

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

## **ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-36 07 02  
«Производство изделий на основе трёхмерных технологий»

Витебск  
2022

УДК 67.05; 621.9.04; 621.91; 621.941; 621.9-11; 621.9.01: 621.9.02; 621.9.06–  
621.9.09

Составитель:

В. В. Савицкий

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским  
советом УО «ВГТУ» протокол № 4 от 29.12.2021.

**Обрабатывающие станки с программным управлением :**  
методические указания по выполнению лабораторных работ / сост.  
В. В. Савицкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2022. – 67 с.

Методические указания содержат последовательность выполнения работ, справочную информацию и ссылки на нормативные документы, необходимые для составления операционной технологии обработки заготовок на оборудовании токарной и фрезерной групп с ЧПУ. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ выполняется автоматизированным способом с помощью модулей САМ-системы к САПР КОМПАС-3D «Модуль ЧПУ. Токарная обработка», «Модуль ЧПУ. Фрезерная обработка». В состав заданий включены темы проектирования деталей, обработка которых выполняется на оборудовании с ЧПУ, с целью закрепления навыков конструирования и оформления рабочих чертежей. Приведен порядок и требования к оформлению отчетов по лабораторным работам.

Издание в электронном виде расположено в репозитории библиотеки УО «ВГТУ» по ссылке [http://lib.vstu.by/knigi/bukva\\_O/Obr\\_st\\_s\\_progr\\_upr\\_MU\\_LR.pdf](http://lib.vstu.by/knigi/bukva_O/Obr_st_s_progr_upr_MU_LR.pdf)

**УДК 67.05**

© УО «ВГТУ», 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....                                                                                                                                                       | 4  |
| Лабораторная работа 1. Проектирование детали «Вал» в САПР КОМПАС-3D. Разработка рабочего чертежа вала.....                                                                  | 5  |
| 1.1 Общие положения.....                                                                                                                                                    | 5  |
| 1.2 Порядок выполнения работы.....                                                                                                                                          | 18 |
| Лабораторная работа 2. Разработка операционной технологии обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ с использованием САМ КОМПАС-3D «Модуль ЧПУ. Токарная обработка»..... | 19 |
| 2.1 Общие сведения.....                                                                                                                                                     | 19 |
| 2.2 Порядок использования САМ-системы.....                                                                                                                                  | 22 |
| 2.3 Порядок выполнения работы.....                                                                                                                                          | 40 |
| Лабораторная работа 3. Проектирование детали «Плита» в САПР КОМПАС-3D. Разработка рабочего чертежа.....                                                                     | 41 |
| 3.1 Общие положения.....                                                                                                                                                    | 41 |
| 3.2 Порядок выполнения работы.....                                                                                                                                          | 48 |
| Лабораторная работа 4. Обработка заготовок на фрезерных станках с ЧПУ с использованием САМ КОМПАС-3D «Модуль ЧПУ. Фрезерная обработка».....                                 | 49 |
| 4.1 Общие положения по работе с САМ-системой.....                                                                                                                           | 49 |
| 4.2 Порядок выполнения работы.....                                                                                                                                          | 60 |
| ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....                                                                                                                             | 63 |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....                                                                                                                               | 64 |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Образец титульного листа отчёта</b> .....                                                                                                                  | 66 |

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Обрабатывающие станки с программным управлением» входит в состав дисциплин специализации студентов по специальности 1-36 07 02.

Выполнение заданий по дисциплине способствует развитию навыков самостоятельной работы с использованием справочной литературы, нормативно-технической документации, системами автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства (CAD/CAM).

Предполагается выполнение работ по конструированию деталей класса «Валы» и «Плиты» и разработке технологии их обработки на станках с ЧПУ токарной и фрезерной группы с использованием САМ-систем КОМПАС-3D.

При выполнении лабораторных используются знания, полученные при изучении лекционного материала по дисциплине «Обрабатывающие станки с программным управлением», а также основные положения, преподаваемые в общетехнических и специальных дисциплинах.

# Лабораторная работа 1

## Проектирование детали «Вал» в САПР КОМПАС-3D. Разработка рабочего чертежа вала

### 1.1 Общие положения

Основной документацией при программировании обработки для технологов служат рабочие чертежи деталей и их геометрические модели, созданные конструкторами в САПР и оформленные в соответствии с требованиями ЕСКД.

При получении документации технологи выполняют анализ технологичности элементов конструкции и на его основе намечают технологическую последовательность обработки каждого обрабатываемого элемента. Важным этапом является также выбор рациональной заготовки для изготовления детали, которая позволит выполнить обработку с максимально возможным коэффициентом использования материала этой заготовки.

Детали класса «Вал» представляют собой тела вращения, в геометрическую форму которых могут быть включены различные элементы в виде гладких, фасонных, шлицевых поверхностей, канавок, зубчатых венцов и т. д.

С целью усвоения навыков проектирования при выполнении данной работы осуществляется конструирование 3D-модели детали и разрабатывается её рабочий чертёж. Они станут основой для выполнения второй лабораторной работы, в которой разрабатывается технология обработки детали, и программируются операции, выполняемые на станке с ЧПУ токарной группы.

При проектировании валов могут использоваться различные способы. В данной работе рассмотрен вариант, при котором вначале создается 3D-модель вала с помощью приложения «Валы и механические передачи 3D», а затем – ассоциированный с ней чертёж. Для этих целей используется система проектирования и трёхмерного твердотельного моделирования тел вращения и механических передач КОМПАС-SHAFT 3D фирмы АСКОН [1]. Возможно применение аналогичных прикладных библиотек других САПР, например, Autodesk Inventor, SolidWorks, NX и т. д.

Библиотека КОМПАС-SHAFT 3D предлагает интерфейс, позволяющий моделировать ступени вала различной конфигурации (конические, цилиндрические, многогранные), имеет встроенный модуль расчёта зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления, по результатам которого после введения необходимых параметров можно получить готовую 3D-модель зубчатого колеса. Это удобно при создании машиностроительных деталей типа валов с зубчатыми венцами и зубчатых колёс. Все модели доступны для редактирования стандартными средствами КОМПАС-3D.

Порядок работы с библиотекой рассмотрен для САПР КОМПАС-3D V16. Открывают менеджер библиотек, в котором запускают библиотеку КОМПАС-

SHAFT 3D. Она находится в разделе «Библиотеки КОМПАС» – «Механика». Раскрывают вкладку «Механика» и устанавливают галочку в подразделе «Валы и механические передачи 3D» (рис. 1.1).

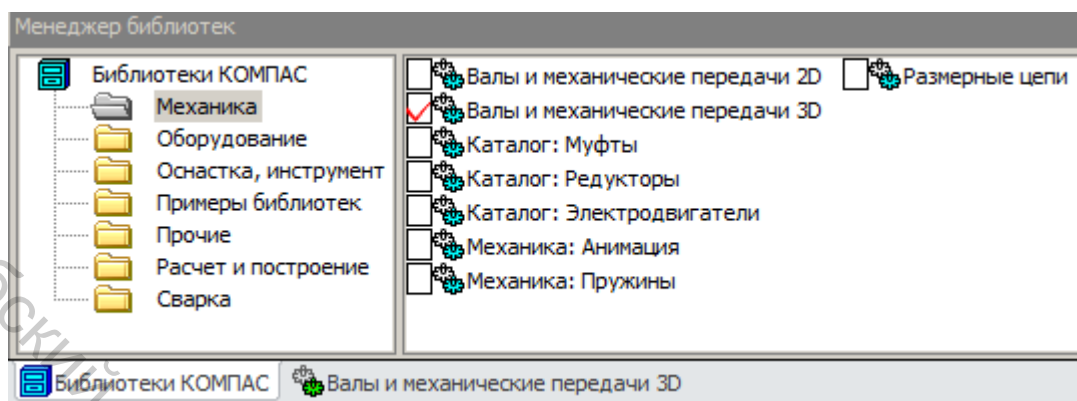


Рисунок 1.1 – Открытие библиотеки «Валы и механические передачи» в КОМПАС-3D

В результате появится окно, в котором отображаются названия структурных компонентов библиотеки «Валы и механические передачи 3D» (рис. 1.2).

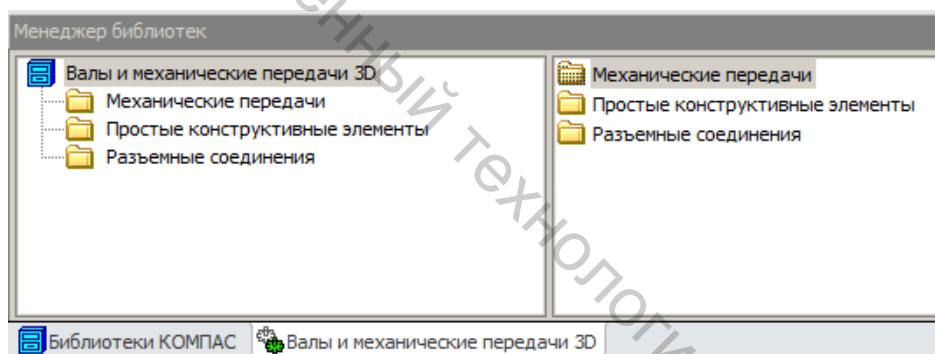


Рисунок 1.2 – Структурные элементы библиотеки «Валы и механические передачи»

Для расчёта и построения вала дважды кликают на названии приложения «Простые конструктивные элементы», в результате чего откроется окно построения ступеней вала различного исполнения (рис. 1.3).

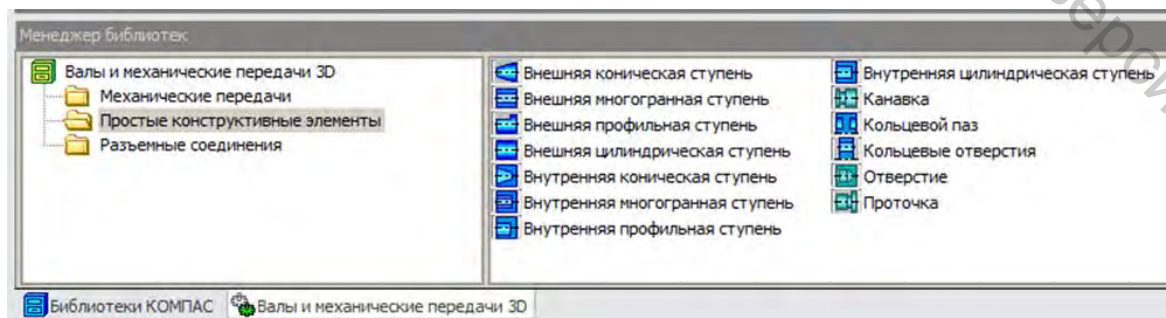


Рисунок 1.3 – Структура приложения «Простые конструктивные элементы»

Для работы с приложением создают новый файл. Могут использоваться различные способы их создания. Выбирают команду «Файл» – «Создать» (рис. 1.4). В появившемся диалоговом окне «Новый документ» во вкладке «Новые документы» необходимо выбрать тип документа. В этом случае появится пустой документ с определёнными системными настройками (рис. 1.5).



Рисунок 1.4 – Создание файла детали

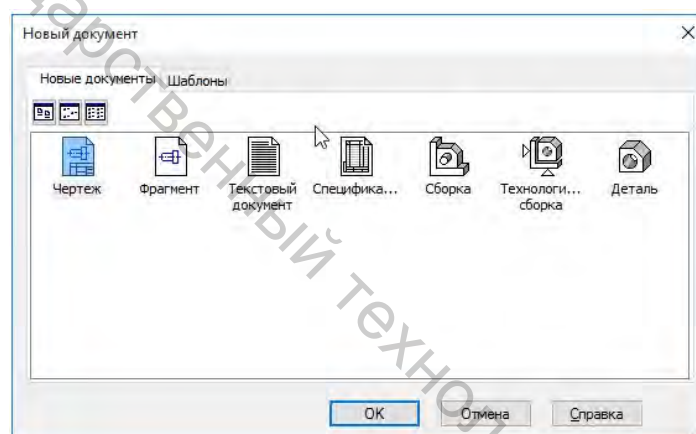


Рисунок 1.5 – Создание файла новой детали

Возможен другой способ создания нового документа из панели инструментов «Стандартная». В этом случае необходимо нажать стрелку выпадающего списка вкладки «Новый документ» и выбрать нужный вариант (рис. 1.6).

