа в техническом справочнике. Недостатки размеров этих деталей выбрать по таблицам ГОСТов, учитывать количество деталей в сборочной единице; необходимое количество деталей указать в списке. Обозначения стандартных деталей в спецификации сборочного чертежа должны отвечать условиям обозначения, принятым в ГОСТах.

Устройство и работа кондуктора. Кондуктор с бункерной загрузкой деталей служит для сверления и напайки отверстия $\varnothing 1,6$ мм (рис. 1); конструкцией обеспечивается полуавтоматический устанoвкa в слeдe шпaйдeл.

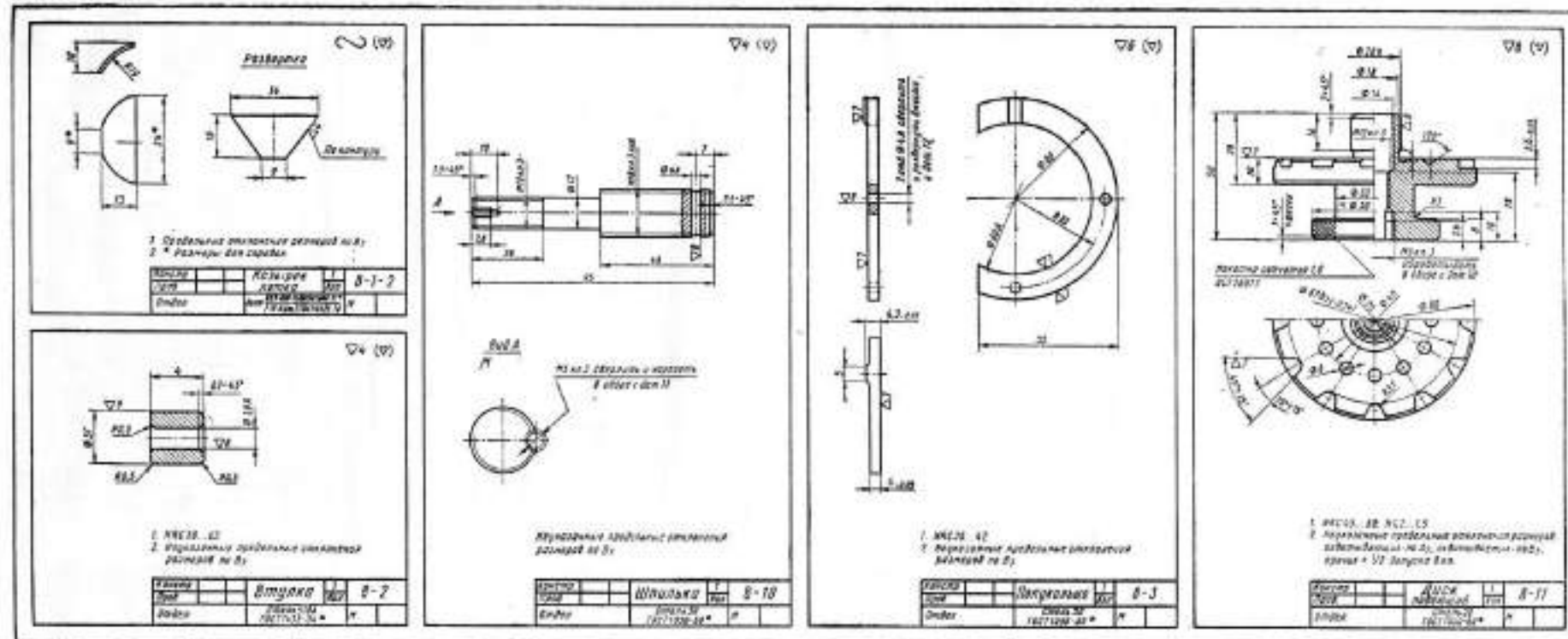
В расточку Ø 80 корпуса 12 закладывает полукольцо 3 так, чтобы выступ его шириной 5 мм оказался снаружи. Полукольцо

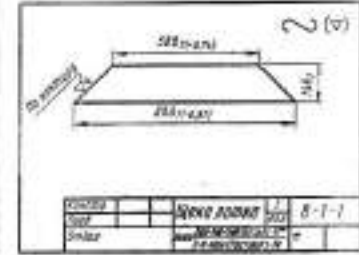
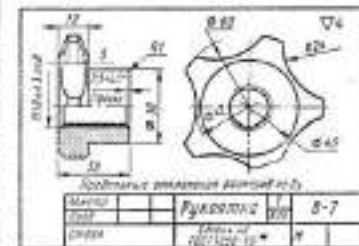
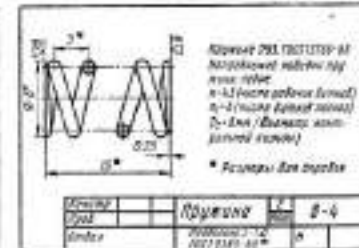
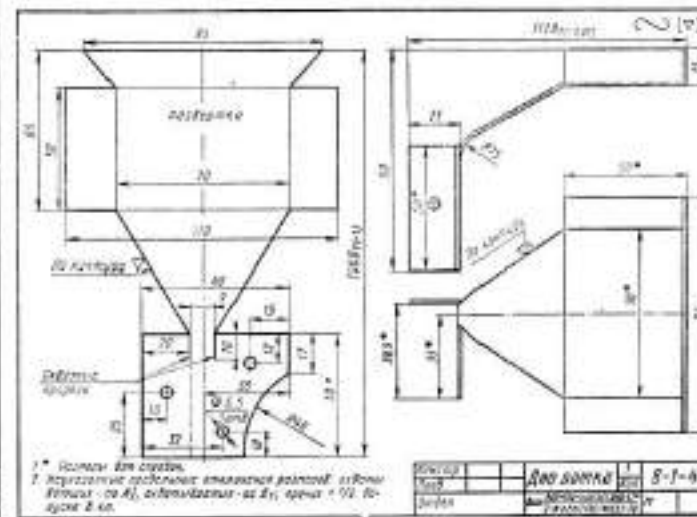
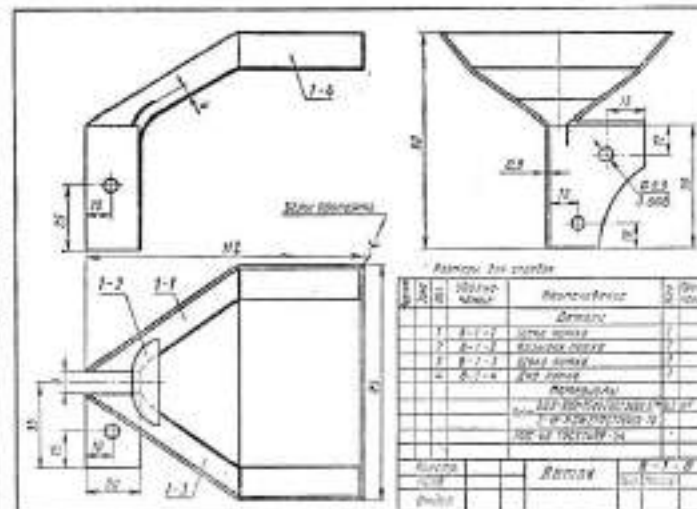
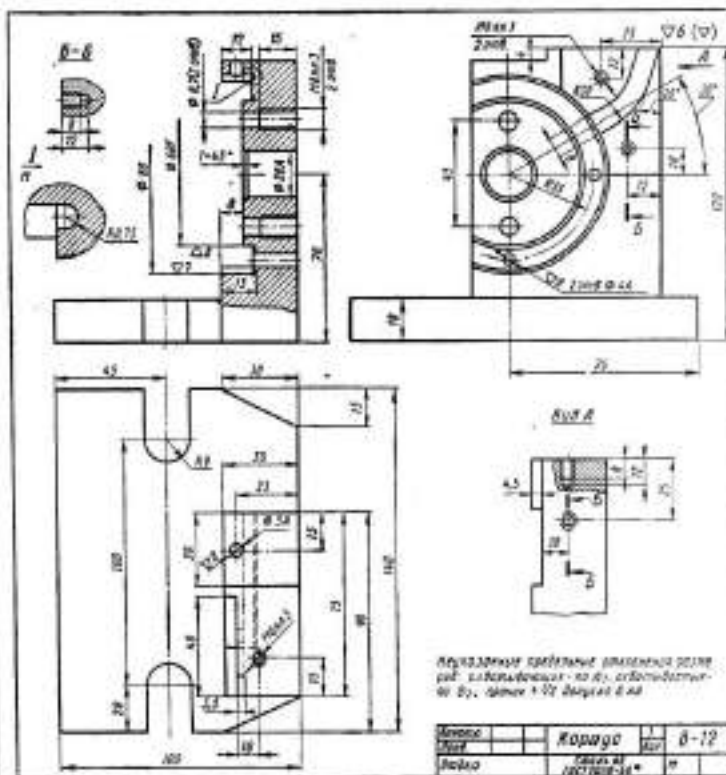
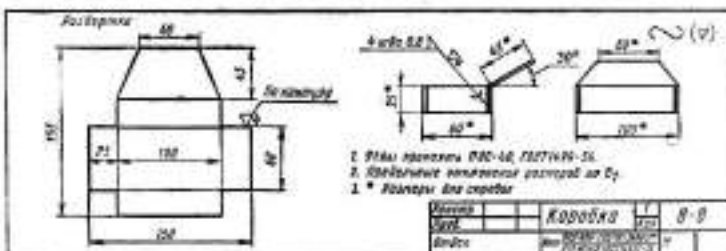
крепят штифтами 6. В отверстие $\varnothing 5$ корпуса 12 впрессовывают ступицу 2 заподлицо с плоскостью корпуса. Бушера-дотик, состоящий из четырех деталей, спаянных одна с другой (см. чертеж 1—0), помещается к корпусу 12 винтами 14 так, чтобы концы 1—0

приваривают к корпусу 12 винтами 14 так, чтобы концы 14 в бункера оказались над отверстием канала шириной 8 мм в корпусе. Рукоятку 7 со стороны стержня $\varnothing 12$ шпильки 10 навинчивают так, чтобы звездочка оказалась со стороны отверстия $\varnothing 4$ шпильки. В это отверстие запрессовывают штифт 6, который препятствует сдвиганию рукоятки. Между деталями 6 и 7 предусматривается зазор 0,2—0,3 мм. Шпильку устанавливают в отверстие $\varnothing 20$ корпуса 12 так, чтобы конец ее в резьбе M12 попался со стороны фиксации отверстия $\varnothing 20$. На свободный конец шпильки навинчивают диск 11 в стопорит его винтом 9. В каждое отверстие M8 корпуса закладывают шарик 13, рукоятку 4 и



завинчивают болтом 5 заводилом с плоскостью корпуса. В лоток 1 засыпают заготовку, которые, поступают в канал корпуса 12. Из канала заготовка попадает в гнездо диска 11. Заготовка, не попавшая в канал, падает в коробку 8, из которой их периодически пересыпают в лоток 1. Подвижный диск рабочий вращает вручную, для чего поворачивает рукоятку 7 на $\frac{1}{4}$ оборота влево. При этом вначале выбирается зазор между рукояткой и штифтом 6, что происходит благодаря двойной резьбе, штифтовой пары, а затем поворачиваются на $\frac{1}{4}$ оборота диск 11, и шарик-фиксатор 13 заскакивает в отверстие диска. После этого рабочий поворачивает рукоятку 7 на $\frac{1}{4}$ оборота вправо, подготавливая тем самым подвижный диск 11 к корпусу 12. При этом штифт 6 зажимается в верхний гнездо диска. Рабочий вводит сперва через штуку 2 и проворачивает в штифт отверстие. При последующих оборотах диска штифт выходит из гнезда на лоток коробки 8. Для удаления стружки из гнезда выступающую часть внутренней поверхности диска периодически обдувают сжатым воздухом.





Вариант 9

Выполнить сборочный чертеж насоса в масштабе 1:1 по рабочим чертежам деталей и описанию его устройства. Приступая к выполнению сборочного чертежа, ознакомьтесь с конструкцией каждой детали и ее всеми обозначениями на рабочих чертежах.

Примечание. Чертежи деталей 9, 10, 11, 13, 17, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 28 и 34 не даны. Не следует искать по номеру ГОСТа и техническим спецификациям: дет. 9 — шайба стопорная 11—2, ГОСТ 3893—80; дет. 19 — гайка, ГОСТ 8815—76; дет. 11, 17 и 24 — болты, ГОСТ 7798—76; дет. 13 — болт, ГОСТ 7805—70; дет. 17 — роликоподшипник 7306, ГОСТ 323—71; дет. 20 — шайба 24—500, ГОСТ 11371—89; дет. 22 и 29 — штифты, ГОСТ 3126—76; дет. 24 — шпилька, ГОСТ 387—67; дет. 25 — шайба, ГОСТ 11371—89; дет. 26 — шарикоподшипник 1206, ГОСТ 6780—81.

Недостатки размеров и материалов стандартных деталей подобрать по таблицам ГОСТов, учитывая возможность этих деталей в сборочной единице; необходимого качества деталей указать на эскизе. Обозначения стандартных деталей в спецификации сборочного чертежа должны отвечать указанным обозначениям, принятым в ГОСТах. Чертежи на прокладках 5, 7, 12, 15, 20, 31 и 32 не даны, так как их формы и размеры показаны на эскизах устройства насоса.

Устройство и работа насоса. Станции САГ служат для автоматической подачи густой смазки и трущихся поверхностями механизма через определенные промежутки времени, соответствующие принятому режиму смазки. Основной сборочной единицей САГ является двухплунжерный нагнетательный насос. Собирают насос в следующем порядке.

В отверстие $\varnothing 65A$ корпуса 1 вставляют цилиндр 30 с надетой на него прокладкой 29 из картона толщиной 1,5 мм.

Перед установкой цилиндра в его боковое отверстие $\varnothing 6A$ запрессовывают и расчеканивают штифт 28. Цилиндр в корпус крепят болтами 34. Затем собирают плунжеры. В отверстие $\varnothing 5A$ шатуна 3 устанавливают штифт 22. Нижнюю часть шатуна с запрессованным в отверстие $\varnothing 30H$ шарикоподшипником 26 заводят в пазы рабочего плунжера 2. Штут соединяют с плунжером пальцем 23. Для предотвращения осевого смещения шарикоподшипника в пазу плунжера с обеих сторон подшипника устанавливают шайбы 25.

На выступающий из паза конец пальца надевают еще одну шайбу 25, после чего палец крепят шпилькой 24. Аналогично собирают второй штут с распределительным плунжером 27. Собранные плунжеры вставляют в соответствующие отверстия цилиндра 30: рабочий плунжер в отверстие $\varnothing 12A$, распределительный — в отверстие $\varnothing 10A$.

На шпильку $\varnothing 25H$ эксцентрикового вала 16 надевают упорные шайбы 20, затем запрессовывают внутренние обоймы роликоподшипников 19. В таком виде вал вставляют в корпус 1 через отверстие $\varnothing 85A$.

Наружные обоймы роликоподшипников запрессовывают в стаканы 4 и 18. Стаканы затем вставляют в соответствующие отверстия $\varnothing 85A$, а корпус в крепят болтами 17. Под стаканы ставят предварительно картонные прокладки 15 толщиной 1,5 мм.

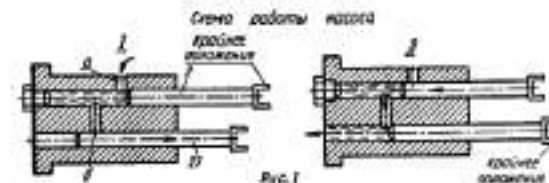
Рабочий плунжер соединяют с эксцентриковым валом следующим образом. В штут 3 и крышку шатуна 8 помещают вкладыши 21. Вкладыши фиксируют установленными ранее в корпус и крышку шатуна штифтами 22. Штут и крышку вместе с вкладышами соединяют на эксцентрик вала $\varnothing 50X$ болтами 13 и гайками 10. Для предупреждения самоотвинчивания гаек под них ставят стопорные шайбы 9, концы которых отгибают на грань гайки и толщину шатуна. Для уплотнения этого соединения между штутном и крышкой с обеих сторон ставят прокладки 7 (две штуки толщиной 0,1 мм каждая). Также соединяют распределительный плунжер 27 с другим эксцентриком вала.

Верхнее отверстие корпуса закрывают крышкой 6 с картонной прокладкой 5 толщиной 1,5 мм, а торцовое отверстие корпуса — крышкой 14 с картонной прокладкой 12 толщиной 1,5 мм. Обе крышки крепят к корпусу шпильками 11. В цилиндре 30 отверстие M14, являющееся продолжением полости рабочего плунжера, закрывают пробкой 33 с алюминиевой прокладкой 31 толщиной 2 мм. Отверстие M14 в нижней части корпуса также закрывают пробкой 33 с картонной прокладкой 32 толщиной 1,5 мм.

Познакомившись с работой двухплунжерного насоса. При вращении эксцентрикового вала в направлении, указанном на кор-

пусе стрелкой, оба плунжера совершают взаимно-поступательное движение. Вследствие относительного углового смещения эксцентриков рабочий плунжер при движении несколько опережает распределительный плунжер.