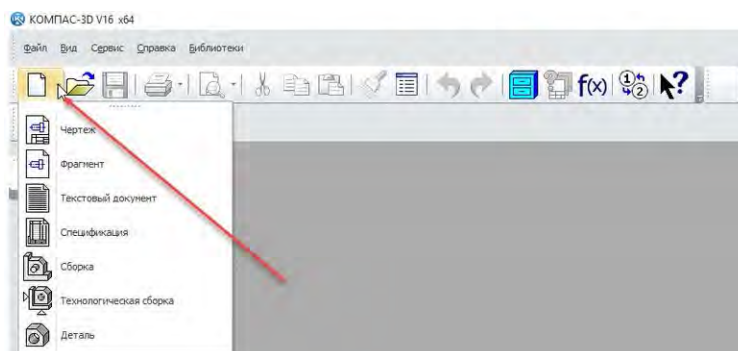
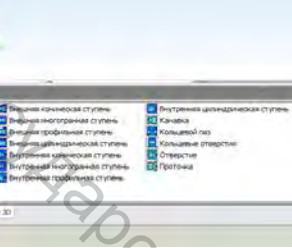
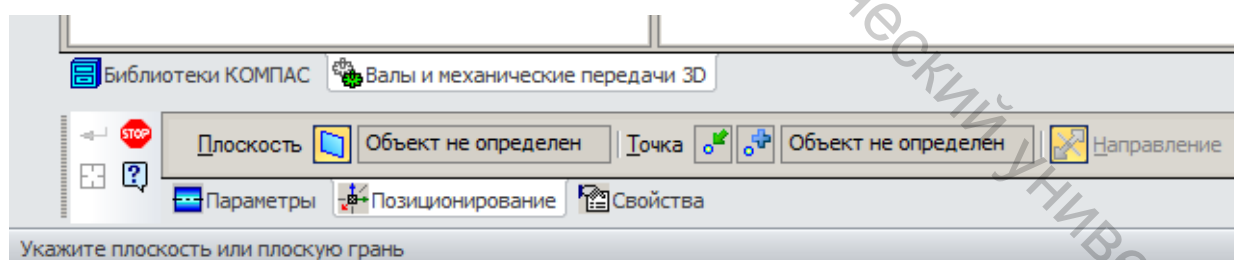


Рисунок 1.6 – Альтернативный способ создания файла новой детали

[illegible]

ктируемый вал имеет только гладкие цилиндрические ступени. В окне приложения «Простые геометрические элементы» курсором мыши на элементе «Внешняя цилиндрическая» делается запрос «Укажите плоскость или плоскую грань», что в строке подсказок (внизу интерфейса, рис. 1.8). Строка выдает на действия, выполнение которых необходимо для заданной операции.

В раскрытом окне приложения «Простые геометрические элементы» дважды кликают курсором мыши на элементе «Внешняя цилиндрическая ступень». Система делает запрос «Укажите плоскость или плоскую грань», отображающийся в строке подсказок (внизу интерфейса, рис. 1.8). Строка сообщений указывает на действия, выполнение которых необходимо для завершения определённой операции.



После указания плоскости (например, XY) в графической части окна ПАС-3D текущее состояние системы приобретёт вид, показанный на рисунке 1.9. В строке подсказки приведена последовательность действий, которые необходимо выполнить: «Создайте операцию или отредактируйте параметры». В текущем состоянии по умолчанию задан диаметр ступени 20 мм, высота – 50 мм. Если приведенные значения удовлетворяют размерам первой

После указания плоскости (например, XY) в графической части окна КОМПАС-3D текущее состояние системы приобретёт вид, показанный на рисунке 1.9. В строке подсказки приведена последовательность действий, которые необходимо выполнить: «Создайте операцию или отредактируйте параметры». В текущем состоянии по умолчанию задан диаметр ступени 20 мм, её длина – 50 мм. Если приведенные значения удовлетворяют размерам первой

ступени вала, операцию завершают, нажимая в меню кнопку «Создать операцию» (рис. 1.10).

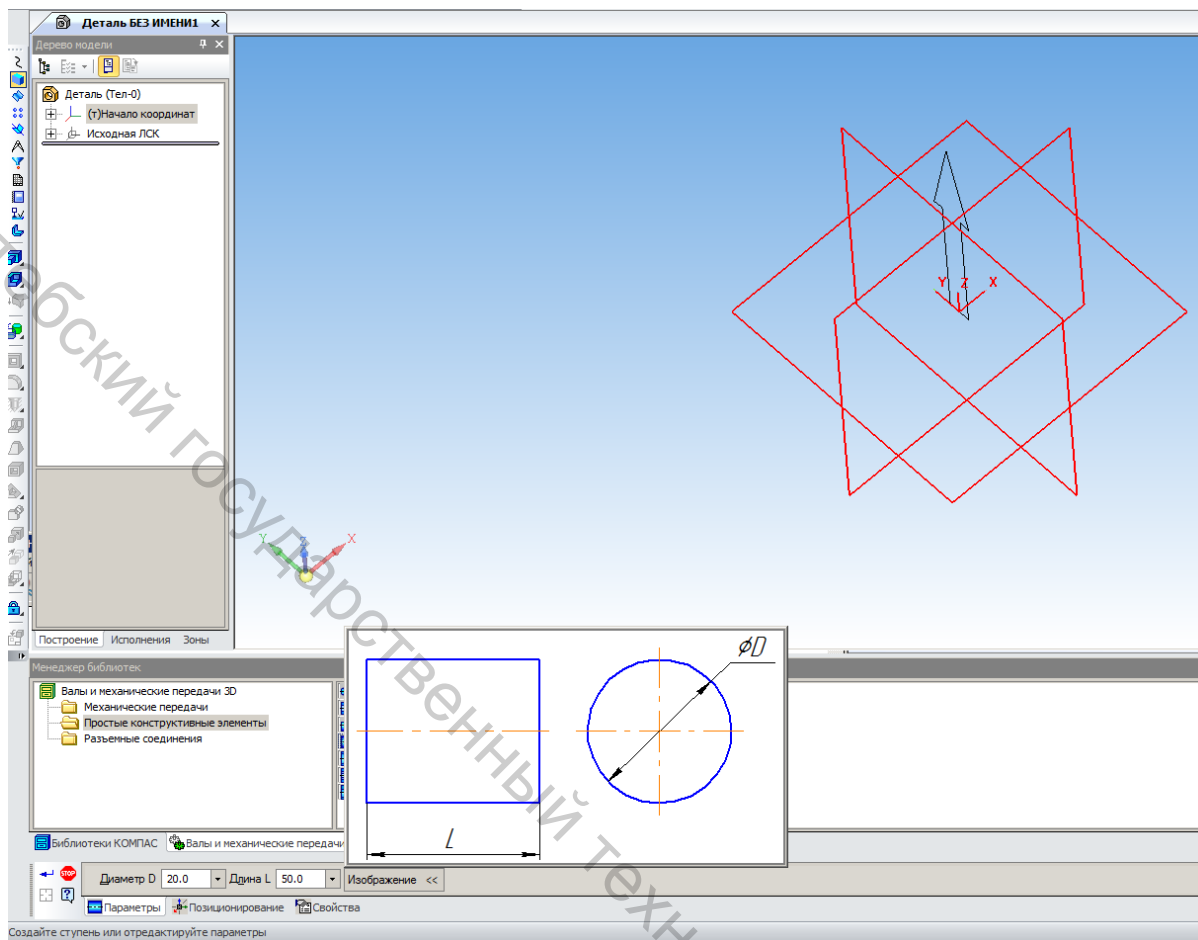


Рисунок 1.9 – Отображение плоскости для создания первой ступени вала и её геометрических параметров

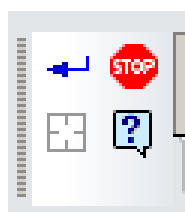


Рисунок 1.10 – Завершение текущей операции создания первой ступени вала

При необходимости размер ступени вала по диаметру и длине может быть скорректирован в соответствии со значениями этих параметров, полученными, например, расчётом и округлёнными до соответствующих стандартных значений.

Пусть указанные по умолчанию значения удовлетворяют условию построения первой ступени вала. Создают операцию и получают результат,

показанный на рисунке 1.11. В дереве построения отобразится первый созданный элемент вала (рис. 1.12).

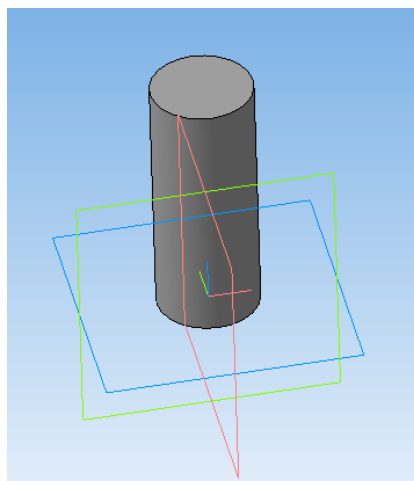


Рисунок 1.11 – Результат текущей операции создания первой ступени вала

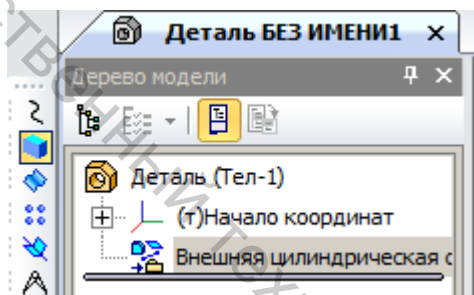


Рисунок 1.12 – Дерево построения вала

На этом этапе детали присваивают имя. Пусть данная деталь имеет наименование «Вал».

Для задания имени дважды кликают на обозначении «Деталь (Тел-1)» в «Дереве модели», записывают наименование детали в редактируемую строку, а затем курсор мыши переводят в любую точку экрана и нажимают левую кнопку мыши. При этом в «Дереве модели» отобразится наименование детали «Вал (Тел-1)» (рис. 1.13).

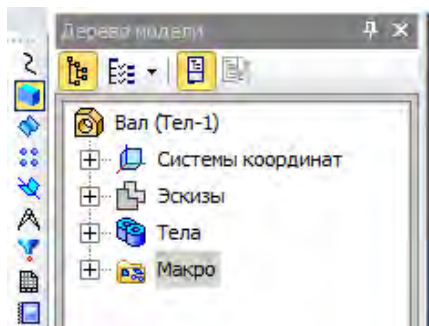


Рисунок 1.13 – Присвоение имени детали

Затем курсор мыши устанавливают на наименование детали и нажимают правую кнопку мыши, в результате чего появляется меню, в котором имеется вкладка «Свойства модели». С помощью этой команды может быть задан материал детали. Нажимая курсором мыши на этой вкладке меню, получают следующее окно (рис. 1.14).

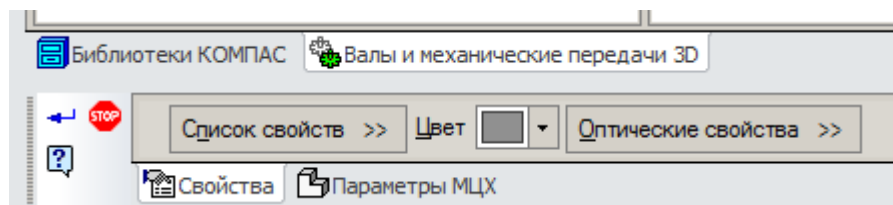


Рисунок 1.14 – Выбор материала детали

Раскрыв вкладку «Параметры МЦХ» появляется возможность выбрать один из вариантов задания материала (рис. 1.15), поскольку по умолчанию в строке «Обозначение» задан материал сталь 10, – «Материал модели из списка» или «Материал модели из справочника». Пусть выбран первый вариант.

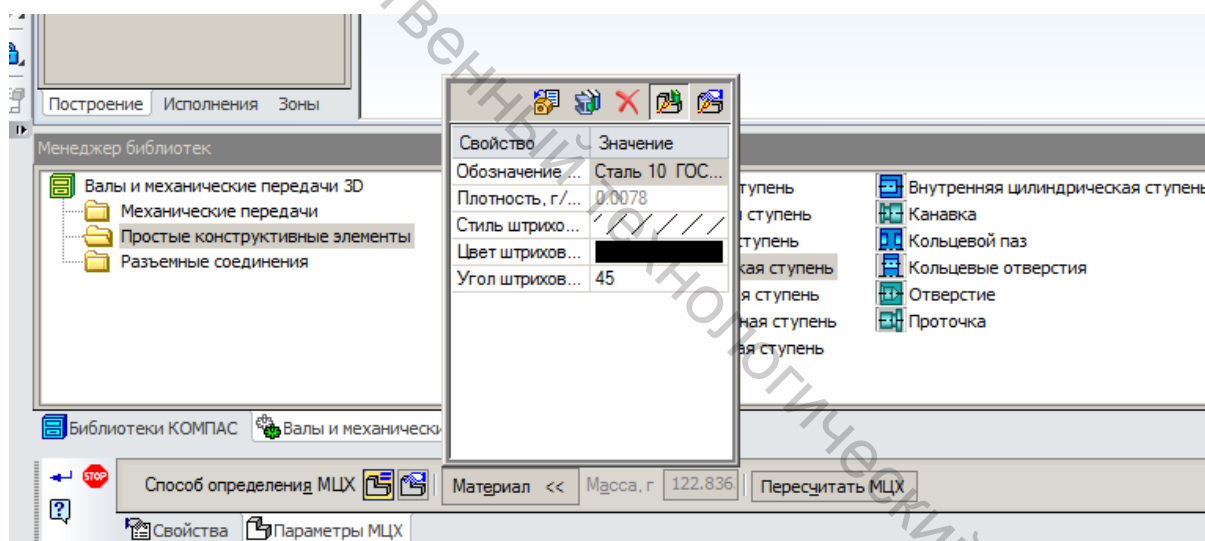


Рисунок 1.15 – Окно параметров модели

Нажимают «Выбрать из списка» и появившуюся ссылку «Выбрать материал». Появится вкладка «Выбор объектов», в которой отобразятся ранее использовавшиеся материалы. Выбирают, например, сталь 40X и дважды кликают по этому материалу курсором мыши (рис. 1.16). В данной детали в «Обозначении материала» появится выбранная марка стали. Если среди материалов вкладки «Выбор объекта» нужного материала нет, следует найти вкладку «Добавить объект из справочника», что позволит открыть библиотеку «Материалы. Сортамент», и выбрать материал из этой библиотеки. Затем завершают создание операции с помощью вкладки «Создать объект». При этом в графической части цвет модели изменится.