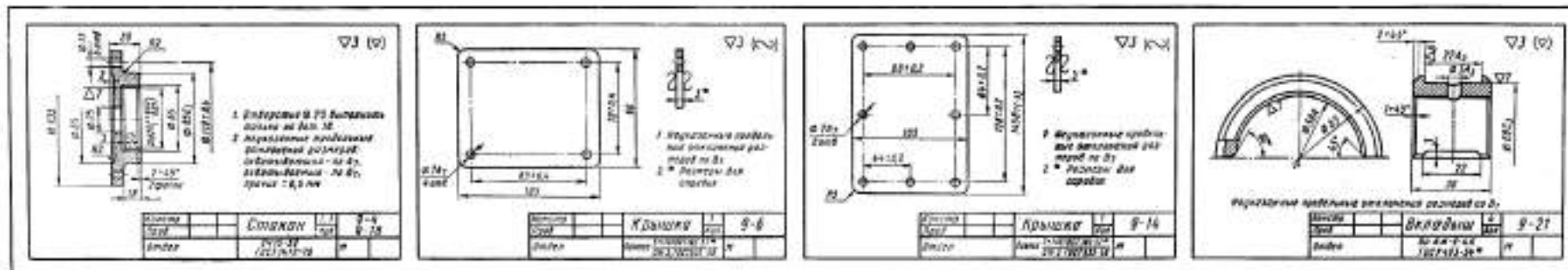
В положении 1 (рис. 1) рабочий плунжер 2 находится в правом крайнем положении, а распределительный плунжер 27 движется

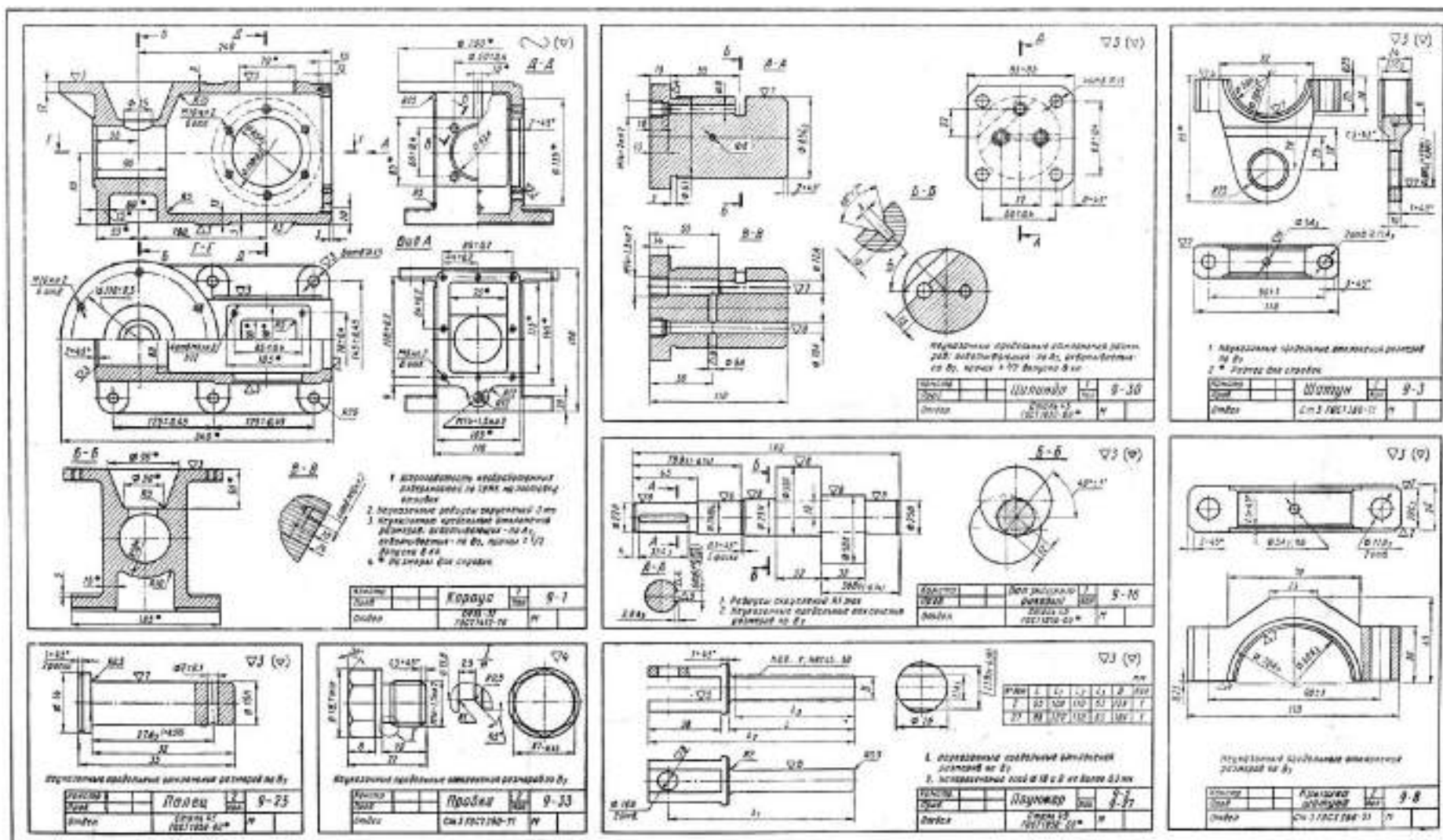


вправо; при этом полость цилиндра рабочего плунжера заволакуется смазкой через всасывающий паз, соединенный с резервуаром станции. Канал 6, соединяющий полости рабочего и распределительного плунжеров, перекрывается распределительным плунжером.

В положении 11 распределительный плунжер, продолжая двигаться вправо, открывает канал 6, вследствие чего рабочий плунжер, двигаясь по направлению, указанному стрелкой, начинает вытеснять смазку по каналу 6 в полость распределительного плунжера и трубопровода магистрали. Давление в магистрали быстро возрастает; по достижении заданной величины давления срабатывает регулятор станции и отключает электродвигатель.

Через определенные интервалы времени командный электромагнитический прибор станции включает электродвигатель; в результате этого плунжерный насос начинает нагнетать смазку по другому трубопроводу, и весь процесс повторяется.





Вариант 10

Выполнить чертеж редуктора по рабочим чертежам деталей и сборки устройства. Масштаб сборки чертёж 2,5:1.

Примечание. Чертеж дт. 11 дан, ГОСТ 17473-72 не дан; размеры и материалы шланга надо выбрать по справочнику.

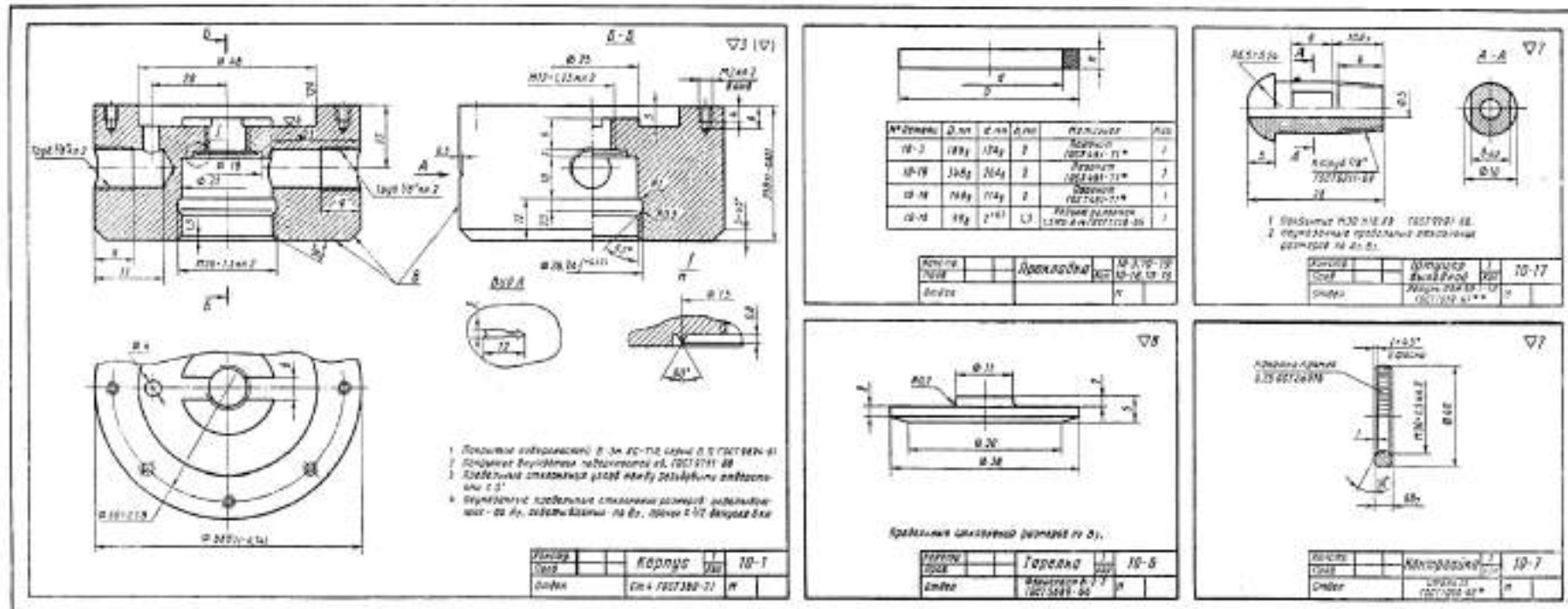
Устройство и работа редуктора. Редуктор предназначен для снижения давления сжатого воздуха и поддержания постоянства этого давления. Собирают редуктор в следующем порядке.

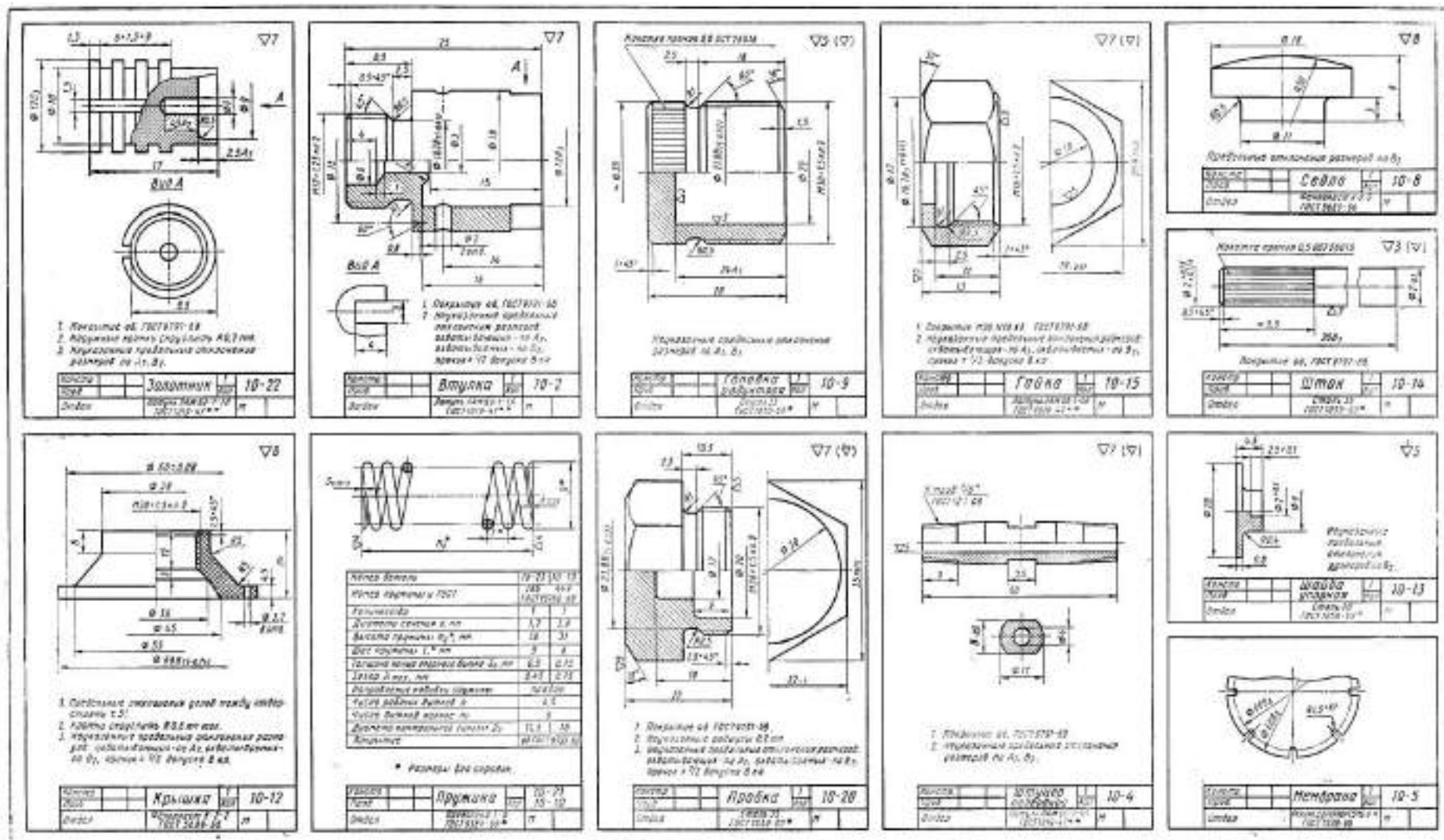
В отверстие М12 корпуса 1 со стороны отверстия М26 ввертывают до упора направляющую штулку 2. Предварительно на конец штулки с резьбой М12 надевают прокладку 3. Шток 14 золотника задаточным концом вводят на всю глубину в отверстие золотника 22; затем на шток надевают прокладку 16 на vulkanizirovannoy резинки так, чтобы она вошла в расщелку золотника 9. После этого кромки золотника закатываются. Золотник 22 штоком вводит в отверстие 3 направляющей штулки 2 со стороны отверстия 124. Затем в отверстие М26 корпуса вставляют пружину 21 и ввертывают до упора пробку 20 с вдетой на нее проклад-

кой 19. На шток 14 золотника со стороны отверстия 48 корпуса надевают упорную шайбу 13; на нее последовательно накладывают резиновую мембрану 5 и гладкой стороной к мембране тарелку 6. После этого к корпусу крепят крышку 12 винтами 11. В отверстие крышки вставляют пружину 10 так, чтобы выступ тарелки входил в пружину. С другого конца в пружину вставляют выступом седло 8, после чего в крышку ввертывают головку 9 редуктора. Самооткидывание головки предотвращается контргайкой 7. Подводящий штуцер 4 ввертывают в отверстие корпуса Труба 1/4 кл. 2, которое сообщается с цилиндрической полостью 25. Другой конец штуцера служит для соединения с трубой, подводящей воздух к редуктору. В отверстие корпуса с резьбой Труба 1/4 кл. 2, сообщаемое с цилиндрической полостью 46, ввертывают выходной штуцер 17, на который предварительно надевают гайку 15 со вставленной в нее прокладку прокладкой 18. Эту гайку ввертывают на выходную трубку.

Рассмотрим принцип работы редуктора. Воздух из подво-

дного штуцера 4 поступает в нижнюю камеру корпуса 1 и далее направляется в отверстие 3 штулки 2, которое под действием пружины 21 перекрывается окладным 16 золотником. Воздух может проникнуть к выходному штуцеру 17 лишь при отходе золотника 22 вниз. Золотник отводится вниз головкой 9 редуктора. При вращении головки, закрученной в крышку 12, пружина 10 давит на мембрану 5 и прогибает ее вниз. При этом мембрана давит на шайбу 13, отжимая золотник с вкладышем, и открывает отверстие 3 штулки 2. Величина давления, поддерживаемая редуктором, зависит от степени открытия отверстия 3, которая устанавливается головкой 9 редуктора. Понижение давления подводящего воздуха вызывает прогибание мембраны вниз под действием пружины 10 и, следовательно, дополнительный выпуск воздуха, который доводит давление в отводном штуцере до прежней величины. Увеличение давления воздуха вызывает прогиб мембраны вверх, что позволяет пружине 21 уменьшить открытие отверстия 3, т. е. уменьшить количество и давление поступающего воздуха.





Вариант 11

Выполнить сборочный чертёж штампа по рабочим чертежам его деталей и элементов устройства. Масштаб сборочного чертежа 1:1. Проставить в выложенном сборочном чертеже, выполненном с конструкцией каждой детали и со всеми обозначениями на рабочих чертежах. Изложить ленту 1 раскрасить по сборочному чертежу, как она выглядит на чертеже детали. Пуансон 12 изобразить в крайнем нижнем положении.

Примечание. Чертежи деталей 4, 5, 6, 7 и 8 не даны. Их надо найти по номеру ГОСТа и техническим характеристикам: дет. 4 и 5 — болты, ГОСТ 7980—70; дет. 6 — шпиль, ГОСТ 1401—70; дет. 4 и 7 — шпиль, ГОСТ 3123—70. Размеры стандартных деталей выбрать по таблицам ГОСТов, учитывая толщину этих деталей в сборочной единице; необходимое количество деталей установить самим.

Устройство и работа штампа. Штмп предназначен для гибки шпалитов диаметром 8 мм, однако при изменении размеров пуансона в матрице, не требующем переделки конструкции штампа, он может служить для гибки шпалитов и других размеров. Штмп собирают в следующем порядке.

К нижней плите 1 четырьмя болтами 5 крепят матрицу, состоящую из двух половинок — левой (дет. 2) и правой (дет. 3). Внутренняя поверхность матрицы сверху окна плавно выгибается до вертикальной плоскости до поверхности, создающей при штамповке отверстие внешнего контура головки окончательно изогнутого шпалита. Положение деталей 2 и 3 на плите 1 фиксируется четырьмя цилиндрическими штифтами 4. К матрице двумя винтами 6 крепят ограничитель 13, изогнутый конец которого находится слева и обращен к отверстию. Теперь детали 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 13 собраны в один узел.

Далее собирают другой узел. Пуансон 12, поперечное сечение которого соответствует отверстию головки шпалита, верхним концом вставляют в отверстие пуансонодержателя 10, раскрасивают и обрабатывают заготовку. Цилиндрический выступ пуансонодержателя $\varnothing 70C$, вставляя в соответствующую расточку упора 11 со стороны фланца. Упор 11 предотвращает изгиб заготовки шпалита



во фронтальной плоскости в момент перегибания пуансона вниз. Второй выступ пуансонодержателя $\varnothing 125C$, вставляя в цилиндрическое углубление верхней плиты 8. Детали 8, 10 и 11 скрепляют четырьмя болтами 9, причем один болт, благодаря выступу на детали 11, скрепляет только детали 8 и 10. Относительное положение деталей 8 и 10 при сборке определяется установочным штифтом 7. Детали 7, 8, 9, 10, 11 и 12 составляют второй узел.

Затем нижнюю плиту первого узла прикрепляют к столу пресса, в хвостовик верхней плиты второго узла соединяют с боковым прессом.

Рассмотрим работу штампа. Ее можно разделить на следующие операции.

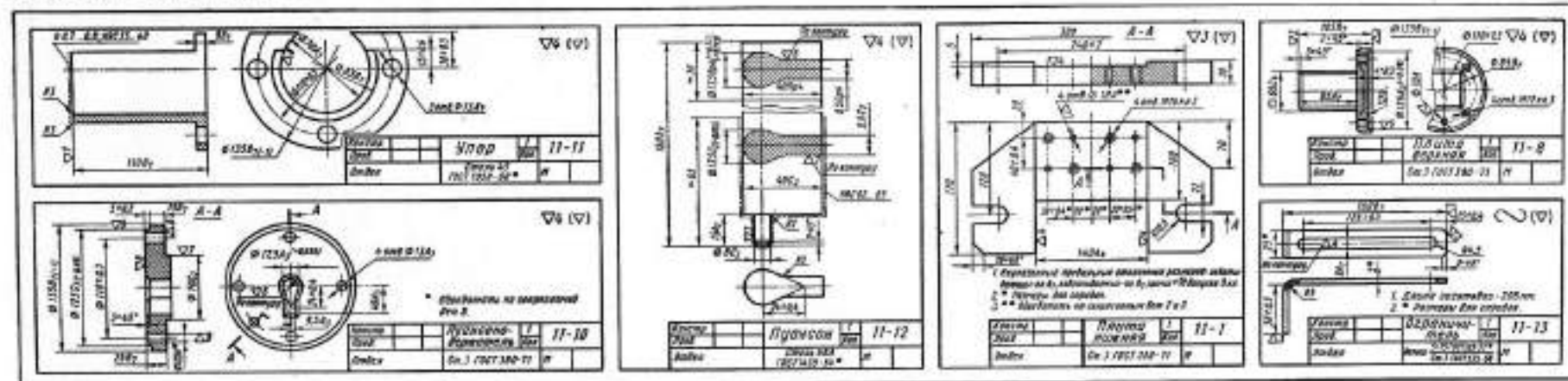
1. Ограничитель 13 устанавливают так, чтобы получить нужную длину шпалита.