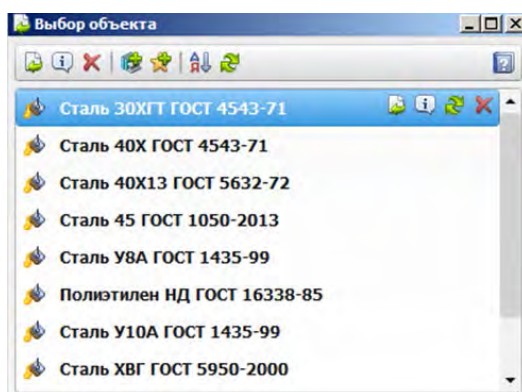


Рисунок 1.16 – Окно для выбора материала модели

После этого документ сохраняют, используя вкладки «Сохранить» или «Сохранить как».

Для добавления следующей ступени дважды кликают на вкладке библиотеки «Внешняя цилиндрическая ступень» и указывают в качестве геометрического элемента плоскую грань ранее построенной ступени вала. Вновь появится вкладка с геометрическими параметрами для второй ступеньки вала, которые могут быть заданы (а именно, диаметр и длина этой ступени). При этом окно КОМПАС-3D приобретёт вид, показанный на рисунке 1.17.

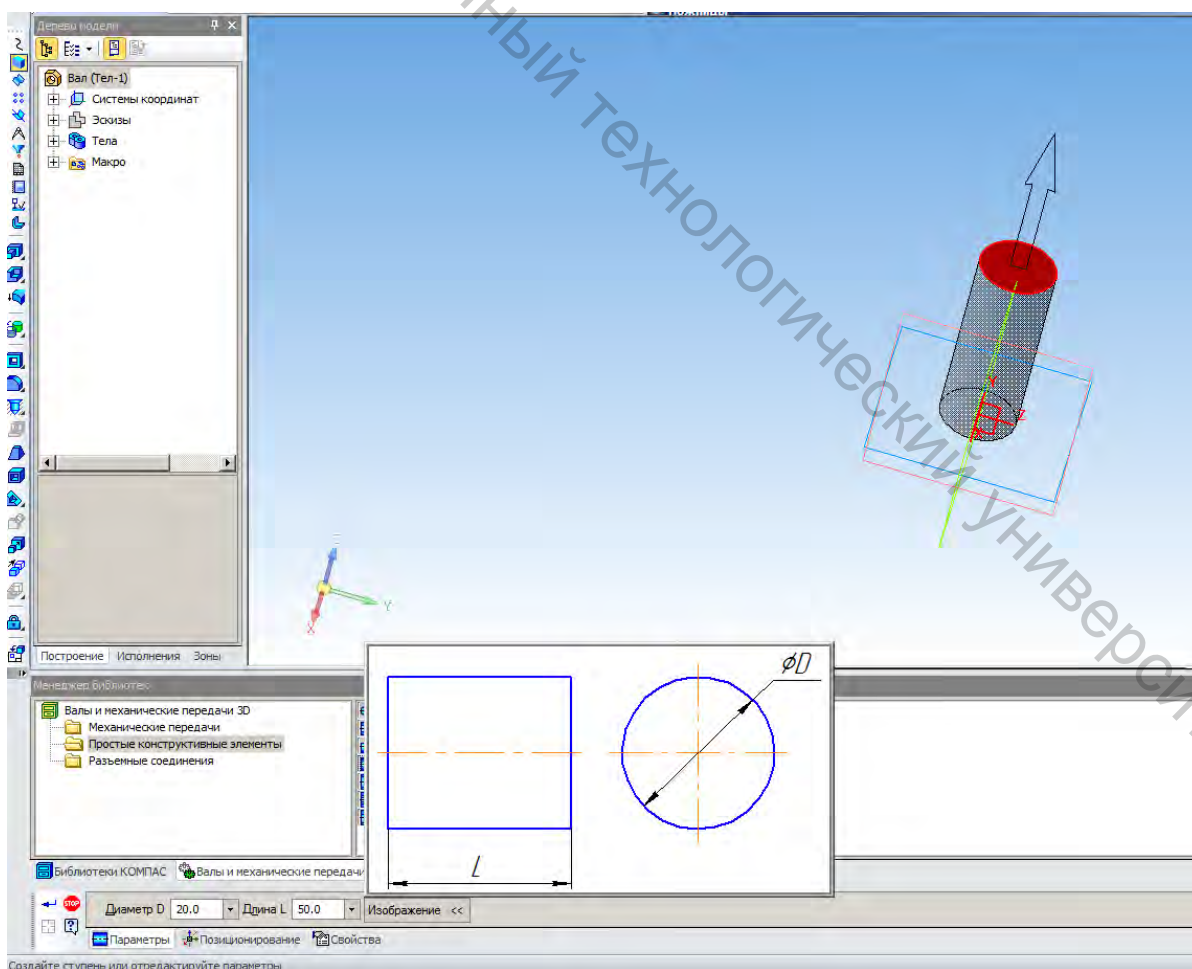


Рисунок 1.17 – Окно для построения второй ступени модели

Пусть вторая ступень вала имеет диаметр 32 мм и длину 63 мм. Задавая значения и создавая операцию, получают вал с двумя ступенями (рис. 1.18), а в дереве построения отобразится вторая операция создания внешней цилиндрической ступени.

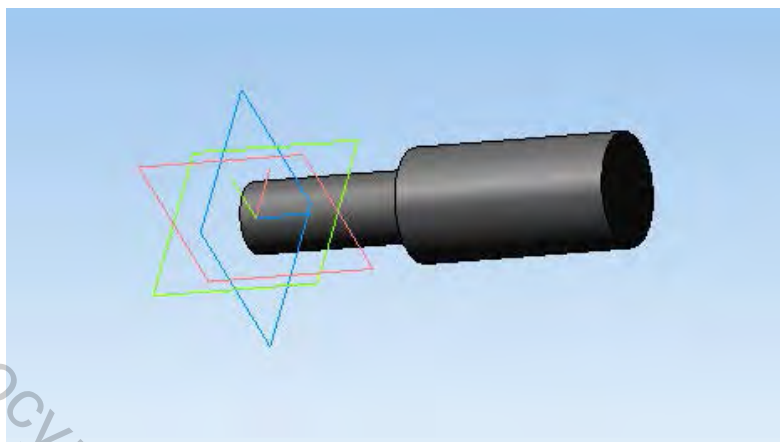


Рисунок 1.18 – Результат построения второй ступени вала

Аналогичным образом могут быть построены другие ступени вала с заданными геометрическими параметрами.

Кроме гладких ступеней на элементах вала могут быть созданы фаски, скругления, канавки, шпоночные пазы, центровые отверстия, шлицевые поверхности и другие элементы. Для их создания используют вкладки библиотеки «Простые конструктивные элементы» и вертикальной «Стандартной ленточной панели».

Рекомендуется также во вкладке «Стандартной панели» «Сервис» – «Параметры» – «Точность отрисовки и МЦХ» бегунок этого параметра установить в крайнее правое положение «Точно» и сохранить такую настройку для данной детали.

При обработке вала как на токарных, так и на станках других групп в качестве баз используют оси центровых отверстий, выполненных на торцах таких деталей.

Для создания в модели вала центровых отверстий дважды кликают на вкладке «Отверстия» библиотеки «Простые геометрические элементы». В этом случае открывается меню библиотеки «Библиотека Стандартные Изделия» (рис. 1.19). Кроме библиотеки «Отверстия» в неё входят библиотеки других конструктивных элементов. Дважды кликая курсором на элементе «Отверстия центровые», откроется перечень доступных для выбора центровых отверстий, геометрические параметры которых соответствуют действующим стандартам.

Задавая требуемые параметры для каждого отверстия, получают центровые отверстия на торцах вала. Следует учитывать, что типы центровых отверстий зависят от требований к точности обработки и массы вала.

После всех построений модель вала приобретёт вид, показанный на рисунке 1.20.

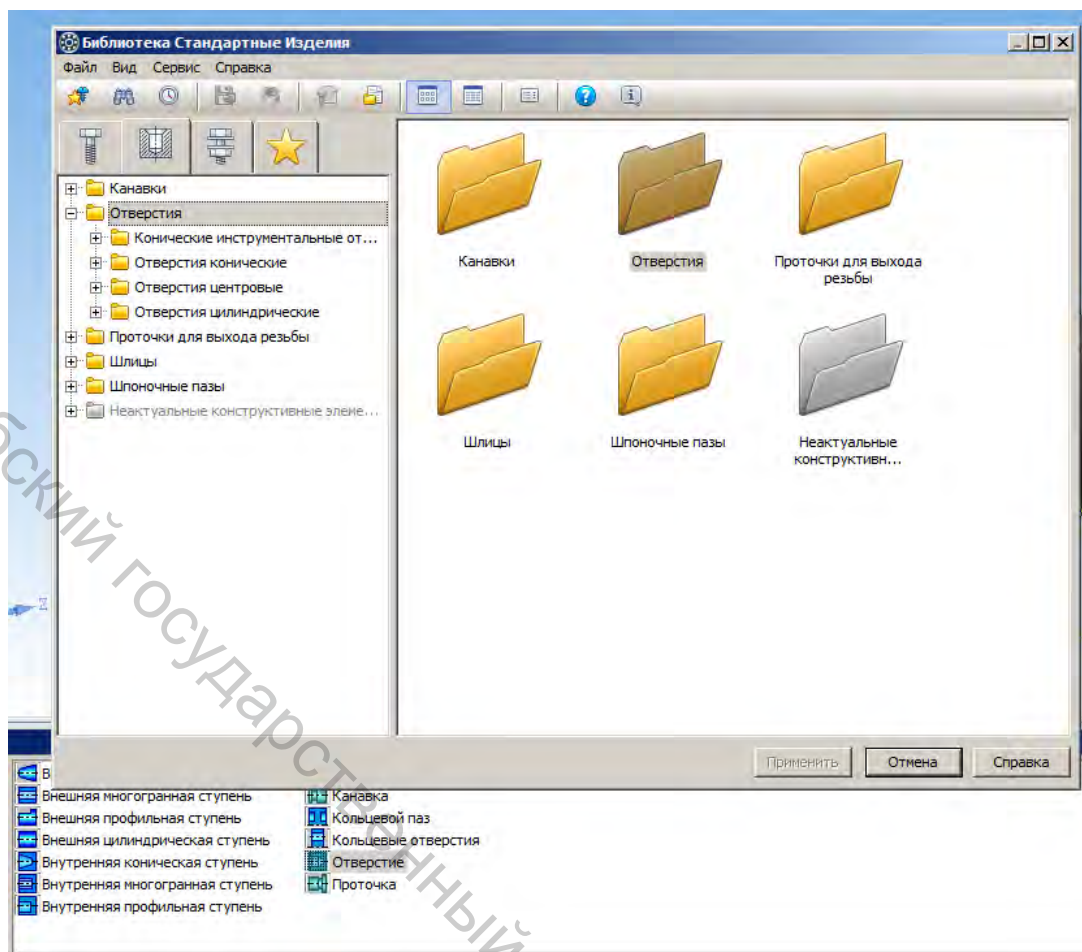


Рисунок 1.19 – Окно «Библиотека Стандартные Изделия»

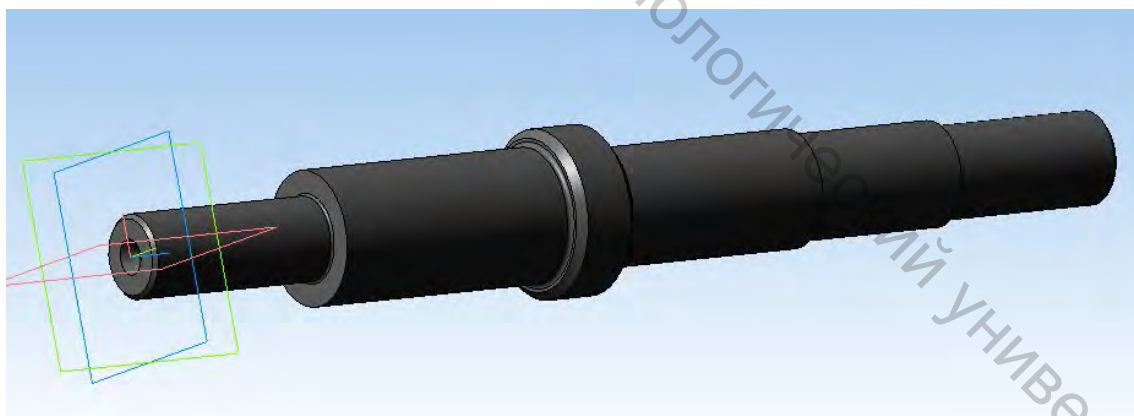


Рисунок 1.20 – Модель вала

Затем, раскрывая вкладку «Стандартной панели» «Операции» – «Создать новый чертёж из модели», в открывшемся окне, которое имеет вид, представленный на рисунке 1.21, выполняют рабочий чертёж модели в следующей последовательности. По умолчанию открывается чертёж вала на формате A4, в который может быть вставлен вид, необходимый для расстановки размеров. По умолчанию обычно в окне ориентации вида указан «Спереди», его необходимо изменить на вид «Слева» (или «Справа») и

поместить точку привязки вида в поле чертежа этого формата, затем создать операцию.