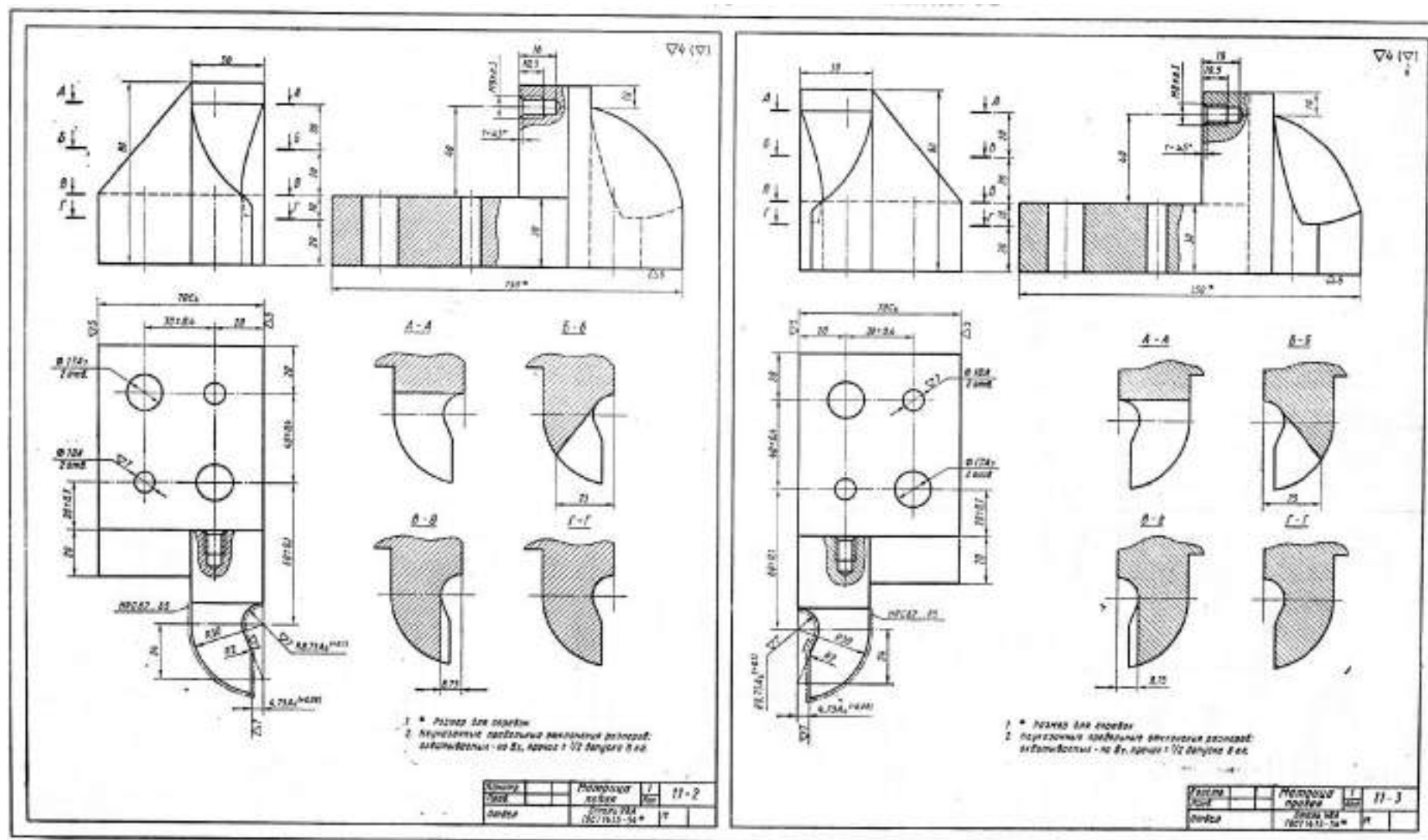
2. Полушпалит стоит в верхнее положение с таким расчетом, чтобы между вертикальной плоскостью матрицы и цилиндрическим выступом пуансона $\varnothing 8C$ образовался зазор, равный толщине заготовки шпалита (пуансон при этом находится в крайнем верхнем положении).

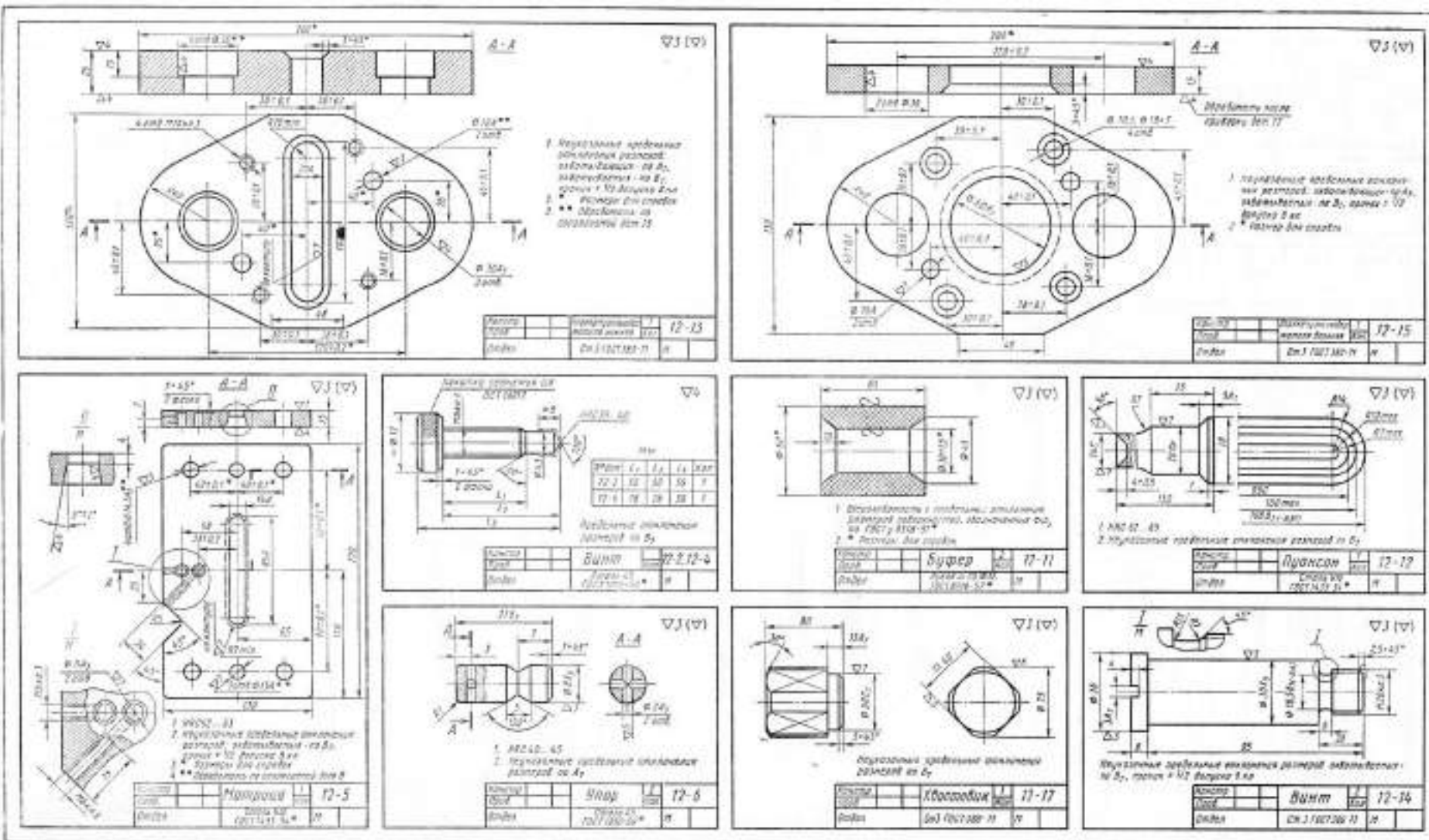
3. В зазор вставляют заготовку шпалита, которая одним концом упирается в ограничитель.

4. Пуансон с упором перемещают вниз, при этом заготовка шпалита следует за ним и выгибается по изогнутой поверхности матрицы, которая придает заготовке в конечной стадии движения пуансона необходимую форму.

5. Шпалит, пройдя через матрицу, слегка разжимается вследствие упругости материала. Поэтому при ходе полушпалита вверх шпалит изгибается за край матрицы, снимается с выступа пуансона и проваливается в отверстие стола пресса. Геометрия направляющей поверхности матрицы, изготовленной по закону образования антициклонического цилиндра, показана на рис. 1.







Вариант 13

Выполнить сборочный чертёж домкрата по рабочим чертежам его деталей в единичном устройстве. Масштаб 1:1.

Примечание. Чертежи деталей 3, 6, 11, 15, 21, 22, 23, 24 указаны: дет. 3 — винт М6х20, ГОСТ 1481—64*; дет. 6 — винт М6х10, ГОСТ 17475—79; дет. 11 — шпираль Ø10, ГОСТ 3723—60; дет. 15 — винт М4х6, ГОСТ 1481—72; дет. 21 — шпираль 3х15, ГОСТ 307—66*; дет. 22 — болт М5х45, ГОСТ 7798—79; дет. 23 — гайка М6, ГОСТ 9427—76; дет. 24 — шайба 8, ГОСТ 11371—66*. Недостающие размеры стандартных деталей выбрать по таблицам ГОСТов.

Устройство и работа домкрата. Домкрат предназначен для подъёма ферм мостовых кранов при замене их секций.

Собирают домкрат в следующем порядке. К боковой поверхности цилиндра 1 на расстоянии 5 мм от гладкого торца его приваривают плоским швом с катетом 5 мм трубку 2 так, чтобы отверстие Ø5 цилиндра выходило внутрь трубки.

В манжету 3 устанавливают шайбу 5, затем манжету крепят к плунжеру 16 винтом 6. В сферическое гнездо плунжера помещают шайру 11; чтобы он не выпал, на плунжер навинчивают до упора

гайку 12. Плунжер в сборе устанавливают в трубку 7 манжетой во внутрь.

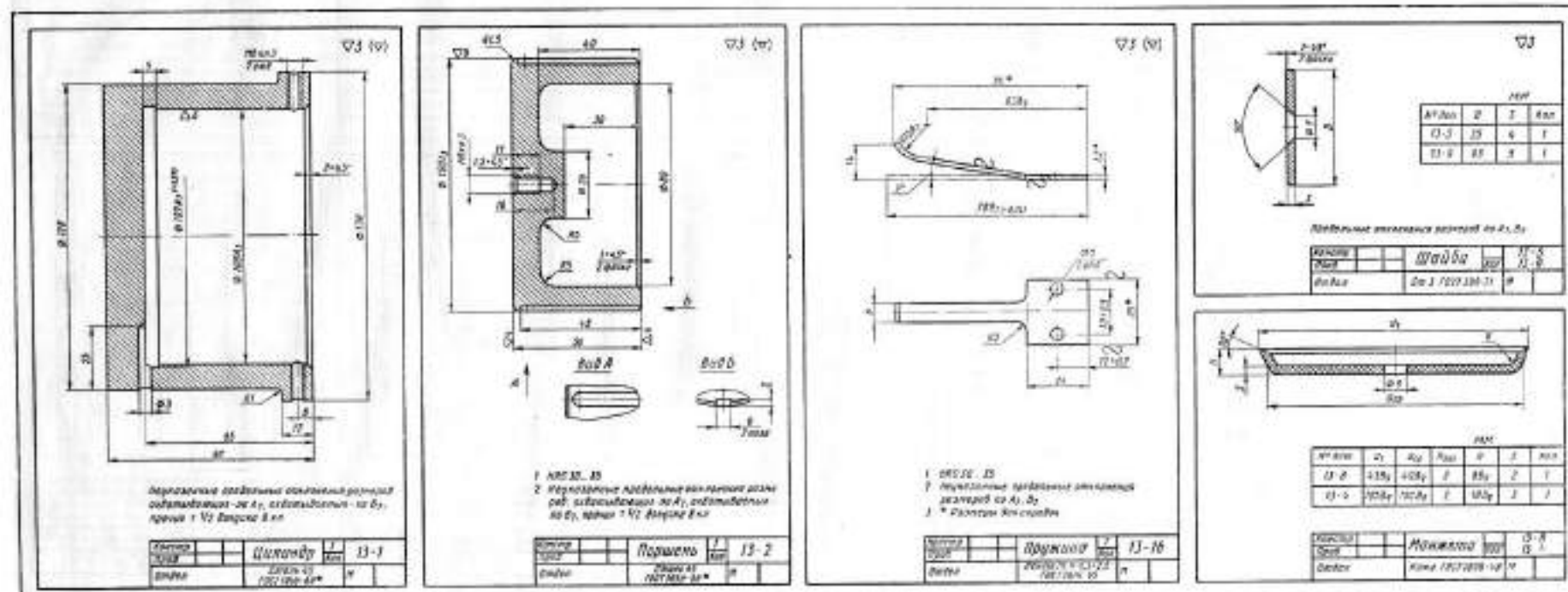
На резьбу М56 трубки навинчивают до отказа гайку 14. Затем в эту гайку навинчивают винт 13 до тех пор, пока шпираль 11 не войдёт в сферическое гнездо винта.

На хвостовое колесо 17 с обеих сторон надевают шени 18 так, чтобы расстояние между ними было 10 мм. Шени соединяют пальцем 20, на который надеты собачки 19. От выпадения пальцев удерживаются шпиралью 21. Собачку на палец надевают так, чтобы зуб её вошёл во впадину зуба хвостового колеса; к хвостовому колесу собачку прижимает пружина 16, которую крепят к щекам винтами 15. Между щеками устанавливают ручку 25 так, чтобы ось отверстия Ø8,5 щеки и ручки совпали. Затем в эти отверстия вводят болты 22, которые закрепляют гайками 23 с шайбами 24. Хвостовое колесо в сборе надевают на квадратный конец винта 13 так, чтобы пружина 16 оказалась на чертеже сверху.

К поршню 2 винтом 5 крепят манжету 4 со вставленной в нее заранее шайбой 3. В цилиндр 1 наливают масло, которое через отверстие Ø5 цилиндра проходит в трубку 7 и заполняет в ней все свободное пространство. Поршень в сборе устанавливают в цилиндр 1 манжетой вниз. В отверстие М6 цилиндра навинчивают два винта 3, которые служат упорами и не позволяют поршню выходить за пределы цилиндра. На чертеже поршень удобнее показать в нижнем крайнем положении при вертикальной оси цилиндра 1, а винт 13 повернутым до отказа.

На этом сборку домкрата заканчивают.

Во время ремонта крана домкрат ставят на площадку подкранового рельса и приводят в действие вращением винта 13 при помощи ручки 25 и хвостового механизма. Винт 13, вращаясь в гайке 14, давит на плунжер 16 шпиралью 11. Масло, находящееся в трубке между плунжером и цилиндром, вытесняется под поршень, поднимая его, а вместе с ним и ферму крана.



Вариант 14

Выполнить оборочный чертёж штампа по рабочим чертежам его деталей и основного устройства. Установить необходимые численные промеры. Масштаб чертежа 1:1.

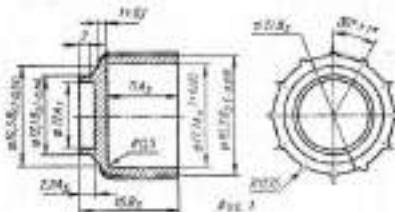
Примечание. Чертежи деталей 7, 8, 10, 16, 24 и 25 не даны. Их следует выдать в техническом оформлении по указанным ГОСТам: дет. 7 — винт М10х50, ГОСТ 1491—75; дет. 8 — гайка М10, ГОСТ 8827—70; дет. 10 — шпатель цилиндрический 100х70, ГОСТ 3128—70; дет. 16 — винт М10х70, ГОСТ 1491—75; дет. 24 — шпатель цилиндрический 100х50, ГОСТ 3128—70; дет. 25 — шпатель цилиндрический 100х30, ГОСТ 3128—70.

Обозначения стандартных деталей в спецификации оборочного чертежа должны соответствовать обозначениям, принятым в соответствующих ГОСТах.

Назначение и устройство штампа. Штампы такой конструкции могут служить для холодной штамповки небольших алюминиевых деталей методом выдавливания (с возможным обратным выдавливанием) на кривошипных прессах. Штамп, чертежи деталей которого приведены в задании, предназначен для выдавливания алюминиевых коленчатых, изображенных на рис. 1. Штамп состоит из подвижной (верхней) и неподвижной (нижней) частей. Нижнюю часть собирают так. В отверстие $\varnothing 10$ основания 8 забивают сверху на глубину 15—20 мм шпатель 10. На шпатель накладывают прокладку 16 и укладывают в расточку $\varnothing 130$ основания 8 так, чтобы отверстие $\varnothing 8,5$ деталей 8 и 15 совпало. В эти отверстия головками вверх пропускают пальцы 14. Сверху на них и прокладку 15 кладут диск 13, а на него головкой вниз — выталкиватель 15. Затем отдельно собирают детали 11, 12 и 17. Их оставляют одну в другую до упора: матрицу 12 в кольцо 11, а кольцо 11 — в обойму 17. Собранный узел накладывают на выступающий вверх стержень $\varnothing 13$ выталкивателя 16 и на

шпатель 10, при этом диск 13 должен оказаться в расточке $\varnothing 50$ матрицы 12. Узел крепят плитой 18 к основанию 8.