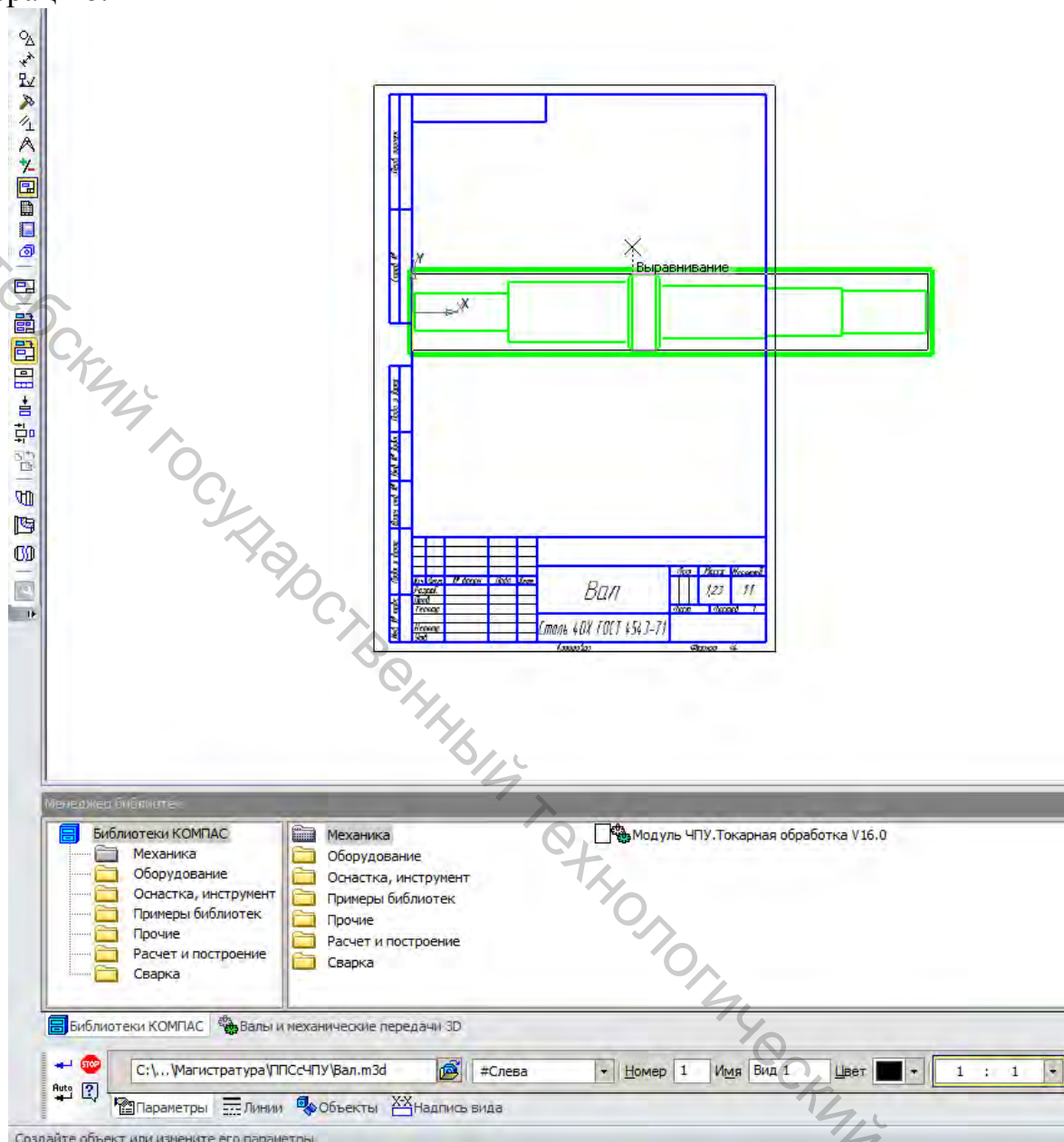


Рисунок 1.21 – Начальный этап создания рабочего чертежа вала

Поскольку вал выходит за пределы формата А4, необходимо изменить параметры текущего чертежа. Для этого курсор мыши размещают в поле чертежа и нажимают правую кнопку мыши. Появится контекстное меню, в котором следует нажать вкладку «Параметры текущего чертежа». В новом окне, изображенном на рисунке 1.22, следует раскрыть вкладку «Параметры первого листа», и перейти в новое окно, приведенное на рисунке 1.23. Нажимая вкладку «Формат», появляется возможность выбрать требуемый формат для отображения вала в масштабе 1:1 (или другом масштабе), а также задать ориентацию формата и некоторые другие параметры. Нажимают ОК.

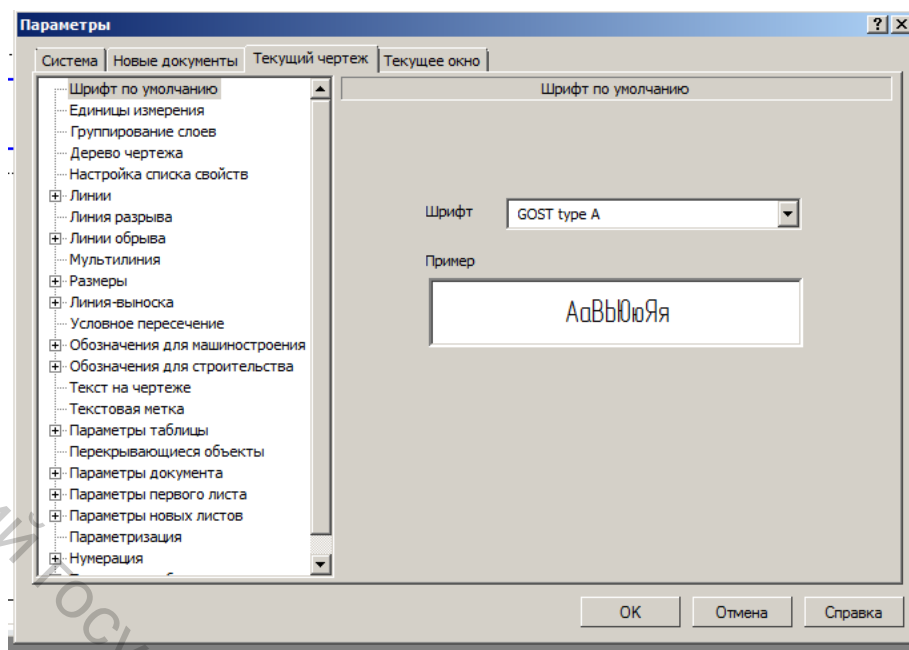


Рисунок 1.22 – Контекстное меню «Параметры»

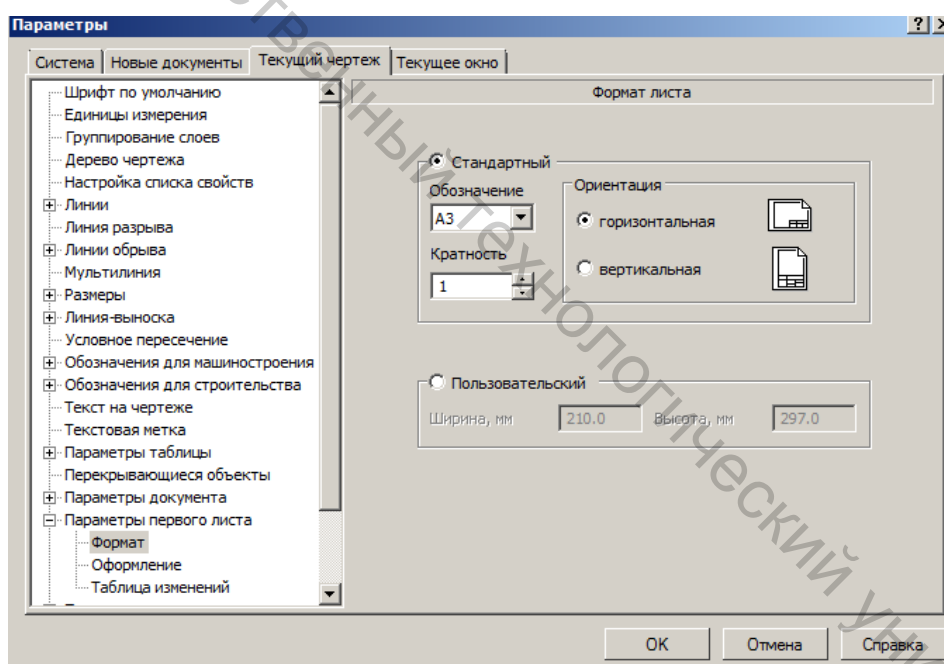


Рисунок 1.23 – Меню вкладки «Параметры первого листа»

После этого в графической части САПР чертёж вала приобретёт вид, показанный на рисунке 1.24. Затем оформляют рабочий чертёж вала в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109 [2]. На рабочем чертеже приводят требования к размерной точности элементов вала, предельные отклонения размеров, шероховатость обработанных поверхностей, отклонения по форме и взаимному расположению поверхностей и величины этих отклонений, оформляют пункты технических требований.

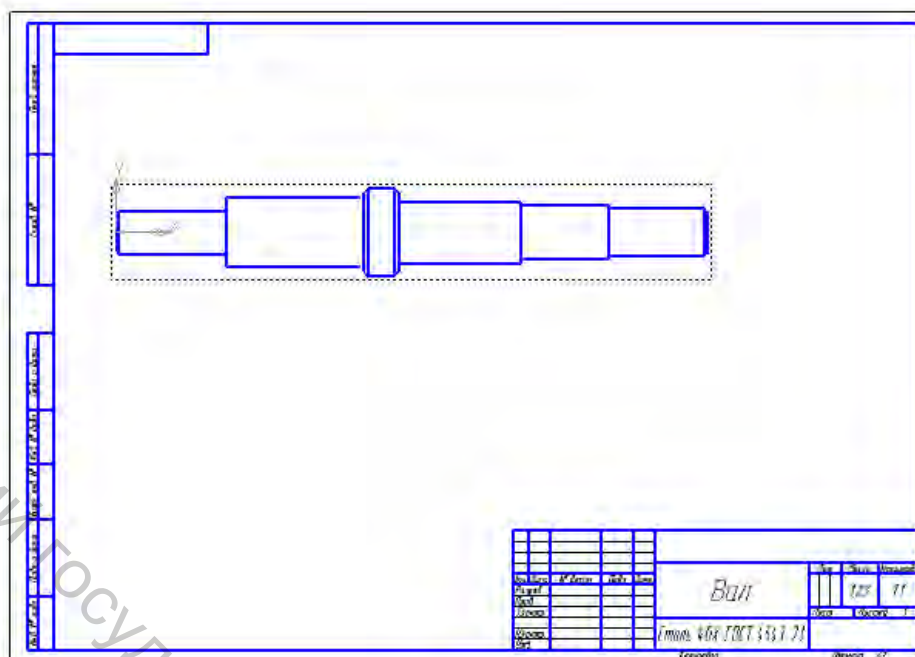


Рисунок 1.24 – Изменение формата во вкладке «Параметры первого листа»

После внесения необходимой информации рабочий чертёж вала приобретает вид, приведенный на рисунке 1.25. Его размещают в ПРИЛОЖЕНИИ к отчёту по лабораторной работе 1.

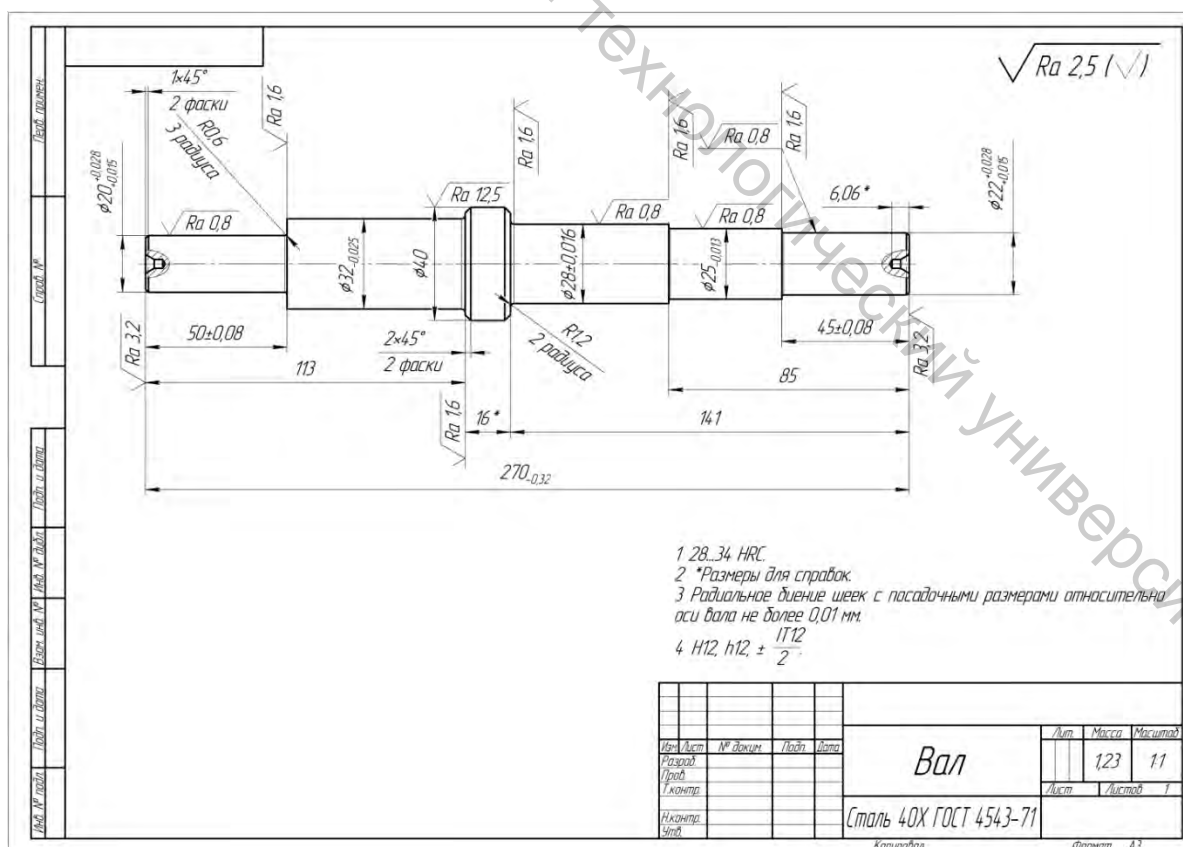


Рисунок 1.25 – Рабочий чертёж вала

## 1.2 Порядок выполнения работы

Изучить общие положения, изложенные в подразделе 1.1.