В отверстие $\varnothing 25$ основания 8 запрессовывают на глубину 50 мм колонку 7, а в гнездо М10 заворачивают стойку 6, на которую накладывают пружины 9. На пружины укладывают срезинку 5 конусной

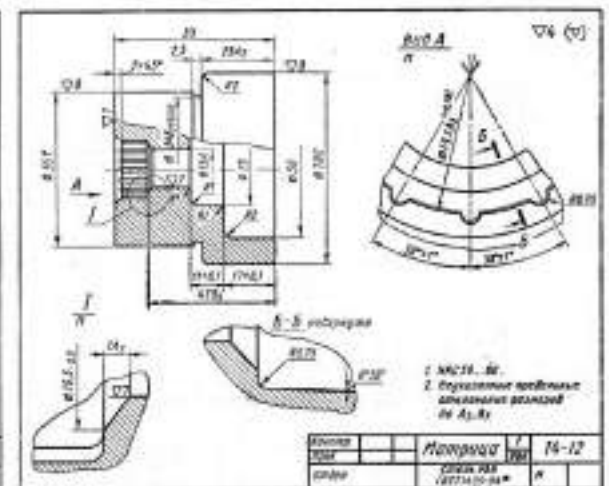
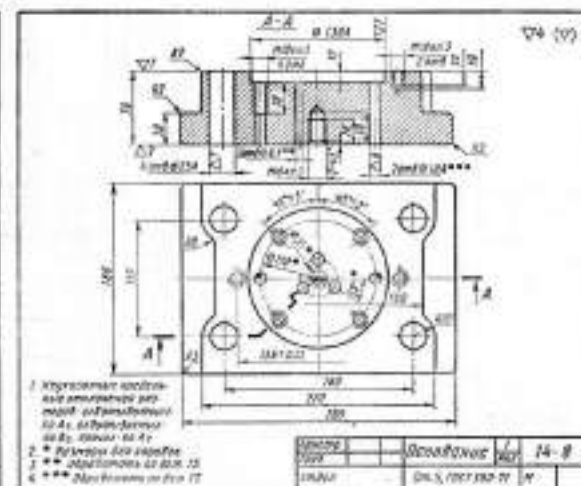
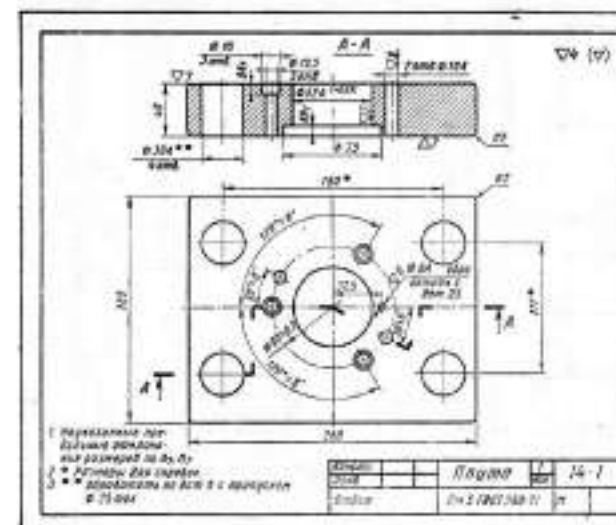


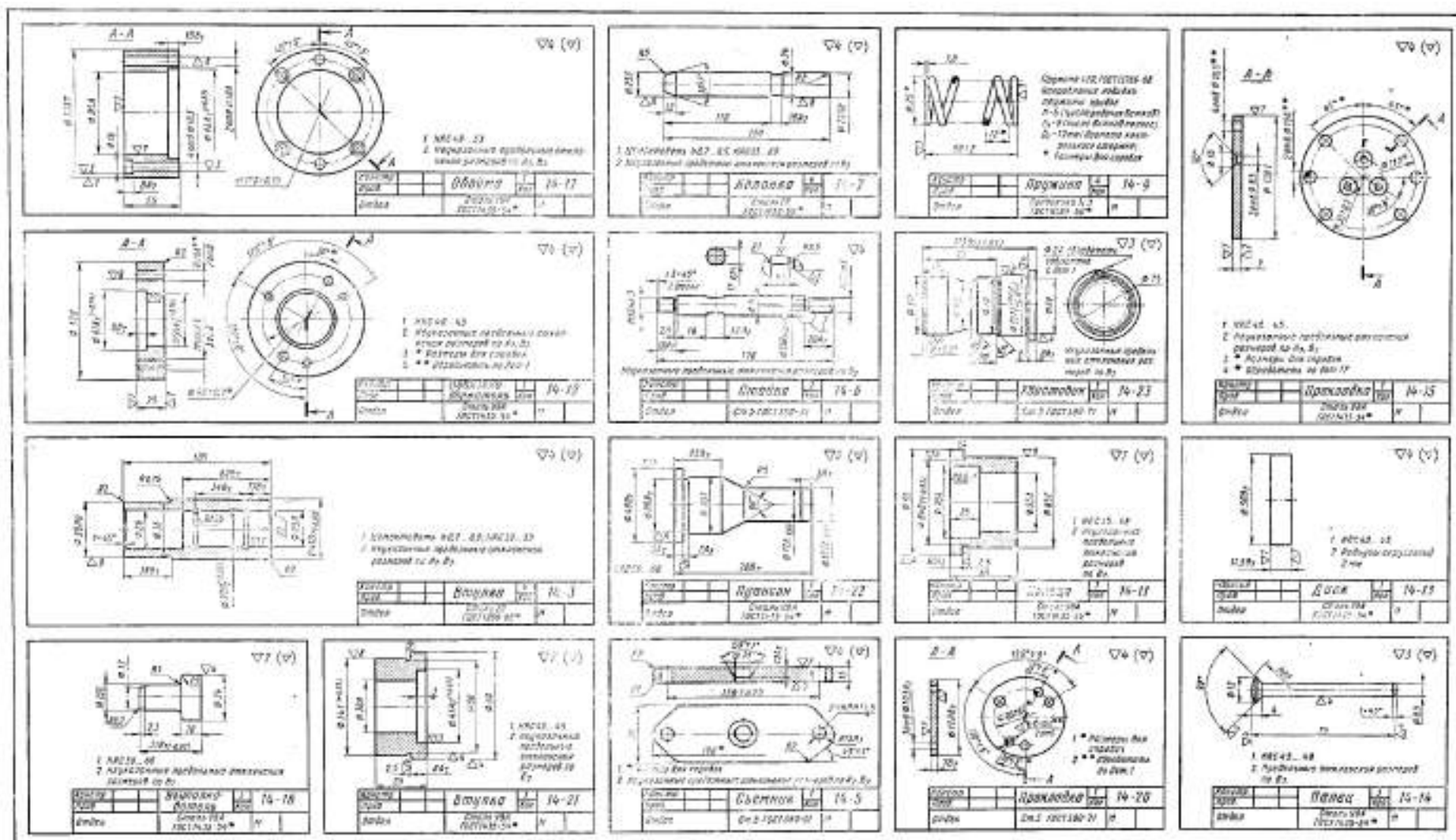
расточкой вверх. Затем на стойку накладывают по две гайки 4, прелотравливающие срезинку 5 после разжатия пружины. На этом сборку неподвижной части штампа заканчивают.

Подвижную часть собирают так. В отверстие $\varnothing 10$ плиты 1 забивают снизу шпатель 2 с торцевой плоскостью шпателя 24, а в отверстие $\varnothing 62$ — хвостовик 23 до упора в расточку плиты. Хвостовик 23 фиксируют относительно плиты 1 шпатель 25. На шпатель 24

надевают прокладку 26; при этом отверстие прокладки $\varnothing 10,5$ должно совпасть с таким же отверстием в плите. Затем отдельно собирают детали 15, 21 и 22; пуансон 22 забивают во втулку 21 так, что бурт его упирается в соответствующую расточку втулки; в свою очередь, деталь 21 забивают до упора в пуансоностержень 19. Собранный узел накладывают на шпатель 24 так, чтобы он прилегал плоскостями всех трех деталей к прокладке 26. Узел крепят к плите 1 винтами 2. В отверстие $\varnothing 38$ плиты 1 снизу запрессовывают до упора втулку 3. На этом сборку подвижной части заканчивают. Подвижную часть штампа устанавливают относительно неподвижной так, чтобы колонка 7 вошла во втулку 3, а пуансон 22 через отверстие в срезинке 5 — в матрицу 12. На оборочном чертеже подвижную часть штампа надо показать в рабочем положении (оном нижнем), когда пуансон, матрица и выталкиватель сформуют соответственно внутреннюю и наружную конфигурации изделия. При этом пружины 9 несколько сжаты.

Рассмотрим работу штампа. Заготовку в виде шестигранной прутки определенного размера закладывают пинцетом в полость матрицы 12 на торец выталкивателя 16. Пуансон 22 при движении плиты вниз нажимает на заготовку и выдавливает ее в зазоры между пуансоном и матрицей. При обратном ходе пуансона выталкиватель 16 освобождает матрицу от изделия, которое снимается затем с пуансона срезинкой 5 и удаляется концентом из полости штампа. Выталкиватель 16 ползет вверх, пальцами 14, которыми сжиманы с механизмом (на чертеже не показан), облокаченным с верхней частью штампа.





Вариант 15

Изготовить сборочный чертёж лубрикатора по рабочим чертежам деталей и окончательному устройству. На главном виде сборочного чертежа корпус 1 расчертить так, как он изображён на главном виде рабочего чертежа детали. Масштаб сборочного чертежа 2:1.

Дать именованные. Чертежи деталей 2, 7, 8, 12, 17, 26 и 28 по далям: дет. 2 — метр, ГОСТ 1471—64*; дет. 7 — гайка, ГОСТ 1029—70; дет. 8 — шайба, ГОСТ 11371—88*; дет. 8 — винт М4х16 ГОСТ 1475—64*; дет. 17 — винт ГОСТ 17475—72; дет. 18 — шпилька ГОСТ 8792—68; дет. 20 — винт ГОСТ 1491—72. Поросконовые детали следует выдать по номеру ГОСТа в технических обозначениях. Подходящие размеры стандартных деталей выбрать по таблицам ГОСТов, учитывая наличие или отсутствия деталей в сборочной единице; необходимое количество деталей установить согласно. Обозначения стандартных деталей в спецификации сборочного чертежа должны отвечать условиям обозначения, принятым в ГОСТах.

Устройство и работа лубрикатора. Лубрикатором называют аппарат, предназначенный для автоматизированной подачи смазки под давлением к поверхностям трения. Подача смазки начинается в момент пуска механизма и продолжается автоматически в течение всего периода его работы. Лубрикатор данной конструкции — двенадцатиточечный: жидкая смазка под давлением периодически подается в двенадцать точек — поверхностей трения. Сборочный лубрикатор и следующий чертёж.

В отверстие $\varnothing 14,4$ корпуса 1 с задней стороны вставляют штулку 2 лезвием к внешней стороне корпуса и закрепляют винтом 3. Затем с передней стороны в отверстие $\varnothing 14,4$ корпуса 1 вставляют нарезанный кончик червяка 4 до упора. После этого устанавливают вторую штулку 2 лезвием к передней стороне корпуса и закрепляют винтом 3. Червяк собран.

На хвостовик $\varnothing 10,1$, вал 16 навешивают штулку 6 буртиком $\varnothing 15$ до упора. Вал 16 с штулкой 6 концом со шпоночным пазом устанавливают сверху в отверстие $\varnothing 15,4$ корпуса 1 до упора. На выступающую часть вала снизу надевают червячное колесо 22, которое входит в зацепление с червяком 4. В шпоночный паз колеса вставляют шпильку 18. Колесо закрепляют на валу 16 винтом 20 с шайбой 21. В расщепку $\varnothing 45$ корпуса 1 вставляют крышку 19 и прикрепляют к корпусу винтами 17.

На рабочую поверхность изогнутой реборды диска 15 навешивают плунжеры 5, после чего диск вместе с плунжерами опускают на корпус 1, при этом плунжеры вдавливают в отверстия $\varnothing 5,4$ корпуса, а диск падает на вал 16, так чтобы зуб диска вошёл в вырез штулки 6. В отверстие М4 плунжером 5 ввертывают заострённый кончик винта 8; подложив винтом фиксируют гайками 7.

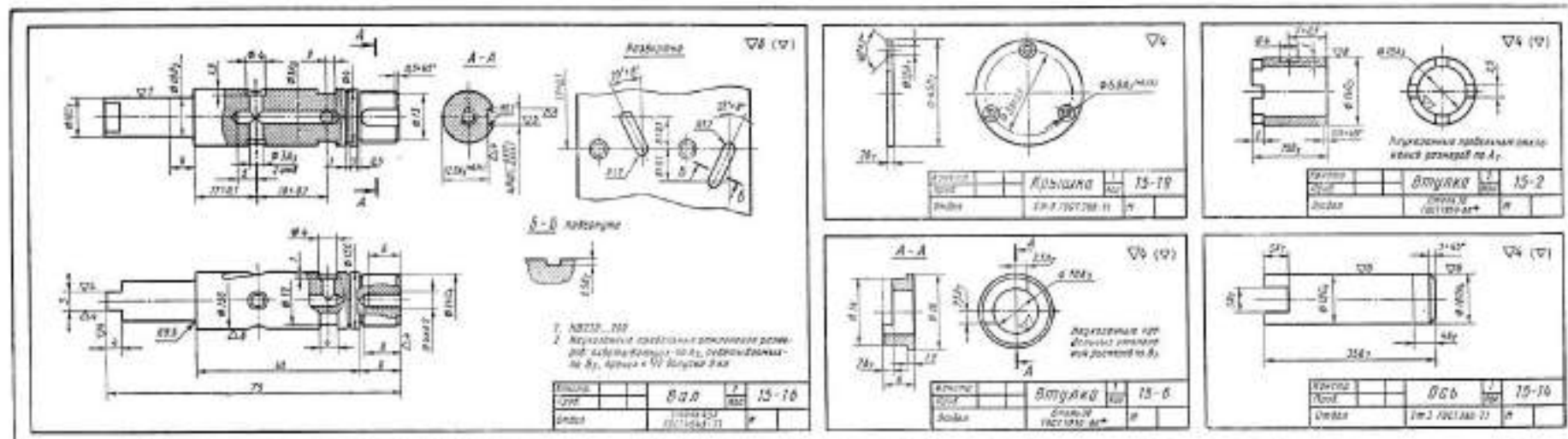
Колпак лубрикатора собирают сначала отдельным узлом из деталей 9, 10, 11, 12, 13 и 14. В расщепку $\varnothing 10,4$ ручки 11 ввертывают ось 14. На ось надевают до упора стакан 12 до упора в ручку, а затем пружину 10. Выступившую часть оси вводят в отверстие $\varnothing 10,4$ колпачка 9. На ось 14 надевают шайбу 13 заводящую с зияем на ось. Дно вала раскрывают. Узел собран. Колпак в сборе навешивают на корпус. Рассмотрев, как работает лубрикатор.

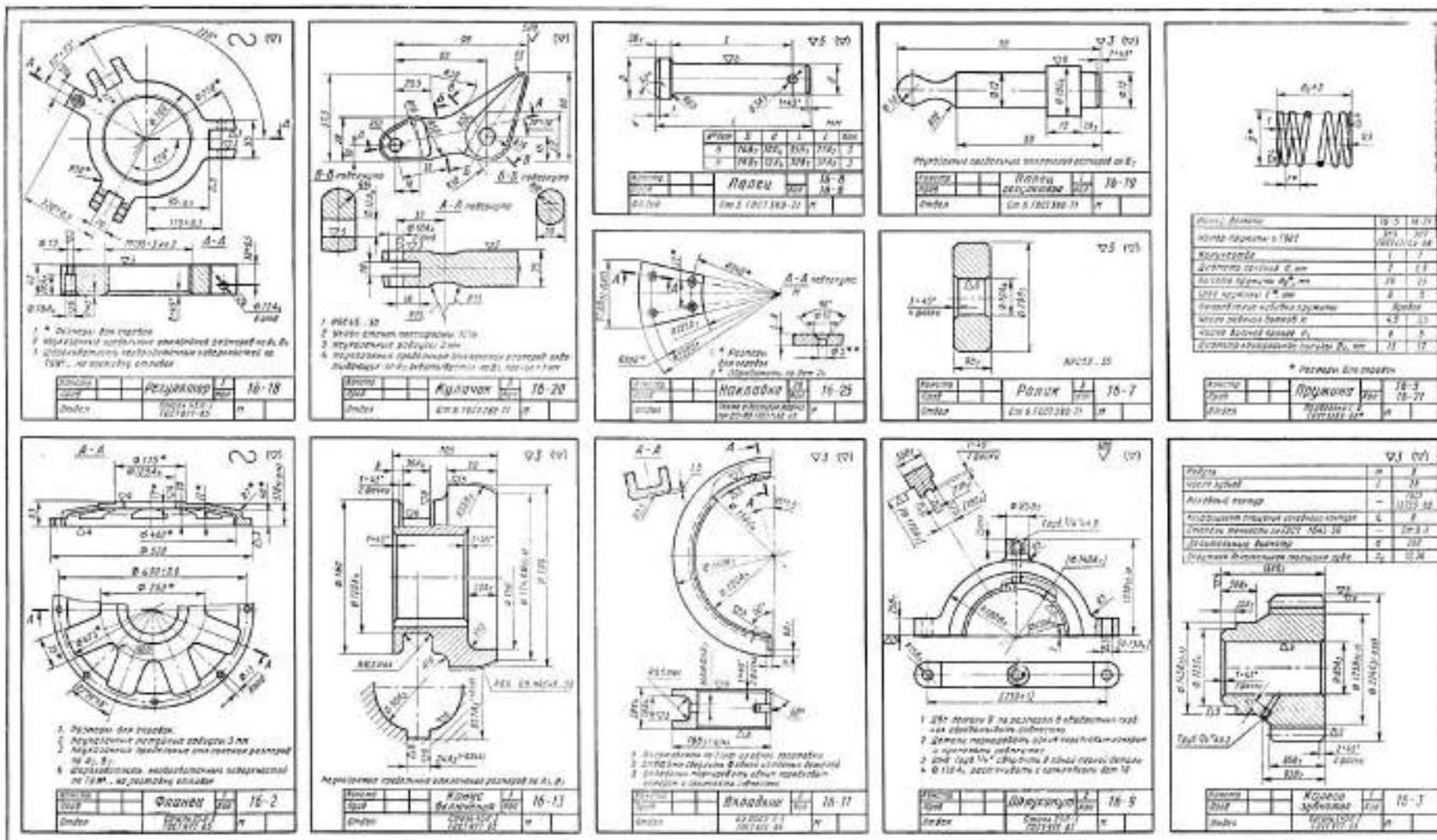
Лубрикатор получает вращение от электродвигателя. Вращение через червяк 4 и червячное колесо 22 передаётся на рабочий вал 16, на который вращается диск 15. При вращении вала 16 диск 15 вследствие изогнутой поверхности реборды смещает плунжеры 5 вза-

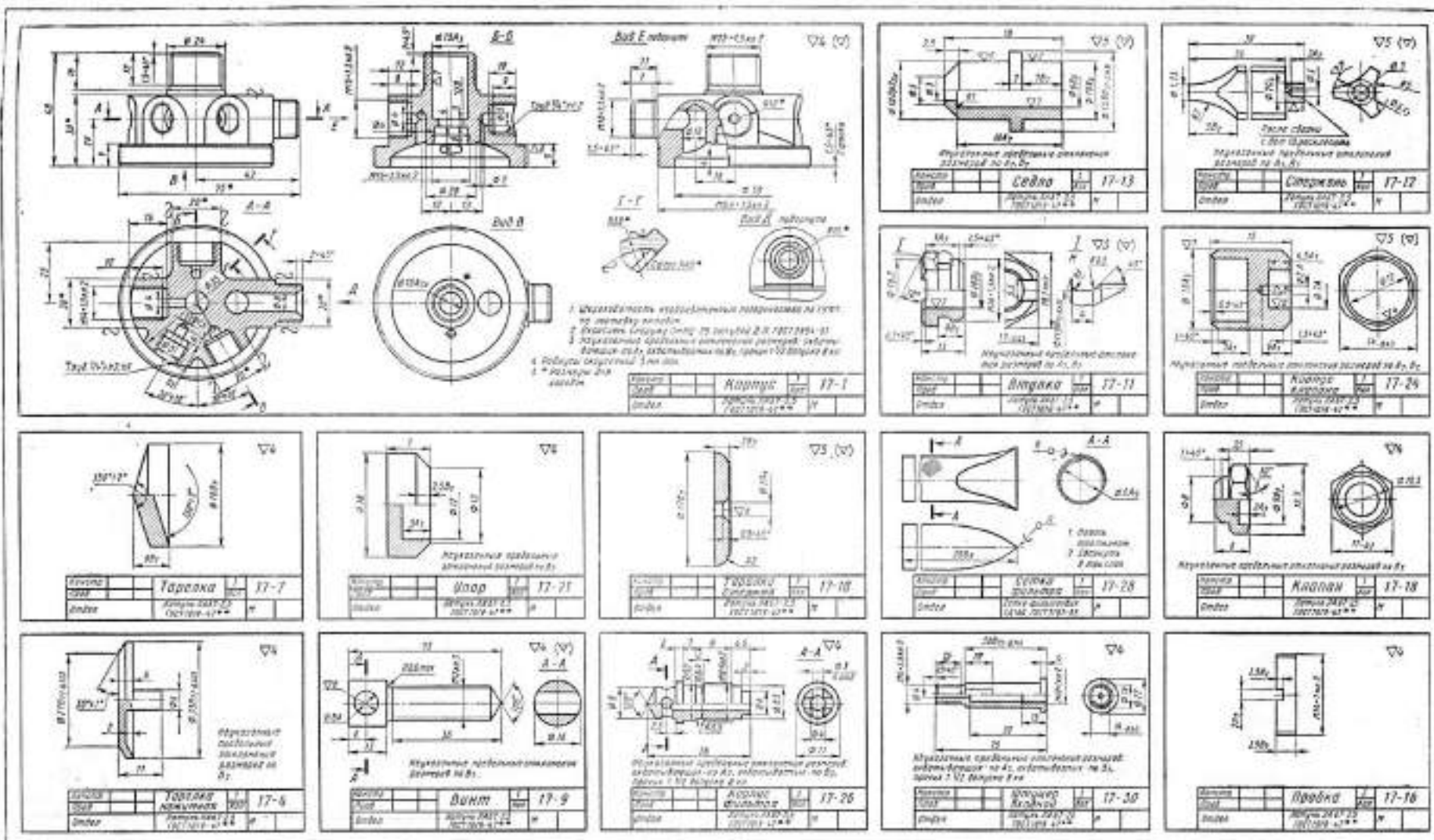
дательно-поступательным движением. За один оборот вала диск движется поднимает и опускает каждый плунжер. При подъёме плунжера под ним создаётся разреженное пространство. Это пространство заполняется маслом, поступающим по маслопроводу через всасывающее отверстие М12 в корпусе 1 и систему распределительных отверстий вала 16 (продольного и двух поперечных $\varnothing 3,4$) и горизонтальные отверстия $\varnothing 3$ корпуса. При опускании плунжера масло на высоте цилиндра через систему распределительных отверстий рабочего вала 16 поступает в маслопроводы подачи масла к поверхностям трения, подсоединённым к отверстиям М10 корпуса. Одновременно два плунжера загнетают масло, для подачи смазки в маслопроводы, расположенные одна на верхнем, другой на нижнем радиусе отверстий М10 корпуса, остальные два плунжера находятся в промежуточных положениях.

Подный цикл работы лубрикатора завершается за один оборот рабочего вала. Интервал между подачами смазки в одну точку равен $1/12$ времени цикла. Лубрикатор можно регулировать двумя способами: регулировочными винтами 8 плунжера 5, изменяя скорость вращения вала 16.

Кроме основного электропривода, лубрикатор оборудован дополнительным устройством, установленным на колпачке 9 для ручной подачи смазки к поверхностям трения, необходимый во время пуска машины: при нажатии ручки 11 пружина 10 сжимается, вал 16 соединяется с выступом рабочего вала 16, и вращательное движение от ручки 11 передаётся валу 16.







Вариант 18

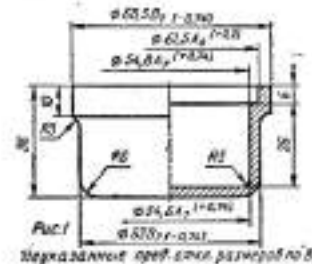
Выполнить сборочный чертеж штампа на рабочих чертежах его деталей и изготовления устройства. Масштаб сборочного чертежа 1:1. Главный вид основания 1 должен соответствовать рабочему положению детали. Подвижную часть штампа изобразить в положении, соответствующем окончанию изготовления. Приступая к выполнению сборочного чертежа, ознакомиться с конструкцией каждой детали и ее местом обозначения на рабочих чертежах.

Примечание. Чертежи деталей 3, 8, 12, 13 и 15 не даны. На них надо найти по номеру ГОСТа в техническом справочнике: дет. 3 — винт, ГОСТ 1470—64*; дет. 8 — винт, ГОСТ 1491—72; дет. 12 — гайка, ГОСТ 5597—70; дет. 13 — штифт 160х2х60, ГОСТ 3128—70; дет. 15 — винт, ГОСТ 1491—72. Размеры стандартных деталей выбрать по таблицам ГОСТов, учитывая количество этих деталей в сборочной единице; необходимое количество деталей указать самим. Обозначения стандартных деталей в спецификации сборочного чертежа должны отвечать обозначениям, принятым в ГОСТах.

Устройство и работа штампа. Штмп служит для жидкой штамповки изделия, изображенного на рис. 1. Штмп состоит из подвижной и неподвижной частей.

Нижнюю неподвижную часть собирают в следующем порядке. В центральное отверстие основания 1 снизу вставляют матрицу 5 так, чтобы выступ матрицы 110 вошел в расточку $\varnothing 110A$ основания. Матрицу крепят к основанию винтом 3 с резьбой М8. Сверху на выступающую часть матрицы $\varnothing 100C_2$ надевают кольцо 7 и крепят к ней тремя установочными винтами 4, для чего в матрице сделаны три углубления под конические концы винтов. В три отверстия основания 1 снизу запрессовывают колонки 2 так, чтобы их головки $\varnothing 38$ поместились в расточках $\varnothing 40$ основания 1. Сверху на колонки надевают пружины 6. На этом заканчивают сборку неподвижной части.

Подвижную часть собирают отдельно. Съемник 4 торцом, имеющим размер $\varnothing 90C_2$, вставляют в соответствующую расточку плиты 16 и крепят к ней тремя винтами 15. С другой стороны на плиту 16



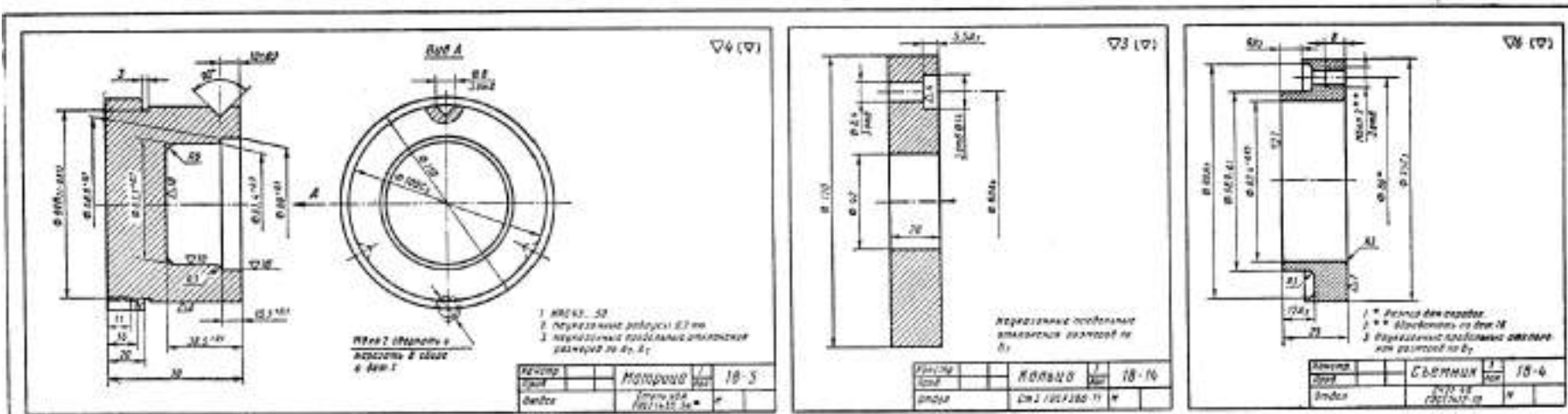
накладывают кольцо 14 и крепят к плите винтами 8. В центральные отверстия деталей 4, 14 и 16 со стороны съемника вводят концы $\varnothing 40C_2$ пуансона 9. Затем на этот конец надевают оправку 11, с которой пуансон соединяют штифтом 13.

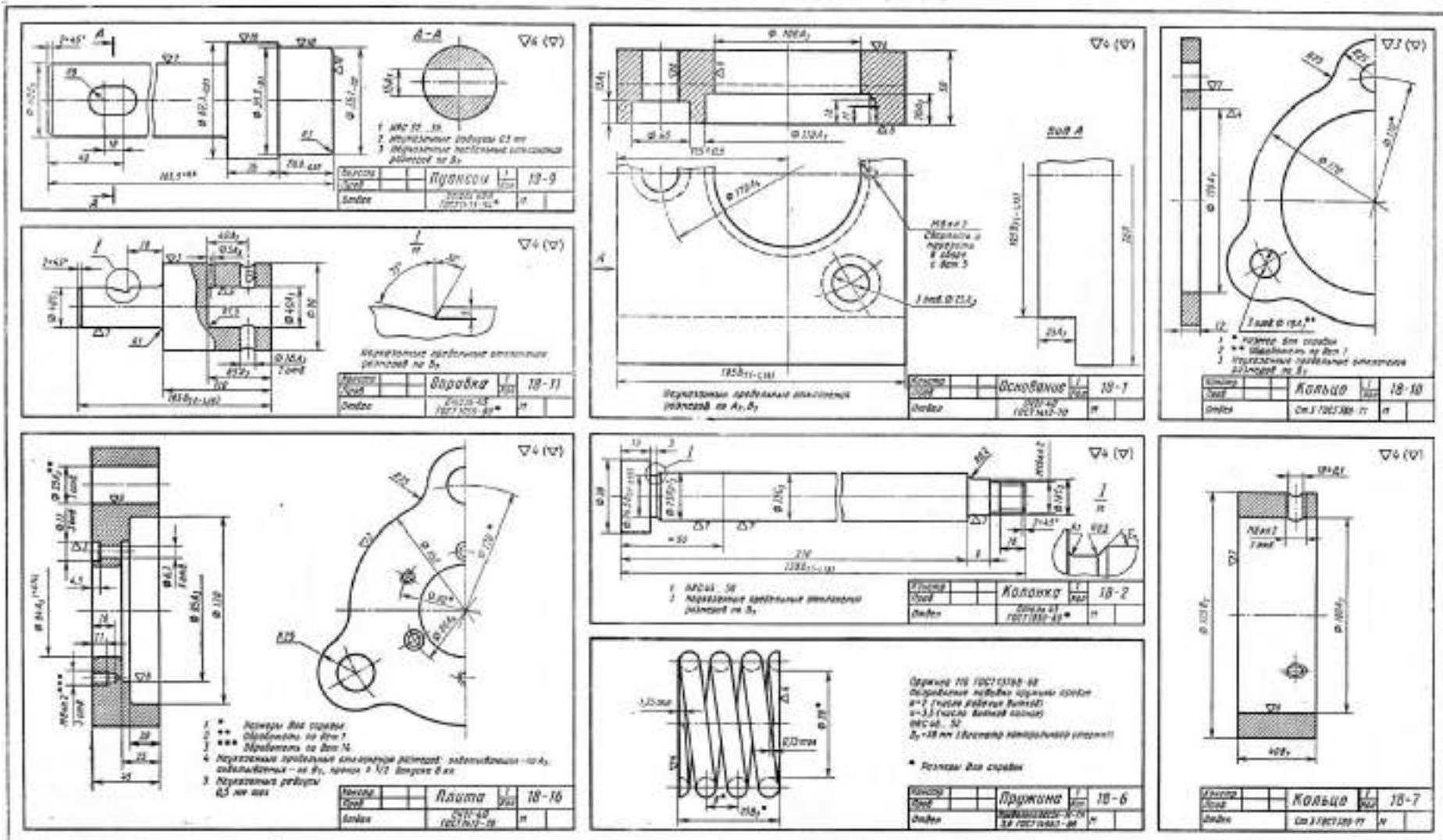
Подвижную часть устанавливают относительно неподвижной так, чтобы колонки 2 вошли в соответствующие отверстия $\varnothing 25A_2$

плиты 16, а съемник 4 был обращен к основанию 1, затем сверху на шейки $\varnothing 18C_2$ колонок надевают кольцо 10, в центральном отверстии которого $\varnothing 130$ свободно входит оправка 11. Кольцо 10 крепят к колонкам гайками 12. На этом заканчивают сборку штампа.

Штмп устанавливают на стол функционального прессы, а пуансон оправки 11 крепят установочным винтом к ползу прессы. Перед началом штамповки пресс переводят пуансон в верхнее положение, так что плита 16 упрется в кольцо 10, а кольцо 14 с плитой 16 и съемником 4 висят на заплечиках пуансона. После этого в открытую матрицу верховкой ложкой заливают с избытком металл. Затем сообщают пуансону движение вниз и производят удар; при этом подвижная плита 16 доходит до пружин 6, которые обеспечивают зазор 0,2—0,8 мм между торцом матрицы 5 и съемником 4, необходимый для выхода воздуха и излишка металла. Пуансон 9, продолжая двигаться вниз, проходит через отверстие съемника 4, достигает поверхности залитого металла и начинает вытеснять его вверх. Заполнение формы заканчивается в тот момент, когда нижний торец съемника дойдет до верхнего торца матрицы.

Для уплотнения металла съемник опускается еще на 0,5 мм, сжимая пружины. Нижнее положение плиты со съемником ограничивается кольцом 7. После выдержки, равной 2—8 с, пуансон поднимается вверх. При этом отштампованная деталь, оставшаяся на пуансоне за счет усадки металла, извлекается из матрицы и вместе с подвижной плитой доходит до упорного кольца 10, где сбрасывается с пуансона (устройства для сбрасывания на сборочном чертеже не вычерчивают).





Вариант 19

Выполнить оборочный чертёж приспособления по рабочим чертежам его деталей и техническому устройству. Машштаб оборочного чертежа 2:1.

Детали и материалы. Рабочие чертежи деталей 3, 5, 7, 10, 15, 21 и 22 см. листы: дет. 3 — лист М4, ГОСТ 1481—73; дет. 5 — прокатная 20х3х120 из мягкой стали; дет. 7 — прокат ПВД Ø 1,5 мм, ГОСТ 16812—79; дет. 10 — лист М6, ГОСТ 1931—72; 15 — трубка латунная, ГОСТ 782—61; дет. 19 — лист М4, ГОСТ 1481—73; дет. 21 — шайба 3, ГОСТ 928—62; дет. 22 — гайка М6, ГОСТ 915—70. Чертежом стандартных деталей следует пользоваться по коду ГОСТа и по техническим сторонам. Указать и указать размеры этих деталей выбрать в таблицах ГОСТов, учитывая их назначение в сборочной единице; необходимое количество этих деталей установить самим. Обозначения стандартных деталей в сборочном чертеже должны соответствовать обозначениям, принятым в ГОСТах. Чертеж нестандартной дет. 5 выполнить по приведенным ниже размерам.

Устройство и работа приспособления. Служащее приспособлению предназначено для установки под различными углами изделий при обработке их на шлифовальных станках. На электромагнитном столе приспособления можно быстро и надежно закреплять изделия различной формы, поэтому приспособление является универсальным.

Приспособление собирают в следующем порядке.

Вначале собирают электромагнитный стол. На боковую поверхность сердечника электромагнита 14 высотой 30 мм намотывают провод 7 слоем толщиной 17 мм. Затем на сердечник накладывают планку 5 и скрепляют с ней винтами 13. Оба конца обмотки выводят в боковое отверстие Ø 10 корпуса 1 электромагнита и сердечник в сборе вставляют в корпус 1 (планкой вверх) так, чтобы выступавшие концы винтов 13 попали в отверстие Ø 6,5 корпуса. Пространство между корпусом и обмоткой электромагнита заливают герметиком массой 16 запаяв его с верхней плоскостью корпуса в пластину.

В пазы крышки 3 укладывают вставки 4 подрезами вниз. Между боковыми поверхностями вставок 4 и пазуров крышки 2 вставляют

лиот прокладку 5 так, чтобы торцы деталей 4 и 5 оказались запаянными с боковой поверхностью крышки 2. Затем крышку 2 соединяют с корпусом 1 винтами 3.