По выданному варианту задания выполнить проектирование модели вала в САПР КОМПАС-3D.

Используя модель, разработать рабочий чертёж вала в соответствии с ГОСТ [2], указав размеры, допуски, требования к точности формы и взаимному расположению поверхностей, разработать технические требования.

Порядок проектирования детали и создания его рабочего чертежа следует отразить в виде отчёта по лабораторной работе. Оформление текста отчёта должно соответствовать ГОСТ 7.32-2017 [3]. Список использованных источников составляют в соответствии с ГОСТ 7.1 [4]. Требования к оформлению отчёта и графической части по первой работе приведены в разделе 5 методических указаний.

**Лабораторная работа 2**  
**Разработка операционной технологии обработки заготовки на токарном**  
**станке с ЧПУ с использованием САМ КОМПАС-3D**  
**«Модуль ЧПУ. Токарная обработка»**

## **2.1 Общие сведения**

При разработке операционной технологии механической обработки детали типа тела вращения вначале выполняют анализ технологичности конструкции детали в соответствии с [5] и оценивают её геометрические элементы с целью выбора конструкции соответствующих режущих инструментов.

Процесс токарной обработки заготовки вала разделяют на операции черновой и чистовой обработки. При этом составляют такую последовательность операций обработки, которая обеспечивает достижение за минимальное количество установов заданной размерной точности и шероховатости поверхностей.

На начальном этапе выбирают исходную заготовку для изготовления детали.

В качестве исходной заготовки для токарной обработки в зависимости от конфигурации вала и серийности производства может использоваться сортовой прокат или штампованная заготовка, реже – отливка.

Форма и размеры штампованной заготовки вала рассчитывают в соответствии с [6].

При изготовлении детали из штампованной заготовки и проката допускается на чертеже детали наносить контур заготовки тонкой линией с указанием размеров.

При расчёте припусков и предельных размеров при изготовлении деталей из проката рекомендуется приводить указания из источника [7, с. 181].

Для расчёта промежуточных (пооперационных) припусков принимают максимальный диаметр детали в мм.

Учитывая требования к размерной точности и шероховатости поверхности максимального диаметра, устанавливают предварительный маршрутный технологический процесс его обработки. Наименование технологических операций приводят в соответствии с ГОСТом 3.1702 [8]. Пусть в соответствии с перечисленными выше требованиями маршрут обработки включает следующие операции:

- операция 10. Токарная с ЧПУ (черновая);
- операция 20. Токарная с ЧПУ (чистовая);
- операция 30. Термическая (закалка и высокий отпуск). Улучшить до HRC 38...42 (при необходимости);
- операция 40. Шлифовальная.

Приведенная выше последовательность переходов назначается при высоких требованиях к размерной точности ступени максимального диаметра и при малой шероховатости обработанной поверхности (кавалитет размерной точности 6–7, шероховатость обработанной поверхности Ra 0,8–1,6 мкм).

Для этого случая припуски на диаметр для каждой операции определяют по данным, приведенным в [9–10], а затем суммируют и добавляют к максимальному диаметру детали. Полученное значение корректируют по ГОСТ [11] и принимают в качестве диаметра исходной заготовки.

Учитывая технические характеристики современных токарных станков, обеспечивающих точность размеров пределах оговоренного выше допуска на размеры, шероховатость после обработки составляет 0,2–0,4 мкм, приведенная выше последовательность может быть скорректирована в сторону уменьшения количества операций по обработке поверхности вала за счёт устранения шлифования. При этом термообработка будет выполняться между черновой и чистовой токарной обработкой, а при выполнении нормализации – перед механической обработкой исходной заготовки.

В случае если поверхность максимального диаметра невысокую размерную точность и качество, этот диаметр принимают в качестве диаметра исходной заготовки из сортового проката, корректируя при необходимости размер по ГОСТу [11].

Обработка вала может выполняться из штучной заготовки, подготовленной из сортового проката, либо из прутка мерной длины. Каждый из этих вариантов влияет на операционную последовательность обработки элементов вала.

Пусть размер заготовки из сортового проката меньше диаметра шпинделя станка. Для этого случая целесообразно в качестве исходной заготовки выбрать сортовой прокат, длина которого рассчитана так, чтобы можно было получить целое число обработанных деталей. При этом обработку каждой детали выполняют, постепенно выдвигая заготовку из отверстия шпинделя на длину, достаточную для обработки элементов вала. При обработке этой части исходной заготовки, выходящей за пределы шпинделя, следует контролировать соотношение длины и диаметра заготовки. Указанное соотношение не должно превышать трёх, поскольку в противном случае жесткость заготовки уменьшается и под действием поперечной составляющей силы резания наблюдается её изгиб в продольной плоскости, что приводит к появлению значительных погрешностей формы после обработки.

Обработку части вала, выходящую за пределы шпинделя более чем на три диаметра (не более пяти), можно выполнять только при условии использования вращающегося центра, установленного в задней бабке и удерживающего свободный конец вала. Такой схеме обработки должен предшествовать переход подготовки торцевой поверхности вала, который включает подрезание торца и сверление в нём центрального отверстия.

При соотношении длины обрабатываемого вала, превышающем пять диаметров, установку вала выполняют в патроне с поддержкой вращающимся

центром и люнетом, располагаемым в средней части обрабатываемой заготовки.

Для случая, когда диаметр исходной заготовки больше диаметра отверстия шпинделя токарного станка, изготавливают штучные заготовки. Их подготавливают в заготовительном отделении механического цеха на отрезном оборудовании (механических пилах, ленточнопильных или фрезерных отрезных станках). При наличии фрезерных центровальных полуавтоматов выполняют обработку торцов и сверление в них центровых отверстий. После этого подготовленные заготовки поступают на токарную обработку на станках с ЧПУ.

Учитывая форму основных конструктивных элементов вала (см. рис. 1.25), выбирают количество установов для обработки и операционные переходы, выполняемые в каждом установе. Такую последовательность целесообразно представить в виде таблицы, аналогичной таблице ГОСТа [7].

Количество установов для обработки заготовки определяется соотношением длины и диаметра обрабатываемой части заготовки, закрепленной в шпинделе станка. При этом оценивают соотношение длины и диаметра с каждой стороны от максимального диаметра вала, поскольку при работе будут использоваться только праворежущие инструменты.

Для модели вала, приведенной на рисунке 1.25, такое соотношение составляет для правой части вала от ступени максимального диаметра –  $141/28=5,036$ , для левой ступени вала после её переустановки –  $3,53$ .

Пусть для этого случая обработка вала из сортового проката круглого поперечного сечения будет выполнена из штучной заготовки, изготовленной на ленточно-отрезном станке, за 3 установа:

1 установ (установить заготовку в патроне и закрепить с вылетом от торца кулачков патрона 100 мм) – операция токарная с ЧПУ: подрезать торец справа и центровать;

2 установ (переустановить заготовку в патроне и закрепить с вылетом от торца кулачков патрона 200 мм с поддержкой свободного конца заготовки вращающимся центром) – операция токарная с ЧПУ: точить ступени справа от ступени максимального диаметра начерно; точить ступени справа от ступени максимального диаметра начисто;

3 установ (переустановить заготовку в патроне и закрепить с вылетом от торца кулачков патрона 185 мм) – операция токарная с ЧПУ: подрезать торец справа и центровать; точить ступени справа от ступени максимального диаметра начерно; точить ступени справа от ступени максимального диаметра начисто.

В качестве заготовки может быть выбран прутки мерной длины (не более 2 м), из которой получают несколько как однотипных, так и разных по конструктивному исполнению валов. Однако при этом операционная последовательность изменится.

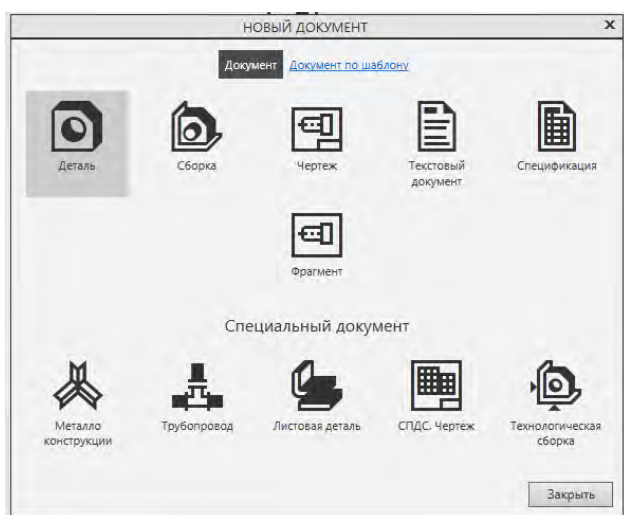
## 2.2 Порядок использования САМ-системы

В процессе разработки технологического процесса токарной обработки на станке с ЧПУ составляют последовательность операций обработки заготовки, обеспечивающую достижение заданной размерной точности и шероховатости поверхностей.

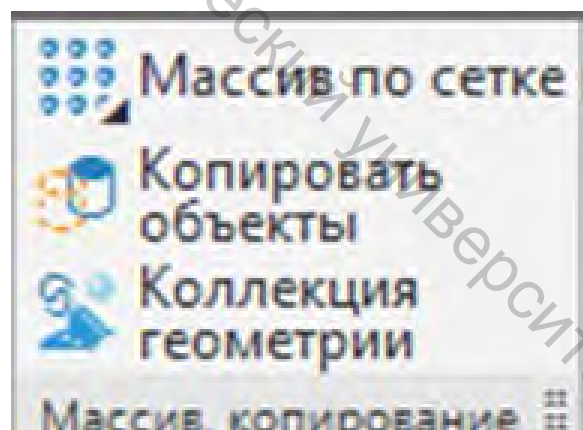
Последовательность обработки разрабатывают в библиотеке САМ (КОМПАС) «Модуль ЧПУ. Токарная обработка V18». Такую последовательность называют «Планом токарной обработки». «План токарной обработки» составляют для каждого установа заготовки при обработке на станке. В пределах одного плана используется одна система координат и один и тот же постпроцессор, который выбирают в начале составления операционной технологии. Если требуется обработать заготовку за несколько установов или на разных станках, для этого следует создать несколько «Планов токарной обработки» для разных копий файла трехмерной модели детали. Все данные, описывающие параметры отдельной обработки (стратегию обработки, инструмент для обработки и режимы резания), сохраняются непосредственно в файле трехмерной детали.

При работе в САМ используют не оригинал детали, созданный конструктором, а её копию, которая ассоциативно связана с оригиналом. В этой копии технолог может вносить текущие изменения в конструкцию отдельных элементов из-за особенностей их обработки.

Для создания копии детали переходят во вкладку «Файл» – создать «Деталь», затем используют функцию «Копировать объекты» (рис. 2.1 а, б), в результате откроется диалоговое меню следующего вида (рис. 2.2).



а



б

Рисунок 2.1 – Порядок создания копии детали

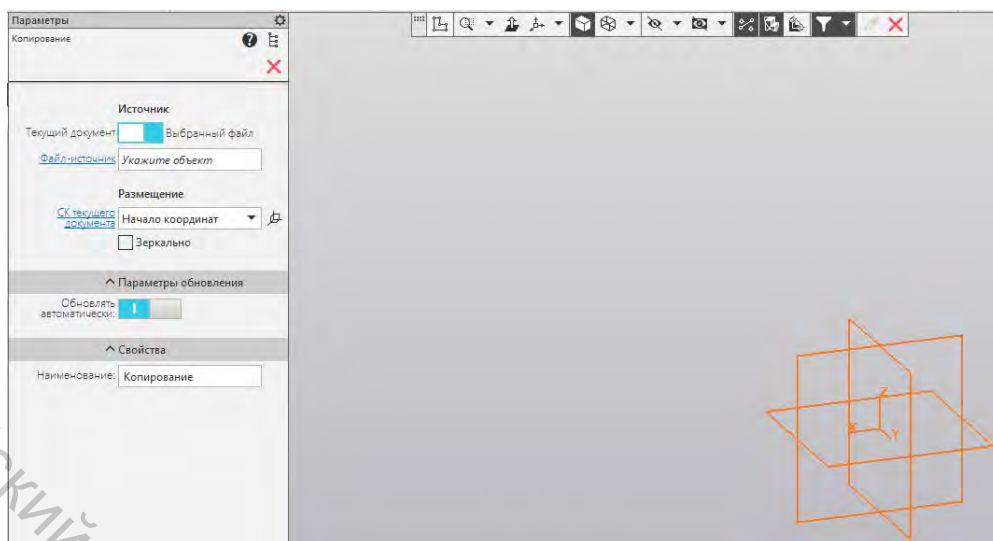


Рисунок 2.2 – Диалоговое окно для копирования детали

Во вкладке «Источник» нажимают «Текущий документ» и в открывшемся окне находят файл с 3D-моделью вала, нажимают «Открыть». Графическая часть окна САПР приобретёт следующий вид (рис. 2.3). Нажимают «Показать в дереве» и в раскрывшемся дереве построения детали раскрывают вкладку «Тела», затем нажимают «Тело 1» (рис. 2.4).



Рисунок 2.3 – Вкладка копирования детали в графической части САПР

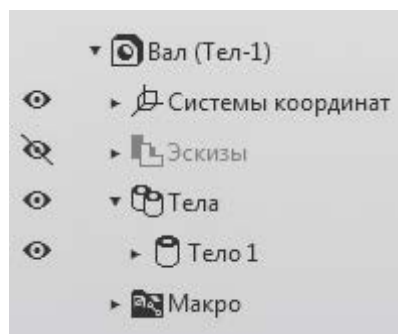


Рисунок 2.4 – Создание копии детали из «Дерева построения»

В графической части системы появятся очертания вала (рис. 2.5).

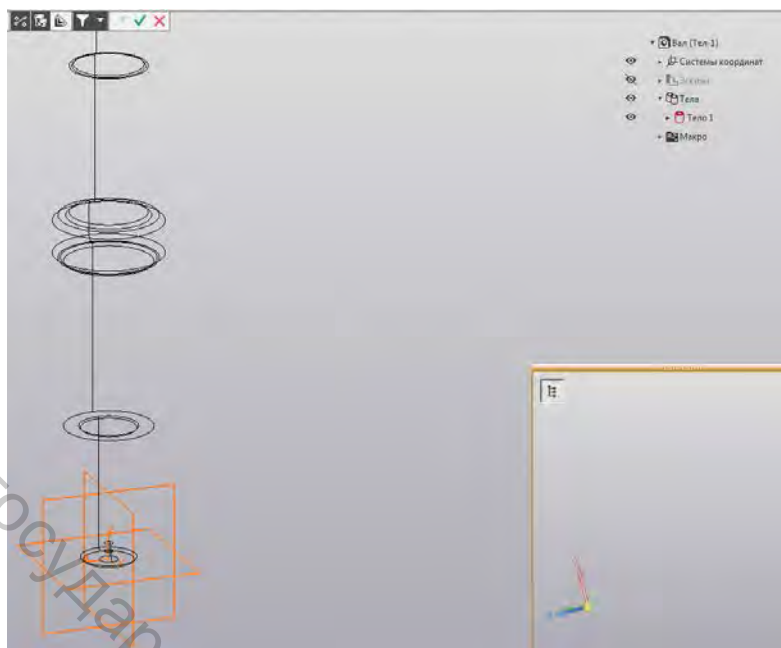


Рисунок 2.5 – Создание копии вала

Чтобы закончить операцию, нажимают зелёную галочку выше дерева построения или аналогичную ей в середине верхней панели инструментов и получают изображение 3D-модели вала (рис. 2.6). Затем сохраняют деталь, используя функцию «Сохранить как» (например, «Вал\_1»), и помещают в папку, в которой будут формироваться технологические документы по обработке заготовки.

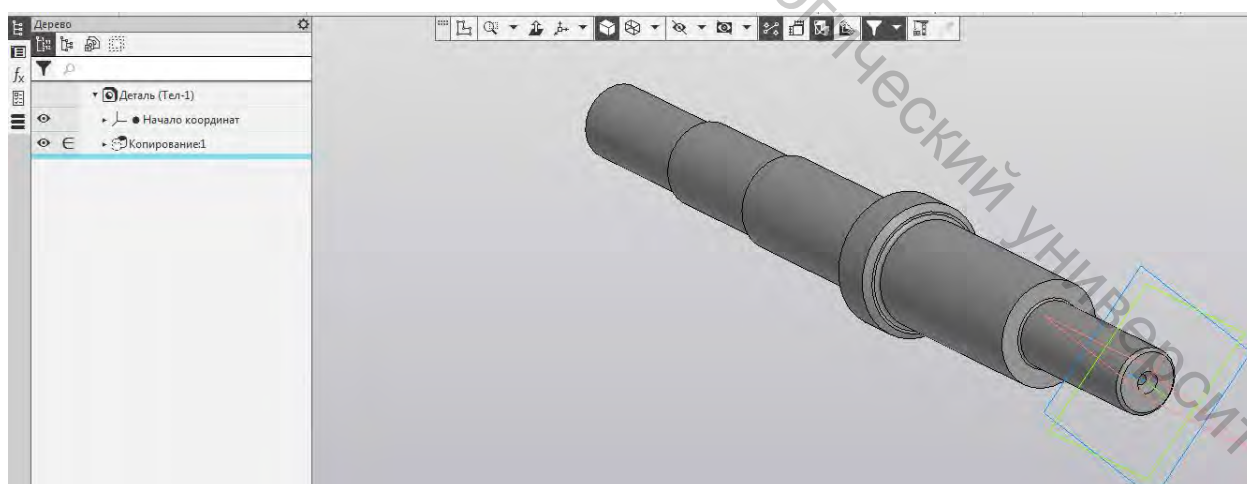


Рисунок 2.6 – Завершение операции копирования

Для удобства работы в САМ скрывают глобальную систему координат в дереве построения вала, раскрывая «Дерево построения» вала и нажимая вкладку «Видимый».

Для создания управляющей программы обработки необходимо привязать к детали координатную систему. Нажимают вкладку «Локальная система координат» – ЛСК (рис. 2.7) и выбирают способ построения «По объекту», в качестве которого курсором указывают торец детали (рис. 2.8). При необходимости можно выполнять перенос и поворот координатных осей полученной системы координат. Для завершения операции нажимают зелёную галочку.



Рисунок 2.7 – Создание локальной системы координат

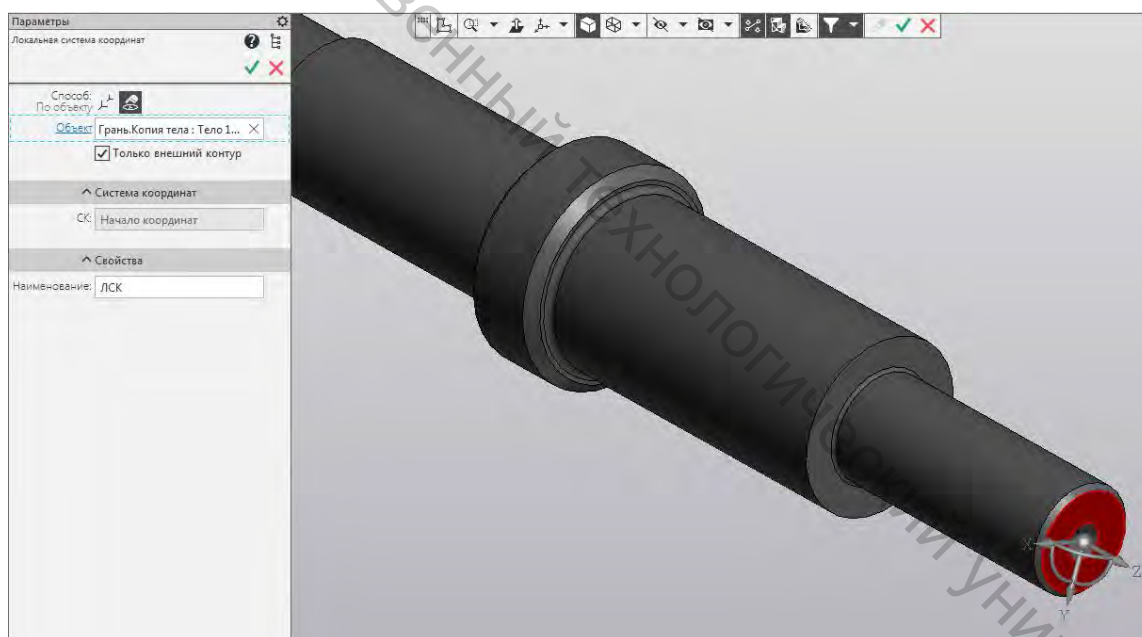


Рисунок 2.8 – Привязка ЛСК к торцу вала

Затем переходят в модуль «Токарная обработка». Появится вкладка дерева «План токарной обработки».

Для программирования обработки следует указать нулевую точку программы, которую привязывают к ранее построенной локальной системе координат. Нажимают вкладку «Система ЧПУ», затем в качестве нулевой точки указывают начало созданной ранее системы координат (ЛСК 1), а из доступных систем ЧПУ станков выбирают, например, ЧПУ FANUC Series Oi-TD (рис. 2.9).

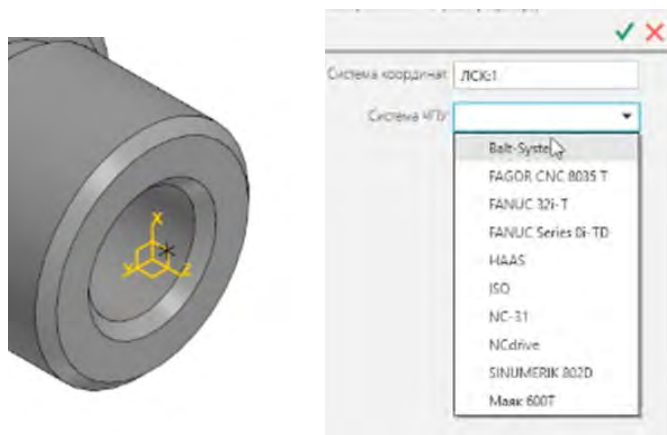


Рисунок 2.9 – Привязка нулевой точки программы к детали и выбор системы ЧПУ станка

Для создания управляющей программы необходимо создать заготовку. Для этого используют вкладку «Заготовка, инструменты». В раскрывшемся меню «Параметры» – «Контур заготовки» доступно четыре варианта создания заготовки: «По эскизу», «По модели», «Открыть модель заготовки», «Прокат».

Для разработанной модели в качестве исходной заготовки выбран сортовой прокат. В открывшемся меню могут быть заданы габаритные размеры заготовки (длина и диаметр), а также величина припуска на торцы (рис. 2.10) во вкладке «Контур заготовки».

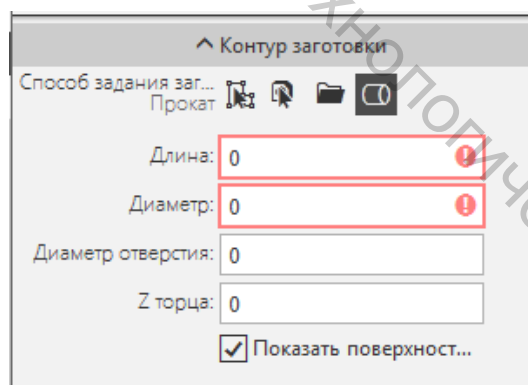


Рисунок 2.10 – Создание заготовки вала в виде проката

В зависимости от способа обработки заготовки, рассмотренного в подразделе 2.1, задают размеры проката по диаметру и длине, учитывая припуск на правый и левый торцы. Припуски на обработку торцовых поверхностей определяют, используя справочные данные, например, приведенные в [12], при этом величина припуска на каждый торец составляет 2,2 мм. Записывают длину заготовки равную длине детали (270 мм), указывают диаметр равный 40 мм (не будет обрабатываться, поскольку требования по точности и шероховатости невысокие), припуск Z торца указывают 2,2 мм.

Затем в том же меню, в котором создавалась заготовка, раскрывают вкладку «Таблица инструментов» (рис. 2.11). Меню таблицы инструментов приобретает вид, показанный на рисунке 2.12.

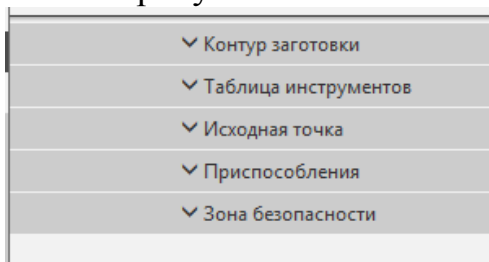


Рисунок 2.11 – Вкладка для создания таблицы инструментов

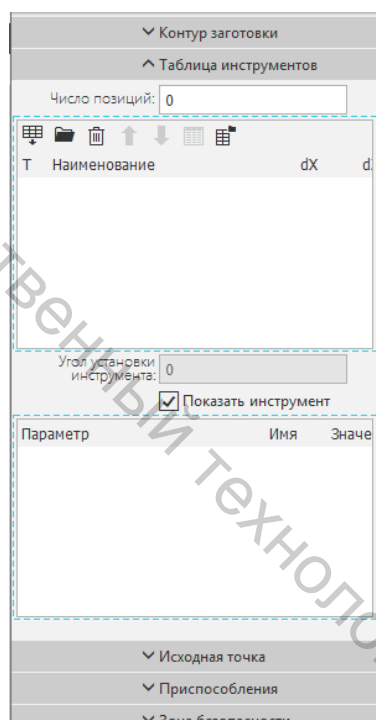


Рисунок 2.12 – Меню таблицы инструментов

Вначале вводят «Число позиций», которое должно соответствовать числу инструментов в револьверной голове токарного станка с ЧПУ. В каждую строку появившейся таблицы записывают наименования режущих инструментов в соответствии с последовательностью их участия в обработке поверхностей заготовки в каждом установе. Под надписью «Число позиций» показаны условные обозначения способов задания режущих инструментов: можно «Добавить инструмент из каталога», «Добавить инструмент из файла», «Удалить инструмент». Пусть добавляется инструмент из каталога. Для этого выделяют соответствующую строку в каталоге (рис. 2.13) и нажимают вкладку «Выбрать», перемещая выбранный резец в таблицу инструментов. При подрезании торца допускается использовать резец проходной упорный правый с механически закрепляемой неперетачиваемой пластиной из твердого сплава с

углом в плане  $95^\circ$  (тип 9 по ГОСТ 24996-81 [13]). Этот резец предназначен для работы на станках с числовым программным управлением и универсальных станках.