Закрепление изделия на ось постоянного тока при помощи контакта, собранного из деталей 20, 21, 22, 23, 24. На штырь 24 навешивают гайки 22 до сбега резьбы, затем их оставляют в отверстиях стакана 23 до упора (резьбой внутрь стакана). Концы проводов, выходящие в отверстие корпуса 1, зачищают и обматывают одним-двумя слоями изоленты; затем на каждый штырь накладывают шайбу 21 и зажимают две гайки 22, одна из которых играет роль контргайки. После этого стакан вставляют в штырь 20 до упора. Штырь служит для присоединения шнура от сети. Штырь 20 скрепляют с корпусом винтами. Ролик 12 крепят к корпусу 1 винтом 10, ось пьеза которого просверлена в корпусе под углом 45°. На этом заканчивается сборка электромагнитного стола. Переходим к сборке поворотных устройств. К нижней площадке плиты 9 крепят ролик 8 винтами 10. В паз шириной 80А нижней плиты 17 заводят плиту 9 так, чтобы ось отверстия Ø 14А совпала, а ролик 8 оказался между плитой 9 и 17. Ось 15 вставляют в отверстие Ø 14А узла нижней плиты 9 и плиты 17 и соединяют эти детали шарнирно. Выпадение оси препятствует винт 18.

Кулаку 11 прикрепляют винтами 10 к плите 17 на расстоянии 37 мм от торца так, чтобы выпуклая сторона ее была обращена к оси 15. В проем кулака заводят второй винт 10 и закручивают в гнездо детали 5. Свободными концами с отверстиями Ø 12А плиту 9 заводят в паз 80А корпуса 1 так, чтобы ось отверстия Ø 12А на обеих деталях совпала, а ролик 12 оказался между корпусом 1 и плитой 9. В отверстие Ø 12А детали 1 в 9 вставляют ось 19, соединяющую шар-

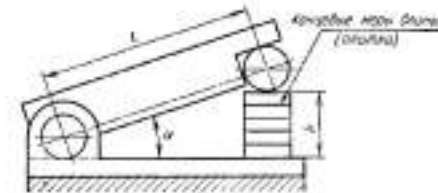
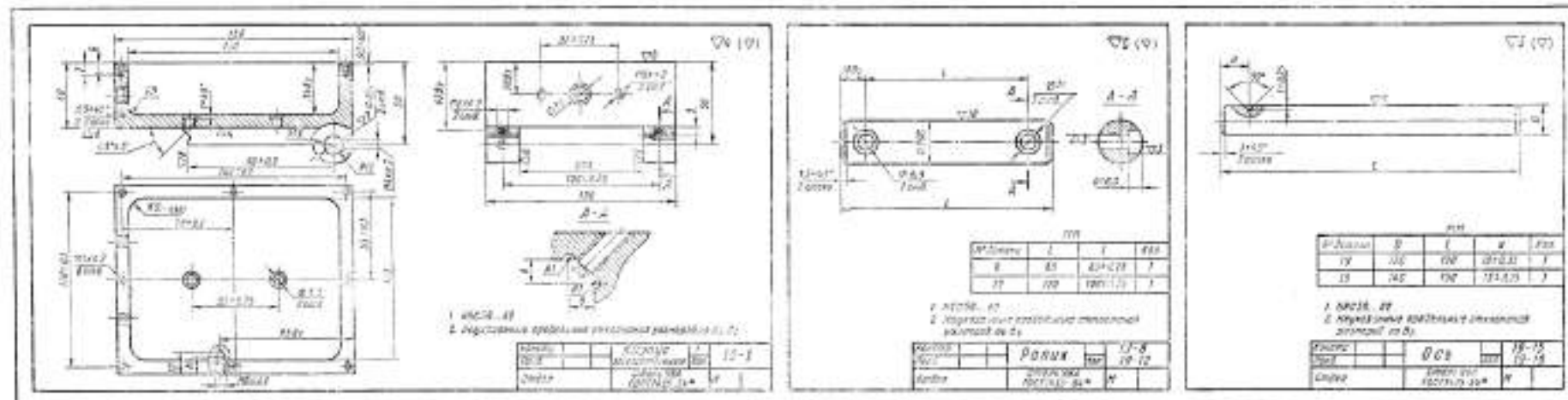


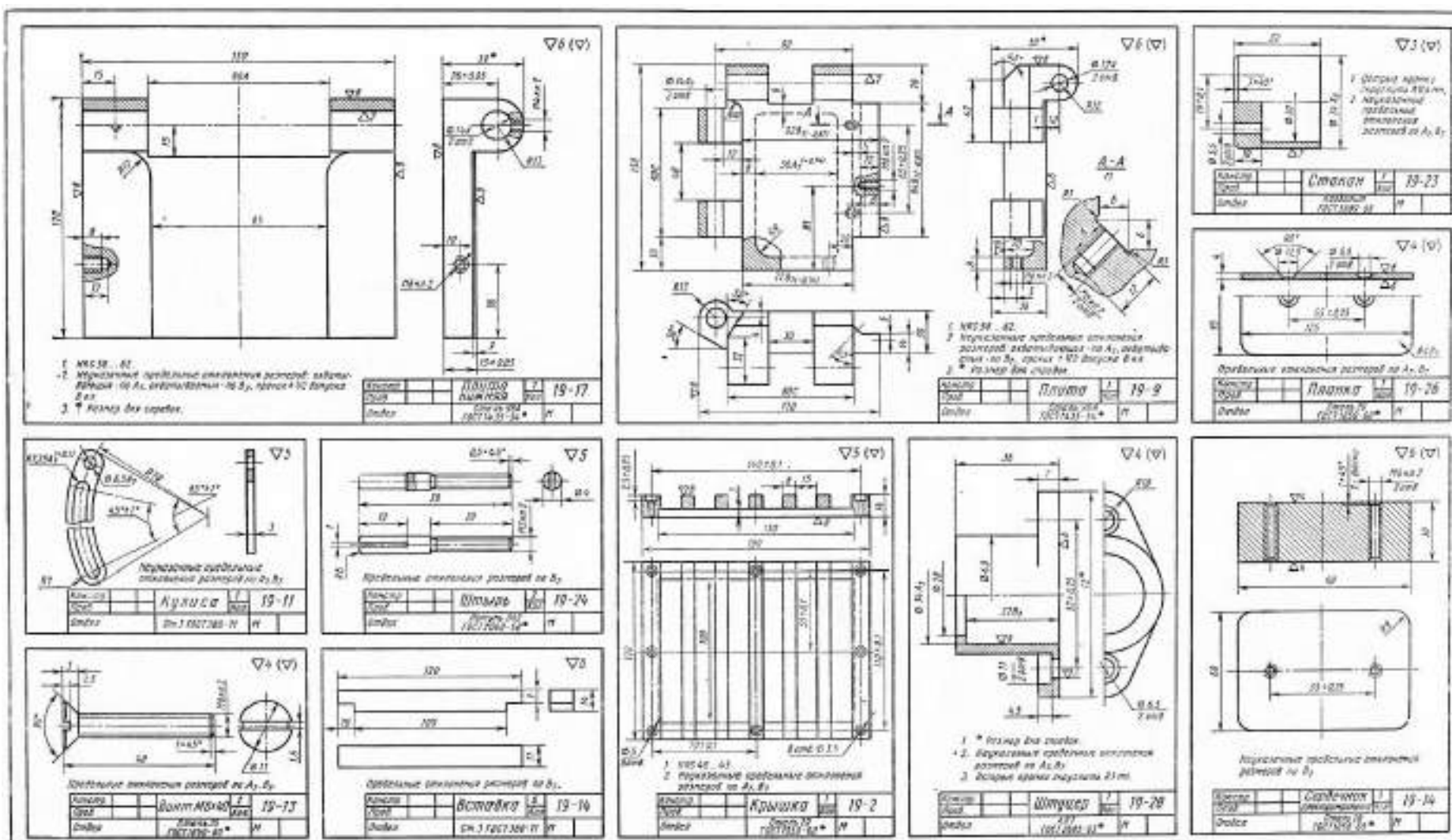
Рис. 1

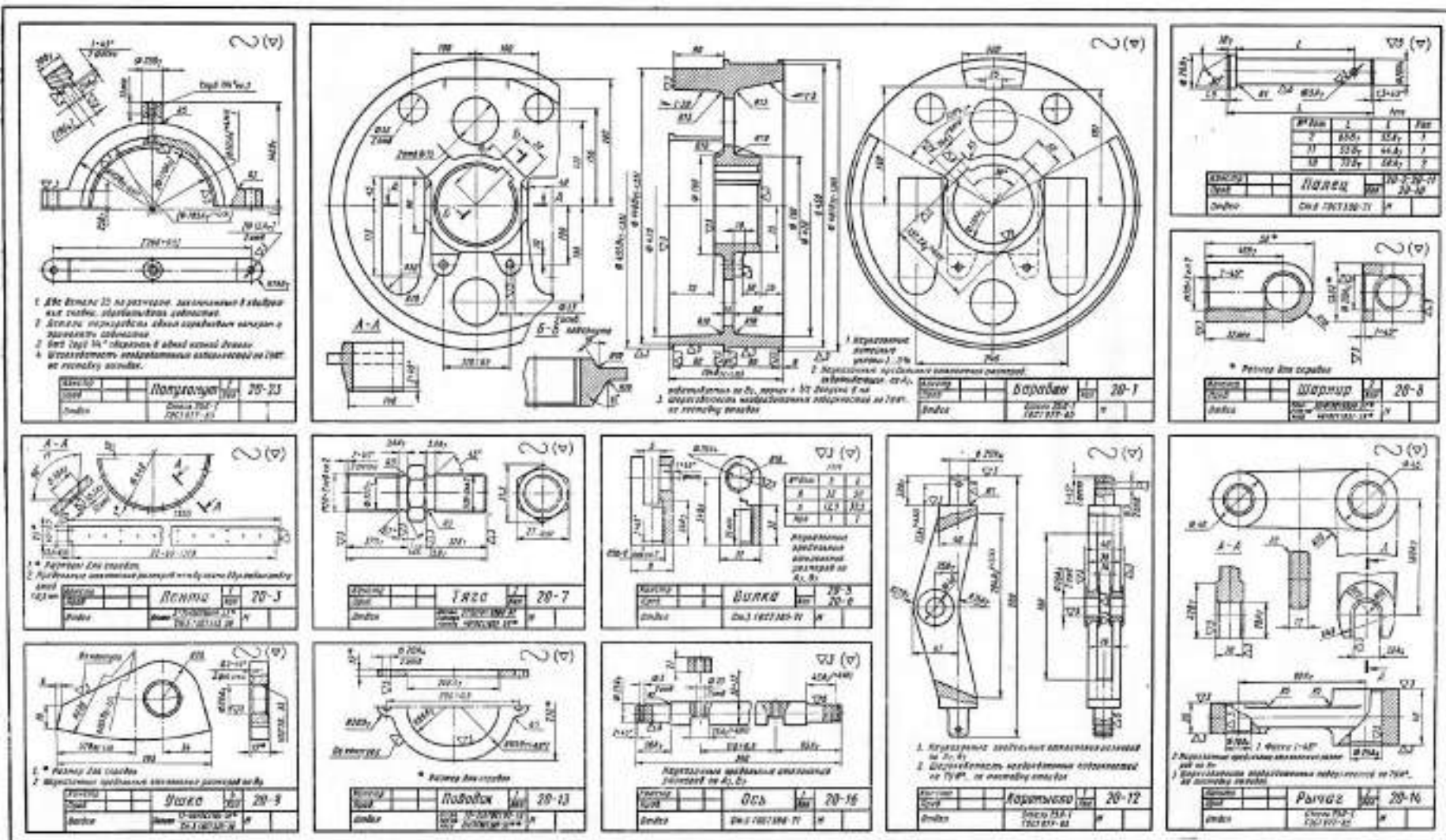
ниры эти детали. Ось стопорят на корпусе 1 винтом 18. Вторую кулаку 11 крепят винтом 10 к детали 9; при этом выпуклая сторона кулака должна быть обращена к оси 19.

Для изгиба обработанной детали на угол α под ролик 12 подкладывают блок конических мер длины (по ГОСТу 9038—59), высоту h которого подсчитывают по формуле (рис. 1) $h = L \sin \alpha$.

Почему такое приспособление называют сгибальным. Углы поворота плит можно изменять в пределах от 0 до 45°. После установки на нужном угле плиту закрепляют винтами 10 в кулаке 11. Наклон детали на второй заданный угол производят аналогично: под ролик 8 подкладывают блок конических мер длины. Для упрощения расчета расстояние между центрами осей и ролика в каждой плите равно 100 мм.







Вариант 21

Выполнить сборочный чертёж литейной машинки из рабочих чертежей и деталей и написать устройство. Масштаб сборочного чертежа 2:1.

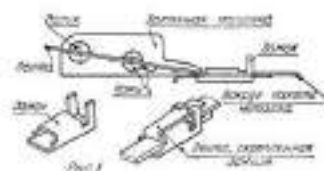
Примечание. Чертежи деталей 3, 5, 8, 17, 19, 20 и 21 не даны; дет. 3 — лист А4-8, ГОСТ 149—72; дет. 5 — ось штифта цилиндрический 60/60_{h7} > 60, ГОСТ 3129—70, материал — сталь 45; дет. 8 — ось штифта цилиндрический 60/60_{h7} > 60, ГОСТ 3129—70, материал — сталь 45; дет. 17 — штифт конический 60/30, ГОСТ 3129—70; дет. 19 — штифт конический 40/30, ГОСТ 3129—70; дет. 20 — штифт конический 110/60_{h7} > 25, ГОСТ 3129—70; дет. 21 — валок 20, ГОСТ 1130—66; дет. 27 — шпилька 6×6×10, ГОСТ 8799—69. Надписанные размеры стандартных деталей набрать по таблицам ГОСТов.

Устройство и работа литейной машинки. Для упаковки металла служит стальная упаковочная лента, концы которой скрепляют специальными штампованными замками. Непосредственно и нарезают ленту при этом литейной машинкой (рис. 1).

Машинку собирают в следующем порядке. Втулки 6 и 22 запрессовывают в отверстия $\varnothing 36H_{11}/k_9$ и $\varnothing 28H_{11}/k_9$ корпуса 1 так, чтобы буртики втулок оказались в проточках $\varnothing 40$ и $\varnothing 32$ корпуса. Одну пружину 13 крепят между стенками в дну корпуса винтами 3 так, чтобы поджим пружины был направлен в сторону установленных втулок 6 и 22. Между стенками корпуса на оси 5, запрессованной в отверстие $\varnothing 64H_{11}/k_9$ корпуса, укрепляют одну собачку 12. Поверхность собачки 120 должна быть обращена к пружине. Вторую пружину 13 крепят винтами 3 к корпусу рычага 14. Между пружинами должен быть направлен в сторону ушка рычага 14. Между ушками рычага

на оси 8 укрепляют вторую собачку 12. Поверхность собачки 120 должна быть обращена к пружине.

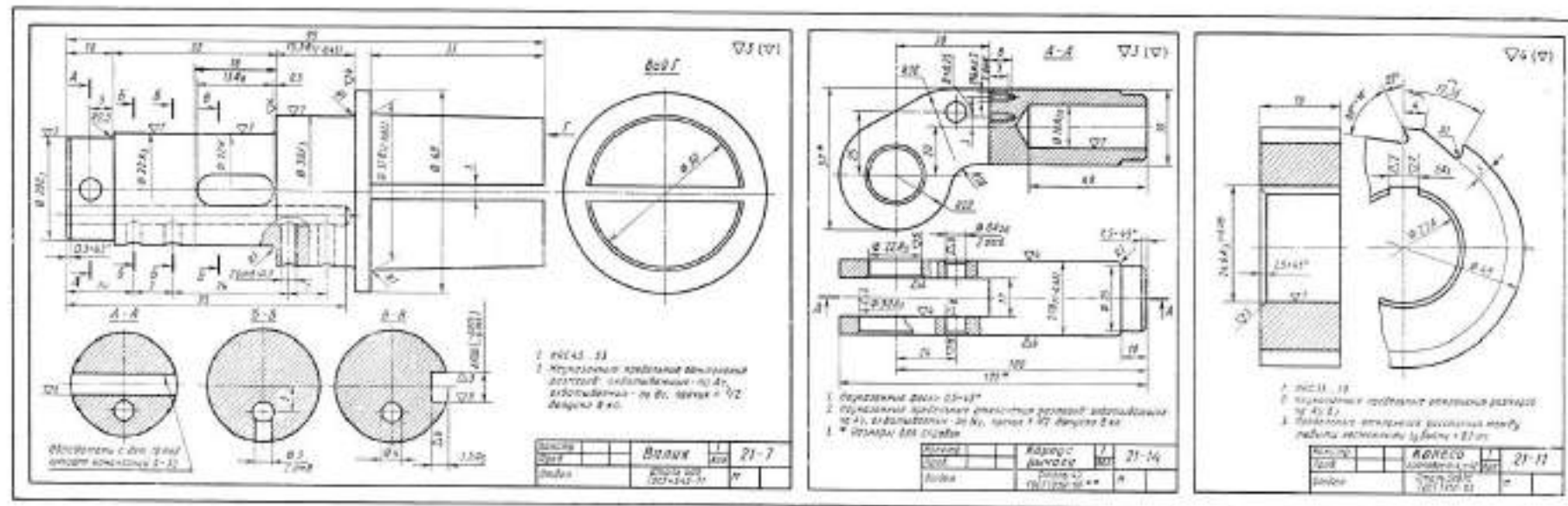
Хропкое колесо 11 заклинивают между ушками рычага 14 так, чтобы ось отскочила на рычаге к хропкому колесу создавая после