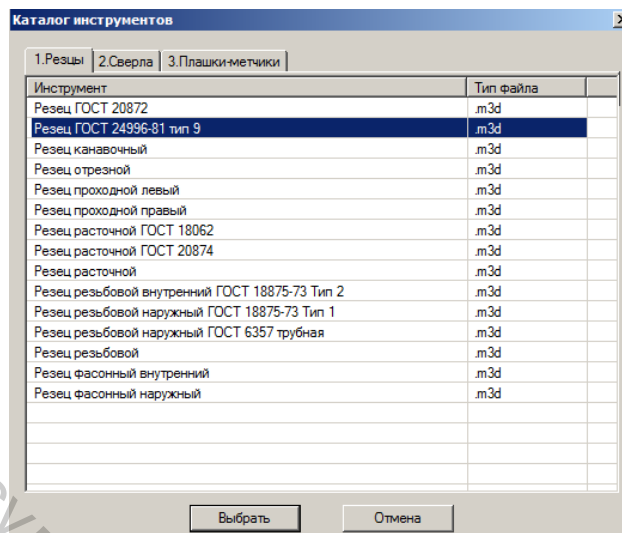


Рисунок 2.13 – Выбор инструмента для подрезания торца детали в первом установе

После выбора резца из каталога некоторые его параметры могут быть изменены. Для этого в открытом меню находят вкладку «Таблица переменных» и из этой таблицы выбирают доступные значения параметров текущего режущего инструмента (рис. 2.14): сечение державки и радиус при вершине режущей кромки ( $r$  0,4 мм, сечение державки 20x25 мм).

На валу выполнены скругления, оформленные различным радиусом. Выбирают радиус при вершине инструмента, который обеспечивает формообразование каждого из них –  $r$  0,4 мм. Выбранный резец может использоваться для продольного наружного точения цилиндрических шеек вала и обработки торцов ступеней.

| Комментарий | d    | d1   | r    | L   | h  |
|-------------|------|------|------|-----|----|
| 2102-1321   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 100 | 16 |
| 2102-1323   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 125 | 20 |
| 2102-1323   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 125 | 20 |
| 2102-1323   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 125 | 20 |
| 2102-1325   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 125 | 20 |
| 2102-1325   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 125 | 20 |
| 2102-1325   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 125 | 20 |
| 2102-1327   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 150 | 25 |
| 2102-1327   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 150 | 25 |
| 2102-1327   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 150 | 25 |
| 2102-1331   | 12.7 | 5.16 | 4.76 | 150 | 25 |

Рисунок 2.14 – Таблица переменных для резцов

В первом установе обрабатывают торец и выполняют сверление центрального отверстия. Добавляют центровочное сверло в таблицу инструментов. Для этого устанавливают курсор во вторую строку в таблице инструментов и нажимают вкладку «Добавить инструмент из каталога». В открывшемся меню «Каталог инструментов» раскрывают вкладку «2. Свёрла», выбирая в новом меню раздел «Сверло центровочное» (рис. 2.15). Для чистового точения цилиндрических шеек вала и галтелей (скруглений) создают чистовой резец, аналогичный черновому, выбранному ранее.

Созданную таблицу инструментов сохраняют, нажимая зелёную галочку вверху панели либо в центральной части графического окна.

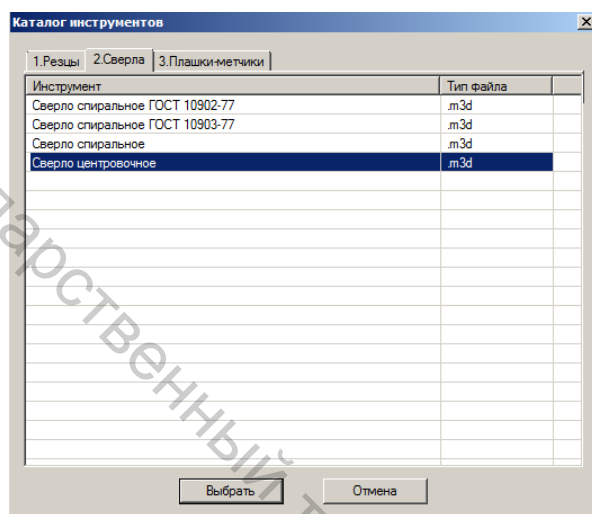


Рисунок 2.15 – Выбор сверла для центрования правого торца

При обработке заготовки используются различные инструменты и для их безопасной смены и подхода к зоне обработки необходимо задать исходную точку. Раскрывают вкладку «Исходная точка», появляется меню (рис. 2.16), в котором задают координаты, например,  $X = 200$  мм,  $Z = 100$  мм. Включённая галочка позволяет «Показать Исходную точку» в графическом окне САМ-системы.

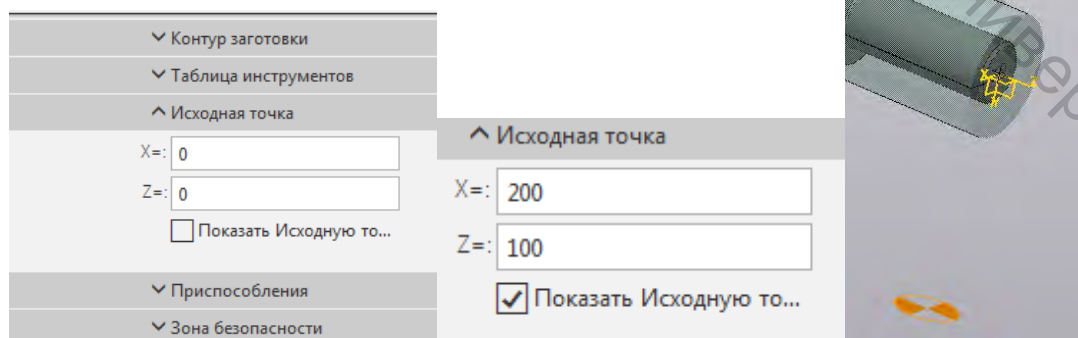


Рисунок 2.16 – Задание исходной точки для подхода-смены инструмента и её расположение в графической части САМ

Затем выполняют выбор приспособлений для обработки. Заготовку в первом установе зажимают в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне, во втором установе может дополнительно использоваться вращающийся центр, в третьем установе обработку вновь выполняют в патроне.

Сворачивают вкладку «Исходная точка» и раскрывают вкладку «Приспособления», в которой для первого установа выбирают патрон из каталога приспособлений. В раскрывшемся меню указывают в «Таблице переменных» диаметр патрона токарного станка – 200 мм, затем задают диаметр зажима патрона равный диаметру заготовки – 40 мм, положение по  $Z = -100$  мм (рис. 2.17), которое принято ранее для первого установа.

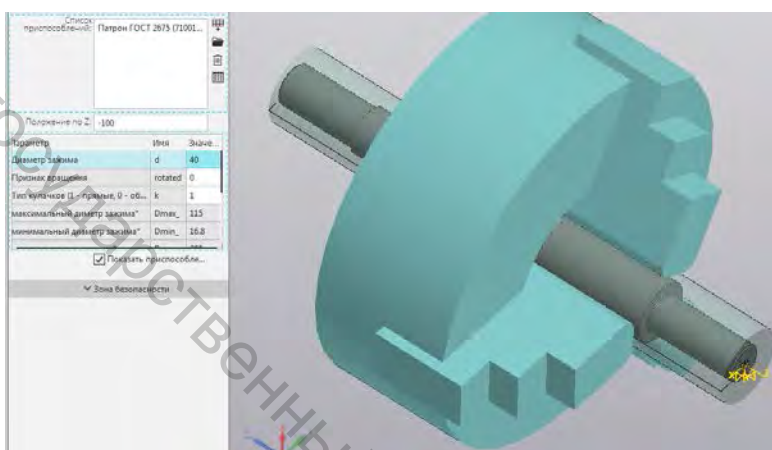


Рисунок 2.17 – Создание приспособления для закрепления заготовки и задание его положения в первом установе

Затем раскрывают вкладку «Зона безопасности», которая обеспечит безопасное перемещение инструмента относительно заготовки при выполнении вспомогательных перемещений. Задают значения  $X$  и  $Z$  и получают отображение плоскостей безопасности в графической части системы (рис. 2.18). Эти значения должны быть достаточными для выполнения переходов между проходами и не создавать больших затрат вспомогательного времени.

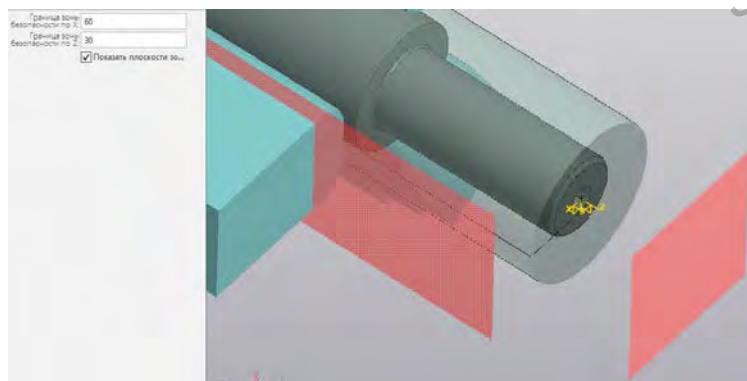


Рисунок 2.18 – Задание параметров плоскостей безопасности для первого установа

Закрывают вкладку «Заготовка. Инструменты» и переходят к операционной технологии обработки заготовки в первом установе. Доступны для программирования следующие виды обработки (рис. 2.19): сверление, нарезание резьбы резцом, нарезание резьбы плашкой, многопроходная (для продольного точения и подрезания торцов), контур (для чистового однопроходного точения контура), отрезка, канавка.

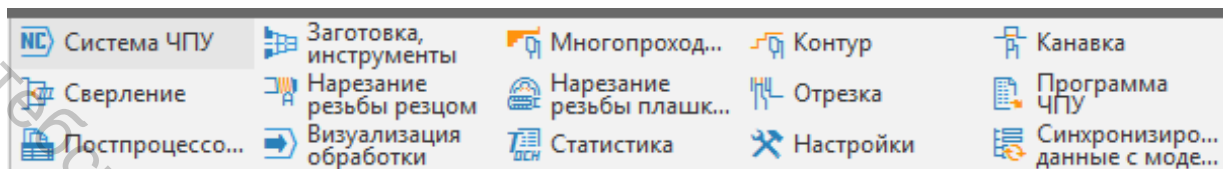


Рисунок 2.19 – Варианты обработки поверхностей на станке с ЧПУ

При обработке вначале выполняют подрезание торца. Используют вкладку «Многопроходная» и в раскрывшемся окне курсором выделяют рабочий контур детали (правый торец, рис. 2.20). При этом линиями зелёного цвета очерчен контур заготовки вала.

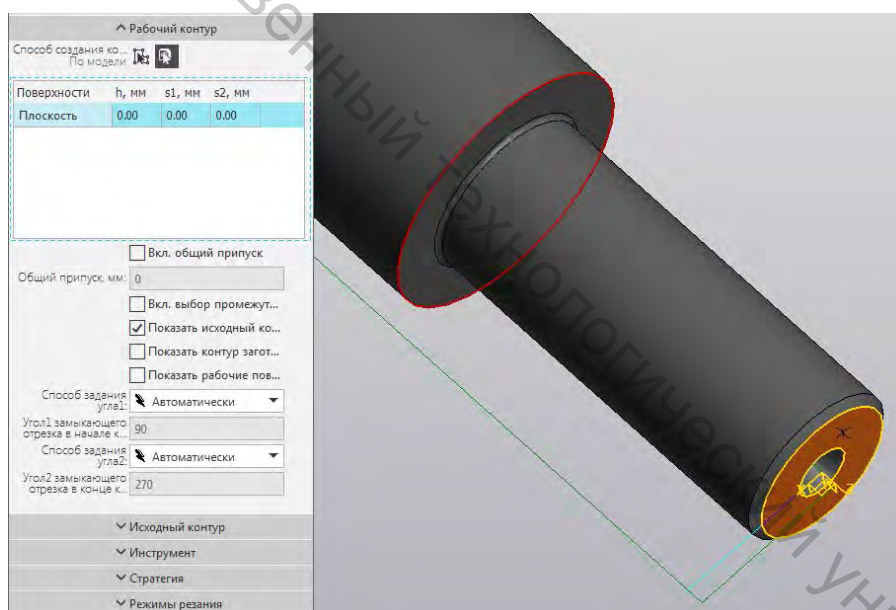


Рисунок 2.20 – Задание рабочего контура для обработки

При раскрытии вкладок «Стратегия» – «Параметры цикла» доступны для редактирования параметры, показанные на рисунке 2.21. Поскольку припуск с торца удаляют за один проход, указывают глубину резания 2,2 мм, изменяют величину врезания на 2 мм, задают направление подачи – поперечная. Закрывают это окно, включают вкладку «Охлаждение при обработке». Раскрывая вкладку «Статистика» доступна корректировка названия перехода, которую заменяют с «Многопроходная» на «Подрезание».

| Параметр | Значение                                                |
|----------|---------------------------------------------------------|
| I        | глубина резания за один проход*                         |
| P1       | безопасное расстояние для отвода резца                  |
| P2       | параметр скорости отвода резца на безопасное расстояние |
| P3       | направление подачи                                      |
| P4       | глубина чистового прохода                               |
| P5       | частота шпинделя на чистовом проходе, об/мин            |
| P6       | подача на чистовом проходе, мм/об                       |

Примечание  
\* - обязательный параметр

Комментарий к циклу  
Цикл формирует траекторию инструмента в элементарных перемещениях

OK Отмена

Рисунок 2.21 – Задание параметров цикла обработки при подрезании торца

Вторым переходом в первом установе будет выполняться сверление центрального отверстия. Для создания операции выбирают вкладку «Сверление» и в качестве рабочего контура центровое отверстие. Затем во вкладке «Инструмент» выбирают инструмент «Поз. 2 – Сверло центровочное» (рис. 2.22). Во вкладке «Стратегия» назначают величину подвода 2 мм. В «Параметрах стратегии в элементарных перемещениях» доступны для изменения различные параметры (число проходов равно 1, тип цикла и т. д.).