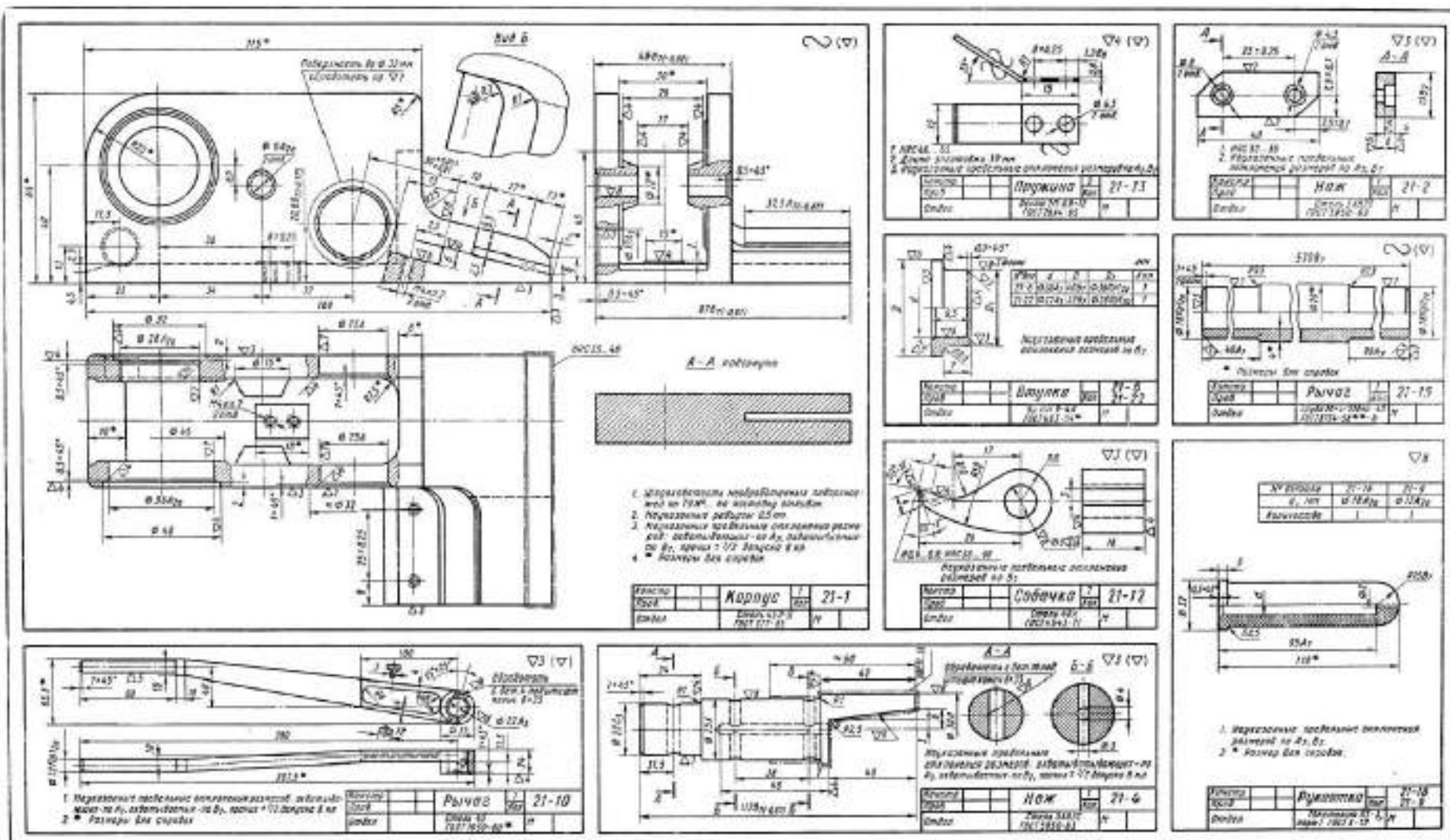


этого рычаг в сборе пойдёт в корпус 1; отверстие $\varnothing 18H_{11}/k_9$ рычага должно быть обращено в сторону расширенной части корпуса 1. Валок 7 с предварительно посаженной шпилькой 21 концом $\varnothing 20C_7$ устанавливают до упора в корпус со стороны запрессованной втулки 6. При этом ушки корпуса рычага 14 и хропкое колесо 11 должны быть насажены на валок. Хропкое колесо надо установить так, чтобы

зубья собачки входили до половины зубьев хропкого колеса. Затем на конец валика $\varnothing 20C_7$ надевают установочное колесо 20, которое крепят к валку штифтом 16. В отверстие $\varnothing 18H_{11}/k_9$ корпуса рычага 14 на длину 40 мм запрессовывают рычаг 16. На свободный конец рычага надевают рукоятку 18. Нож 2 крепят к корпусу контактами 3; нож 4 устанавливают до упора в корпус так, чтобы режущий конец его был обращён к ножу 2. На конец ножа 4 $\varnothing 22C_7$ надевают рычаг 10, причём фаска в отверстии рычага должна быть обращена к корпусу. Рычаг 10 крепят к ножу 4 штифтом 17. На конец рычага надевают рукоятку 9. Шпильку 19 запрессовывают в отверстие корпуса $\varnothing 12H_{11}/k_9$ на глубину стенки корпуса. Штифт служит для ограничения хода рычага 10.

Машинка работает следующим образом. Упаковочную ленту толщиной 0,8—1,5 мм и шириной 25—30 мм устанавливают в прорезь корпуса высотой 2,5 мм и протягивают в прорезь валика 7. Нож 4 рычагом 10 поворачивают так, чтобы он не мешал проворачиванию ленты через прорезь валика. При повороте рычага 10 вверх собачка 12, укрепленная на корпусе рычага, сцепится со зубьями хропкого колеса 11. При повороте рычага вниз собачка поворачивает хропкое колесо, а следовательно, и валок 7, заклинивающий на себя упаковочную ленту. В валике 7 и ноже 4 сделаны внутри отверстия, через которые подается сыпучий материал на трущиеся поверхности. Ленту нарезают ножом 2 и 4, для чего поворачивают рычаг 10.





Вариант 22

Выполнить сборочный чертеж, представив по рабочим чертежам детали и ее составные устройства. Указать обозначение чашки прокладок. На данном виде сборочного чертежа указать: 1) расположение тал, как он изображен на данном виде чертежа детали. Заполнить выделенный в масштабе 2:1.

На основании картотеки даны сведения по следующим годам: 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626,

Устройство и работа прибора. Проставка предназначена для испытания твердости металлов. Свойства твердости характеризуются глубиной отпечатка шарика определенного диаметра на поверхности испытываемого образца под действием заданной нагрузки и течением определенного времени.

Рассмотрим порядок сборки прибора в ра-
боту его.

В отверстие 124 корпуса 1 сверху запрессовывается втулка 8. Плоскость среза в отверстии 8 не должна быть параллельна продольной оси корпуса. В отверстие втулки снизу пропускают вилку 7 и затягивают гайкой 10 с шайбой 9.

Далее собирают вместе детали 11, 12, 13, 19 и 24.

В отверстие $\varnothing 4,4$ штока 12 запрессовывают пружину 19 так, чтобы ребро ее было направлено в сторону сферической выемки штока. В эту выемку закладывают шпатель 26. Затем шток устанавливают шарниром вниз в отверстие цилиндра 13. При этом отверстие штока $\varnothing 3$ должно быть расположено против сквозной прорези цилиндра 13. В это отверстие зажимают штифт 11, который ограничивает движение штока в цилиндре и предотвращает прорези. Собранные детали устанавливают в корпус 1 снизу так, чтобы цилиндр 13 вошел в расточку $\varnothing 22$ до упора в заплечик, а прорези его расположились вдоль корпуса, причем нижняя косовая линия должна быть сверху. Шток 12 при этом устанавливается так, чтобы ребро пружины 19 расположилось на уровне оси отверстия $\varnothing 3$ штока 12.

Цилиндр 13 закрепляют в корпусе винтом 18 и гайкой 14. Затем рычаг 6 коротким плечом вводят снизу наклонно в прорезь шпандра под призму 19, а затем устанавливают в корпусе горизонтально. Через ушки вышки 7 и отверстие рычага 6 пропускают палец 26, установленный на выпуклости шпандра 22.

К корпусу 1 снизу крепят тремя винтами 29 крышку 28. Снизу на шланг 13 наворачивают гайку 20. Её положение по высоте на цилиндре 13 обусловлено положением шаровой опоры 23, с чем связано и её.

На конец штока 12 с шариком надевают пружину 25, а затем на цилиндр навинчивают до упора в гайку 30 обойму 21. В обойму помещают шариковую опору 23 с большим диаметром шарикового отверстия вверх. Опора 23 удерживается от выпадения крышкой обоймы 22, навинчиваемой на обойму 21. Обойму 21 фиксируют гайкой 30 в тис-

итом записываются, при котором твердая плоскость широкой опоры 23 оказывается ниже плоскости, касательной к шарiku 24, и к моменту начала испытания (сдавливания шарика в образце) — касательной к шарiku.

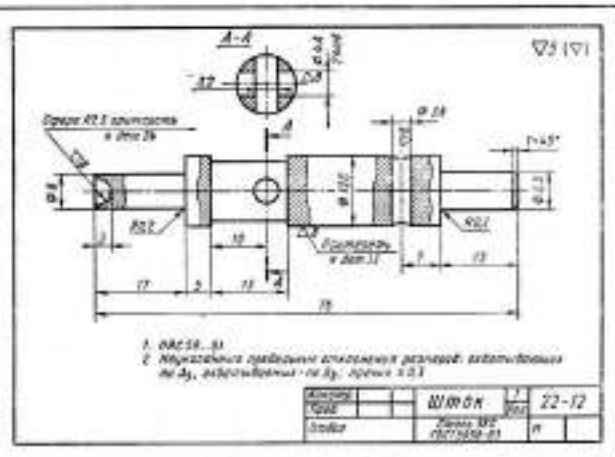
На чертеже изображены момент начала испытания. При этом определены следующие размеры облоны 21 и гайки 20 по высоте. Между гайкой 20 и крышечкой 28 будет зазор ~1,5 мм.

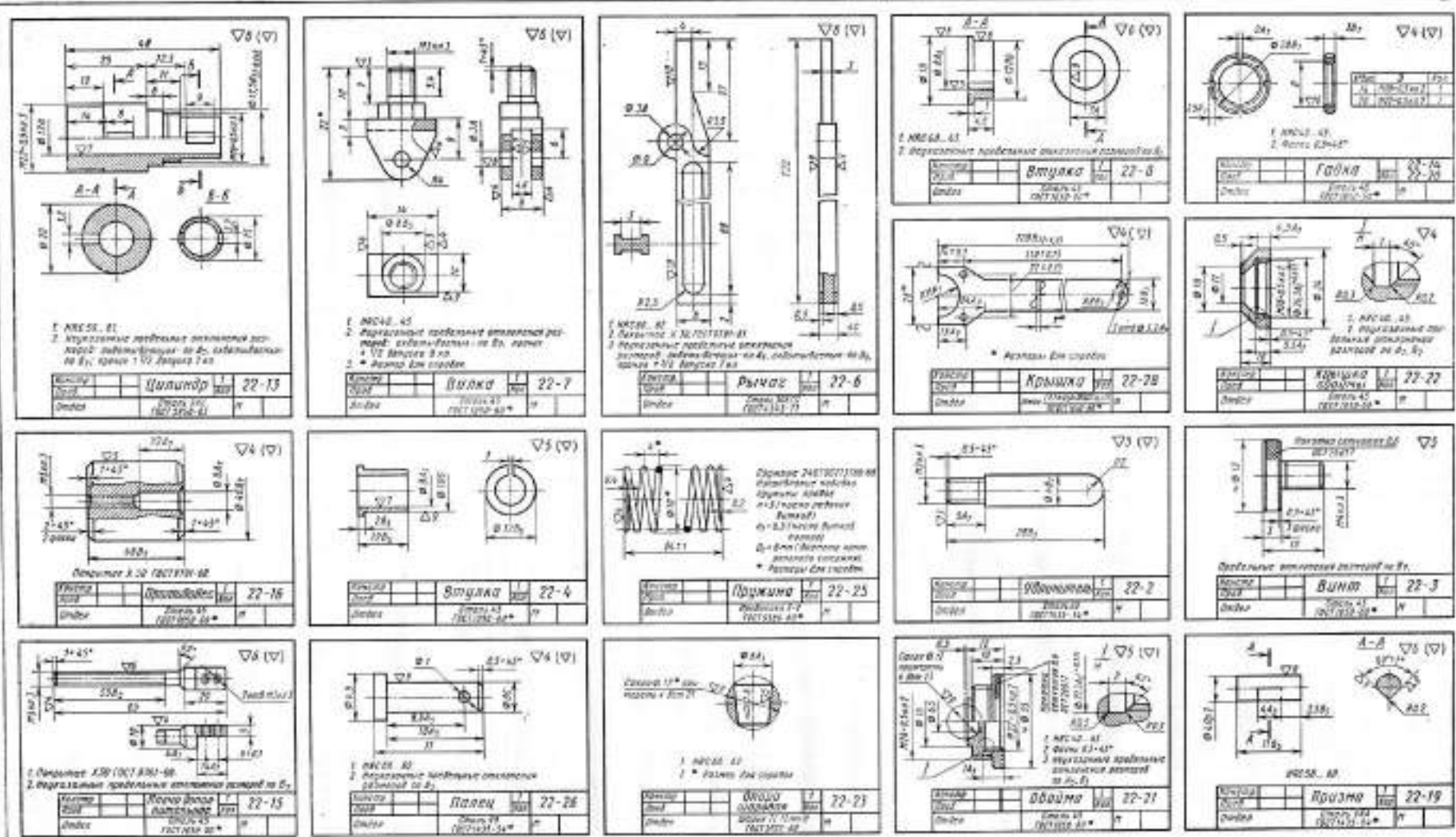
Слева к корпусу 1 винтами 17 крепят дополнительные плечи 15, на которых монтируют прогонные 16. Расстояние $\varnothing$ 8 прогонных от центра к плечу 15.

В отсек 2 10 корпусов 1 устанавливают штуку 4. Через нее пропускают индикатор 5 с предварительно повернутым в его гнездо указателем 2. Индикатор фиксируют в корпусе антоном 3 и устанавливают, когда указатель 2 касается длинного плеча рычага 6.

При измерении твердости приставка перемещается вместе со штоком пресса (шток на чертеже не показан) вертикально по направляющей к поверхности исследуемого образца. При соприкосновении с образцом шаровой опоры 23, выступающей из крышки ободья 22, датинное приставка прекращается. Наступает момент вдавливания шарика в образец под действием нагрузки, передаваемой через шток 12. Пружина 25 сжимается, штифт 11 скользит в пазу цилиндра 13, пружина 19 нажимает на плечо рычага 6. Давление плеча рычага толкает удлинитель 2 индикатора 3. Стрелка индикатора показывает глубину отпечатка шарика 24, в соответствии с которой по таблице рассчитывают твердость.

Негоризонтальность плоскости испытанного образца компенсируется поворотом шаровой опоры 23 в пределах, предусмотренных конструкцией ее основания.





Вариант 23

Выполнить сборочный чертеж приспособления по рабочим чертежам его деталей и кинематическому устройству. На главном листе сборочного чертежа корпус 1 расположить так, как он изображен на главном листе рабочего чертежа детали. Масштаб сборочного чертежа 1:1. Приспособление к выполнению задания, ознакомиться с конструкторской частью и со всеми обозначениями на рабочих чертежах.

Примечание. Чертежи деталей 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 не даны: дет. 1 — валок, ГОСТ 8789—68; дет. 2 — гайка, ГОСТ 5097—71; дет. 3 — шайба, ГОСТ 11371—68; дет. 4 — шайба, ГОСТ 11371—68; дет. 5 — шайба, ГОСТ 11371—68; дет. 6 — шайба, ГОСТ 11371—68; дет. 7 — шайба, ГОСТ 11371—68; дет. 8 — шайба, ГОСТ 11371—68; дет. 9 — шайба, ГОСТ 11371—68. Чертежи деталей 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

Устройство и работа приспособления. При фрезеровании зубчатых реек на горизонтально-фрезерном станке необходимо после изготовления каждой заготовки между зубцами перемещать стол станка точно на величину шага рейки. Для этой цели служит дополнительное приспособление.

Приспособление собирают в следующем порядке. Приспособление состоит из нескольких узлов, каждый из которых сначала собирают отдельно, а затем монтируют вместе.

Узел 1. На валок 2 надевают зубчатое колесо 3 так, что планка 4 выступает за плоский торец колеса на 19 мм. Валок соединяют с колесом шпонкой 5.

Узел 2. В отверстие зубчатого колеса 22 запрессовывают бронзовую втулку 19; фланец втулки должен быть обращен в сторону удлиненной части ступицы колеса. На ступицу $\varnothing 40H7$ зубчатого колеса 22 надевают зубчатое колесо 21 так, чтобы плоский торец последнего сел на выступ $\varnothing 50$ детали 23. Зубчатые колеса 22 и 21 скрепляют шпонкой 20.

Узел 3. В отверстие $\varnothing 18H7$ рычага 7 со стороны фланца запрессовывают до упора коротким концом втулку 12. Фиксатор 16 с пружиной 11 вставляют во втулку 12 (резьбой М6 со стороны запрессованного конца втулки). При этом стержень фиксатора $\varnothing 8$ проходит между концами винтов 13, а пружина 11 ими задерживается. Чтобы фиксатор не мог выскочить из втулки 12, в его отверстие $\varnothing 4H7$ через прорез в втулке забивают пилот 14. На конец фиксатора навешивают до упора ручку 15. Правильно собранный фиксатор должен при опущении ручки подниматься вместе с ней, а при отпуске ручки — возвращаться пружиной в первоначальное положение.

Узел 4. В отверстие $\varnothing 15H7$ корпуса 1 запрессовывают до упора валик 18. Для большей надежности валик дополнительно стопорят в корпусе винтами 23. Два отверстия под винты сверлят и нарезают совместно в корпусе и валике при сборке; ось отверстий располагается в вертикальной плоскости на расстоянии 16 мм. В другое от-

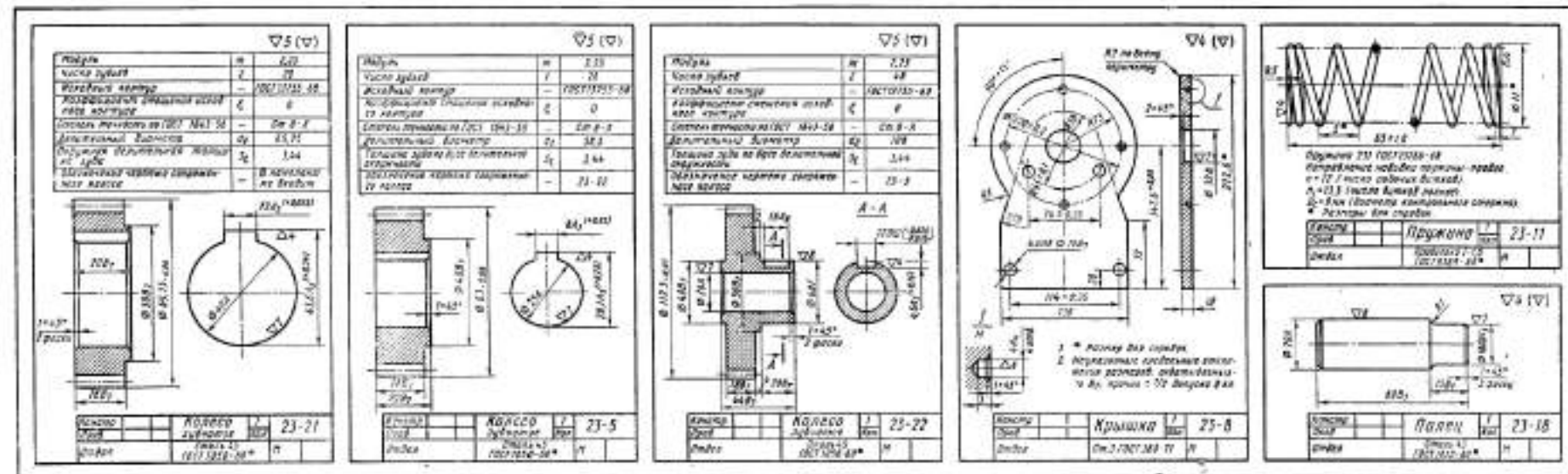
верстие корпуса $\varnothing 25H7$ с внутренней стороны запрессовывают до упора втулку 4.

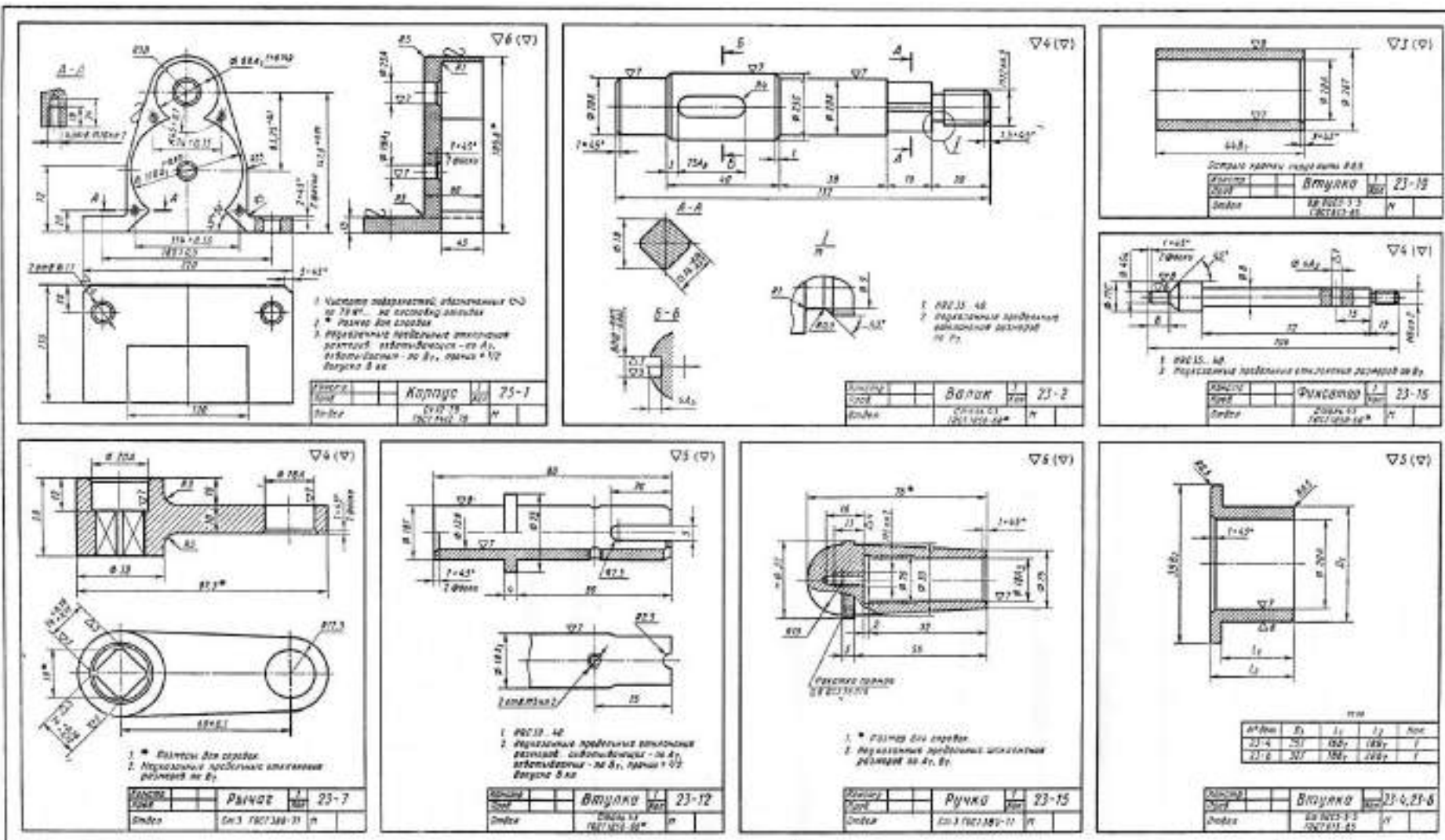
Узел 5. В отверстие $\varnothing 32H7$ крышки 8 со стороны фланца запрессовывают до упора втулку 6. Втулки 6 и 4 служат подшипниками для валика 2.

Затем монтируют головные узлы. Валик 2 в сборе вставляют коротким концом во втулку 4. Узел 11 надевают на валик 18; при этом зубчатые колеса 5 и 22 должны войти в зацепление. Затем корпус закрывают крышкой 8 (гвозди $\varnothing 4H7$, в крышке должны быть обращены наружу); крышку крепят к корпусу болтами 17. На квадратный конец выступающего снизу крышки валика 2 насаживают рычаг 7 в сборе с узлом 11 и закрепляют на валике гайкой 9, под которую предварительно подкладывают шайбу 10.

Этим заканчивают сборку приспособления. Теперь фиксатор может быть введен в любое отверстие $\varnothing 4H7$ на крышке приспособления. При повороте фиксатора на 90° поворачивается на некоторый угол и зубчатое колесо 21, которое передает вращение зубчатому колесу привода подачи стола горизонтально-фрезерного станка (он входит в комплект приспособления).

Передаточные числа зубчатых колес заранее подбирают так, чтобы при повороте фиксатора на 90° стол фрезерного станка, на котором закреплено приспособление, передвигался на величину шага нарезаемой рейки.





Вариант 24

Изготовить оборотный чертёж штампа по рабочим чертежам его деталей и окончательному устройству. Масштаб оборотного чертежа 1:1. Прорисовать и выложить окончательный чертёж, ознакомившись с конструкцией каждой детали и со всеми обозначениями на рабочих чертежах.

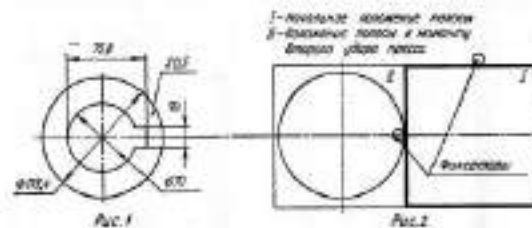
Примечание. Чертежи деталей 8, 18, 22 и 24 не даны. Их надо снять по чертежам ГОСТа и технической спецификации: дет. 8 — лист МБХ 20, ГОСТ 1481—72; дет. 18 — лист 107Х 180, ГОСТ 3128—70; дет. 22 — лист МБХ 40, ГОСТ 1481—72; дет. 24 — лист 107Х 50, ГОСТ 3128—70. Количество и материал стандартных деталей выбрать самим, учитывая назначения этих деталей в оборотной стороне.

Устройство и работа штампа. Штмп предназначен для вырубке за один ход пресса наружного и внутреннего контуров пластин ротора. Пластина изображена на рис. 1.

Основные рабочие части штампа: матрица 13, служащая для вырубке наружного контура детали, пуансон-матрица 4, которая служит пуансоном для наружного контура детали и матрицей для пробивки отверстий, и диспробавший пуансон 9.

Штмп собирают в следующем порядке. Сначала собирают нижнюю часть штампа. В два отверстия $\varnothing 38,4$ нижней плиты 1 запрессовывают колонки 14 стержнями $\varnothing 25$ вверх. Пуансон-матрицу 4 скрепляют с плитой 1 винтами 23, головки которых располагают в разрезных пазах плиты глубиной 10 мм. Поднятие детали 4 из плиты 1 фиксируют штифтами 24. В два глухих отверстия $\varnothing 14$ пуансон-матрицы вставляют пружины 10, а сверху в них закладывают фиксаторы 11 так, чтобы их концы $\varnothing 10,5$, были обращены вверх.

На цилиндрический выступ $\varnothing 119,4/1$ пуансон-матрицы 4 надевают срезинку 12 так, чтобы в его отверстия $\varnothing 10,5/4$, попали фиксаторы 11. В четыре гнезда $\varnothing 22$ плиты 1 закладывают пружины 3, после чего сквозные отверстия в плите через пружинные пропускот



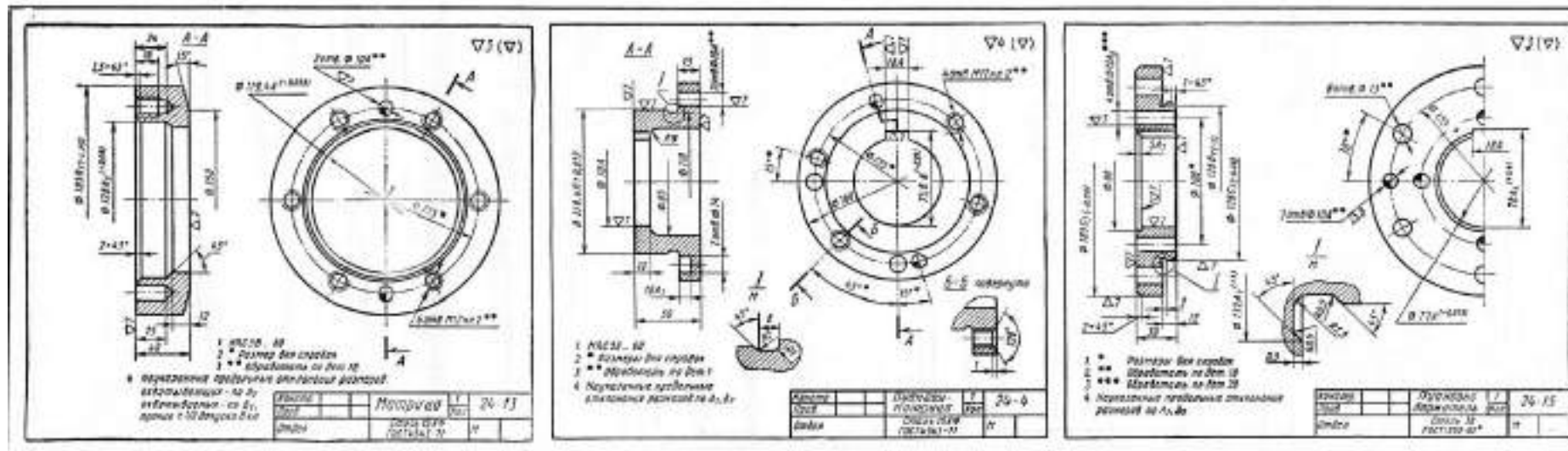
ноты 2. Головки винтов должны войти в разрезки $\varnothing 20$ плиты 1. Винты до упора заворачивают в срезинку 12. Пружины 3 в 10 следует вычеркнуть в сжатом состоянии так, чтобы верхние плоскости деталей 4 и 12 сошлись. Сборку нижней части штампа на этом заканчивают.

Затем собирают верхнюю часть штампа. В отверстия $\varnothing 38,4$ верхней плиты 20 запрессовывают со стороны фаски до упора ступки 17. В паз пуансона 9 закладывают планку 7 так, чтобы торцы ее оказались заподлицо с торцами пуансона; обе детали скрепляют со стороны фаски диска. В пуансонодержатель 15 со стороны расточки $\varnothing 80$ запрессовывают до упора пуансон 9 в сборе с планкой 7. В матрицу 13 со стороны расточки $\varnothing 128,4$ закладывают кольцо выбрасывателя 5. Пуансонодержатель 15 с пуансоном 9 ставят

в матрицу 13 так, чтобы оси отверстий гнезд обеих деталей сошлись. Верхнюю плиту 20 насаживают расточкой $\varnothing 185,4$ на пуансонодержатель 15. В четыре отверстия $\varnothing 10,4$, деталей 20 и 15 вставляют пальцы 6 до упора в деталь 5. На головки пальцев накладывают диск 19. На шток 22 надевают хвостовик 18 так, чтобы он попал в расточку $\varnothing 190,4$, плиты 20, тогда диск 19 может свободно перемещаться в осевом направлении в расточке хвостовика глубиной 25 мм.

Детали 18, 15, 18 и 20 фиксируют одну относительно другой штифтами 16 и скрепляют винтами 21. На этом заканчивают сборку верхней части штампа. Собранный верхнюю часть штампа ступками 17 надевают на направляющие колонки 14 хвостовиком 18 вверх.

По окончании с работой штампа. В зазор между верхней и нижней частями штампа подают заготовку в виде полосы. Боковая кромка полосы скользит по одному фиксатору 11. Величина подачи полосы ограничивается вторым фиксатором 11 (рис. 2). Во время рабочего хода штампа фиксаторы утоплены в срезинку 12. Когда верхняя часть штампа поднимается, фиксаторы под действием пружин выступают над плоскостью срезинки. Направляющие ступки и колонки обеспечивают совпадение контуров пуансона и матрицы. Верхняя часть штампа обокривана с приспособлением, подающим сжатый воздух. Когда начинается движение диска вниз (при поднятом положении верхней части штампа), автоматически включается подача сжатого воздуха. Диск 19 через пальцы 6 и кольцо выбрасывателя 5 выталкивает готовую деталь из матрицы 13 вниз, во время падения она сдувается струей сжатого воздуха. Отходы полосы, из которой вырубает пластины ротора, с пуансон-матрицы 4 сжимают срезинку 12, который поднимается при разжатии пружин 3. Отходы от пробивки отверстий проваливаются под стол пресса.



Вариант 25

По рабочей чертежи и выданным ограничениям выполнить сборочный чертеж в трех проекциях. На сборочном чертеже нижнюю подвеску 6 расположить так, как это изображено в задании. Масштаб сборочного чертежа 1:1. Присутствие в выданном задании, выполненном с конструкторской задачей и ее актом обозначения на рабочей чертежи.

Примечание. Чертежи деталей 3, 4, 5, 15, 19, 20, 21 и 24 не даны. Их надо найти по номеру ГОСТа и техническим обозначениям. Нормативные размеры и материалы стандартных деталей также надо найти по ГОСТу, учитывая обозначения на сборочном чертеже.

Дет. 3 — гайка, ГОСТ 9227—70; дет. 4 — шпилька, АМ17×45 (15/30) О18, ГОСТ 11765—66; дет. 5 — шайба пружинная, ГОСТ 6802—70; дет. 15 — винт, ГОСТ 17473—73; дет. 19 — гайка, ГОСТ 2506—70; дет. 20 — шайба, ГОСТ 11371—66; дет. 21 — гайка, ГОСТ 2506—70; дет. 24 — гайка, ГОСТ 2506—70. Обозначения стандартных деталей в спецификации сборочного чертежа должны соответствовать обозначениям, принятым в ГОСТах.

Устройство и работа ограничителя. Ограничитель предназначен для выключения мостового крана в случае превышения нормы грузоподъемности. Конструкция ограничителя основана на том, что канат работает в зоне пропорциональности (удлинение пропорционально нагрузке).

Собирают ограничитель в следующем порядке.

Две сменные вставки 1 запрессовывают в пружины 2, а две другие — в нижнюю подвеску 8 и верхнюю подвеску 6. Под вставки в деталях 2, 6 и 8 сделаны соответствующие пазы. Углубления для вставок по вставкам должны оказаться во всех случаях с нижней стороны. Один пружин вместе со вставкой крепят шпильками 4,

шайбами 5, гайками 3 и нижней подвеске 8, другой — к верхней подвеске 6. Вставки при этом должны быть обращены одна к другой.

В верхнюю подвеску 6 ввертывают колодки 7 так, чтобы нижний торец подвески (без фланса) опирался на буртики колодок.

В нижнюю подвеску 8 со стороны планки забивают в отверстие $\varnothing 104$ пальцы 22. Затем свободные концы колодок 7 пропускают через отверстия $\varnothing 154$ нижней подвески 8. При этом пружины 2, присоединенный к верхней подвеске 6, должны оказаться над такими же пружинами, присоединенным к нижней подвеске. На выступающую снизу концы колодок 7 надевают пружины 16, затем балку 12 (ее средняя часть должна оказаться выше концов и со стороны планки нижней подвески 8). После этого на концы колодок навешивают гайки с контргайками 19 (на чертеже пружины изображены схематично приблизительно на 5 мм).

В рычаги 9 и 18 запрессовывают призмы 12. Затем рычаги располагают так, чтобы концы с тисцами $\varnothing 1,5$ были обращены в одну сторону, ось этих тисц совпала и тисца оказались одно против другого. В гнезда рычагов вставляют концы пружины 13. Пружину размещают между рычагами. На призмы 12 ставят пружины 11. Рамку 10 шпильками скрепляют, вставляя в пазы пружин 11. Для этого надо рычаги вместе с навешенными призмами обложить, сжав пружины 13.

Соединенные таким образом рычаги 9 и 18 навешивают на свободные концы пальцев 22. Рычаг 9 навешивают на верхний палец, рычаг 18 — на нижний. Закрепляют рычаги гайками 21 с шайбами 20. Гайки затягивают так, чтобы рычаги свободно вращались на пальцах.

В приваренную рамку нижней подвески заводят конечный выключатель ВК-211¹ и крепят четырьмя винтами. Свободный конец рычага 9 должен упираться в ролик конечного выключателя. Это положение рычага 9 подстраивается через рычаг 18 регулировочным винтом 23, который ввертывают в резьбовое отверстие шайбы 17 и концом упираются в рычаг 18. Положение винта 23 фиксируют контргайкой 24.

Конечный выключатель, всю систему рычагов и шайбу закрывают кожухом 14, который крепят четырьмя винтами 15 к нижней подвеске.

Для крепления ограничителя на канате надо отсоединять пружины 2 с запрессованными вставками 1 от верхней к нижней подвеске, ввести канат в углубления вставок на подвесках и снова присоединять пружины, зажав канат. Ограничитель можно крепить на любой металл каната. При нагрузке участок каната между подвесками 6 и 8 удлинится, что заставит опуститься нижнюю подвеску. При этом сработает система рычагов и, в случае перегрузки, рычаг 9 заставит выключатель ВК-211 остановить подъемный механизм.

Ограничитель выдерживает по максимальной грузу регулировочным винтом 23.

Ограничитель пригоден для канатов различных диаметров: для этого используют сменные вставки.

¹ Готовые сборки кранов, выпускаемые предприятиями Министерства электротехнической промышленности. На сборочном чертеже конечный выключатель не изображен; рычаг 18 и 9 вставляются в горизонтальное положение.