Инструмент

☐ Автоподбор инструм...

Таблица инструментов:

- Поз.1 - Резец ГОСТ 249...
- Поз.2 - Сверло центровочное
- Поз.3 - Резец ГОСТ 249...
- Поз.4 -

Инструмент: Сверло центровочное

Траектория обработки в G-кодах:

```
T002
M03
G00 X0 Z2
G01 Z-7.01 F0.25
```

Стратегия  
Режимы резания  
Коррекция инструмента  
Свойства/статистика

Рисунок 2.22 – Выбор инструмента для сверления центрального отверстия

В режимах резания изменяют частоту вращения шпинделя (600 об/мин), нажимают вкладку «Включить охлаждение». Параметры остальных вкладок сохраняют без изменений.

План обработки для первого установа приобретает вид, показанный на рисунке 2.23.

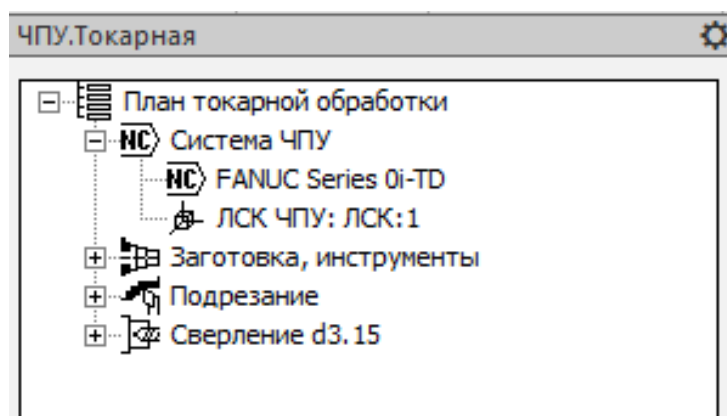


Рисунок 2.23 – План токарной обработки вала в первом установе

Для просмотра переходов обработки вала в первом установе открывают вкладку «Визуализация обработки». Появится окно, в котором выбирают первый кадр программы обработки в промежуточном коде. Окно приобретёт вид, показанный на рисунке 2.24.

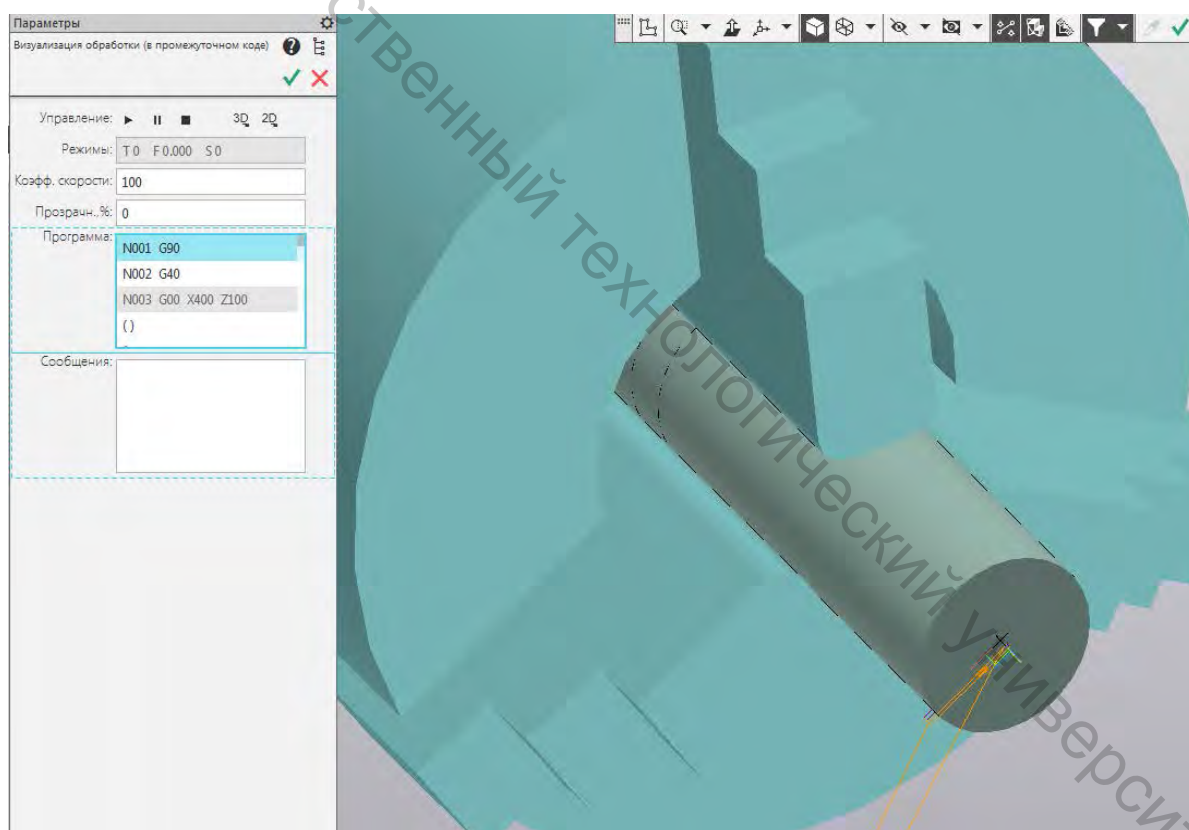


Рисунок 2.24 – Окно визуализации обработки вала в первом установе

Нажимая кнопку «Пуск» во вкладке «Управление», получают режим симуляции обработки с движениями инструментов, участвующих в обработке. Режим симуляции показан на рисунке 2.25.

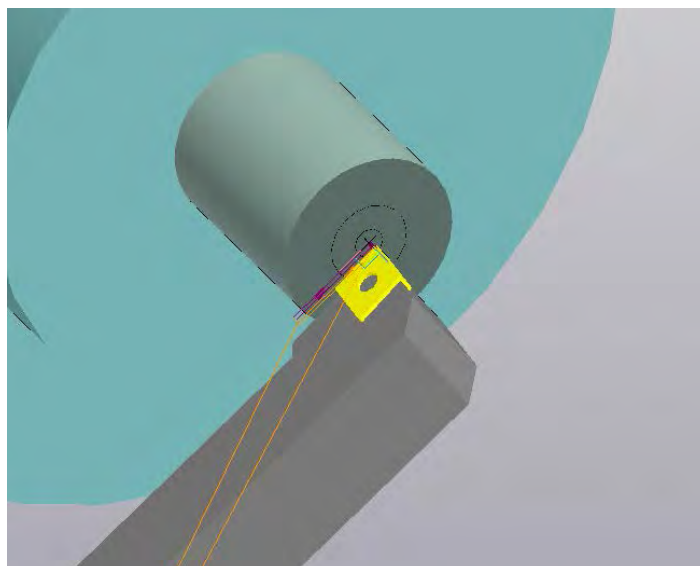


Рисунок 2.25 – Режим симуляции подрезания торца

Для реализации обработки во втором установе необходимо создать новую копию оригинального вала и сохранить её под своим именем, отличным от имени вала для первого установа (например, «Вал\_2»). Затем, как и в первом установе, следует привязать к этой детали локальную систему координат, выбирая тот же способ построения «По объекту», в качестве которого курсором указывают обработанный в первом установе торец вала. Затем переходят в модуль «Токарная обработка». Появится вкладка дерева «План токарной обработки». Для программирования обработки следует указать нулевую точку программы, которую привязывают к построенной локальной системе координат. Нажимают на вкладку «Система ЧПУ», затем в качестве нулевой точки указывают начало созданной системы координат (появится новая ЛСК 22), а из доступных систем ЧПУ станков выбирают ту же ЧПУ FANUC Series Oi-TD.

Для создания управляющей программы как и в первом установе создают заготовку. Для этого используют вкладку «Заготовка, инструменты». В раскрывшемся меню «Параметры» – «Контур заготовки» доступно четыре варианта создания заготовки, из которых выбирают «Прокат». В открывшемся меню задают габаритные размеры заготовки (длину равную длине детали 270 мм и диаметр 40 мм), а величину припуска на торцы Z (см. рис. 2.10) во вкладке «Контур заготовки» для одного торца оставляют равной 0, поскольку в первом установе при подрезании торца справа припуск был удалён.

Затем в том же меню, в котором создавалась заготовка, раскрывают вкладку «Таблица инструментов» (см. рис. 2.11). Меню таблицы инструментов приобретёт вид, показанный на рисунке 2.12.

Вводят «Число позиций», которое должно соответствовать числу инструментов в револьверной голове токарного станка с ЧПУ. В каждую строку появившейся таблицы записывают наименования режущих инструментов в соответствии с последовательностью их участия в обработке поверхностей

заготовки в каждом установе. Под надписью «Число позиций» показаны условные обозначения способов задания режущих инструментов: можно «Добавить инструмент из каталога», «Добавить инструмент из файла», «Удалить инструмент». Поскольку во втором установе выполняют обработку цилиндрических шеек вала диаметром 28, 25 и 22 мм в пределах длины 141 мм, для каждого перехода используют вначале черновой, а затем чистовой инструменты из каталога.

После выбора резцов из каталога их параметры во вкладке «Таблица переменных» корректируют и выбирают сечение державки и радиус при вершине режущей кромки ( $r$  0,4 мм, сечение державки 20x25 мм).

Для безопасной смены инструментов и подхода к зоне обработки задают исходную точку. Раскрывают вкладку «Исходная точка», появляется меню (аналогичное показанному на рис. 2.16), в котором задают те же координаты, что и для первого установа:  $X = 200$  мм,  $Z = 100$  мм. Галочка «Показать Исходную точку» позволяет отобразить эту точку в графическом окне САМ-системы.

Затем выполняют выбор приспособлений для обработки. Заготовку во втором установе зажимают в трехкулачковом самоцентрирующем патроне. Для случая, когда отношение длины вала к его диаметру превышает пять, дополнительно используют вращающийся центр.

Раскрывают вкладку «Приспособления», в которой для данного установа, выбирают патрон из каталога приспособлений. В раскрывшемся меню в «Таблице переменных» указывают диаметр патрона токарного станка – 200 мм, затем задают диаметр зажима патрона равный диаметру заготовки – 40 мм, положение по  $Z = -200$  мм, что позволит при таком вылете заготовки из кулачков патрона обработать все ступени справа от ступени максимального диаметра.

Кроме патрона во вкладке «Приспособления» доступна вкладка «Центры», из которой можно выбирать центр и в таблице переменных скорректировать размер конуса Морзе в соответствии с конусным отверстием пиноли задней бабки станка. Кроме этого, корректируют положение центра относительно центрального отверстия заданием координаты  $Z$  (задают такое значение, при котором центр будет касаться поверхности центрального отверстия вала – -5мм). В качестве примера на рисунке 2.26 показан результат выбора центра с конусом Морзе 4. В рассматриваемом варианте обработку производят без использования центра.

Затем раскрывают вкладку «Зона безопасности», в которой задают значения  $X = 50$  и  $Z = 50$  и получают отображение плоскостей безопасности в графической части системы (см. рис. 2.18).

Закрывают вкладку «Заготовка. Инструменты» и переходят к операционной технологии обработки заготовки во втором установе.

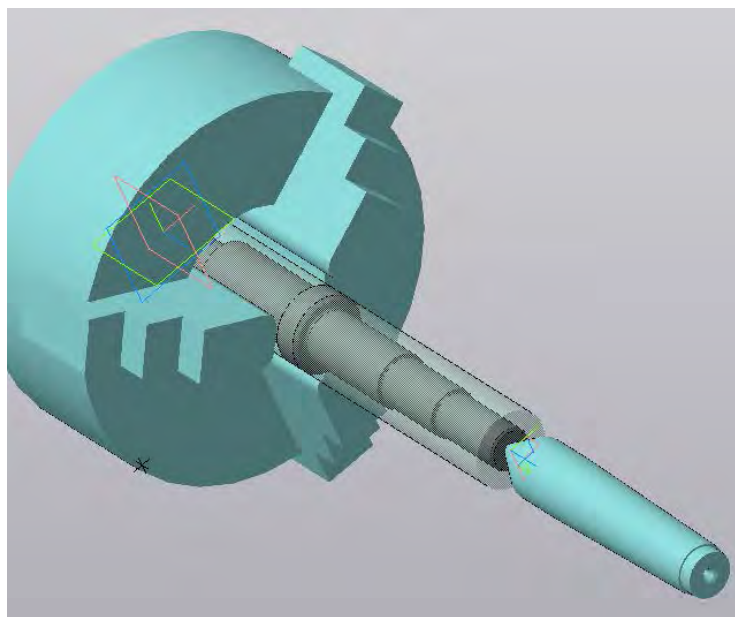
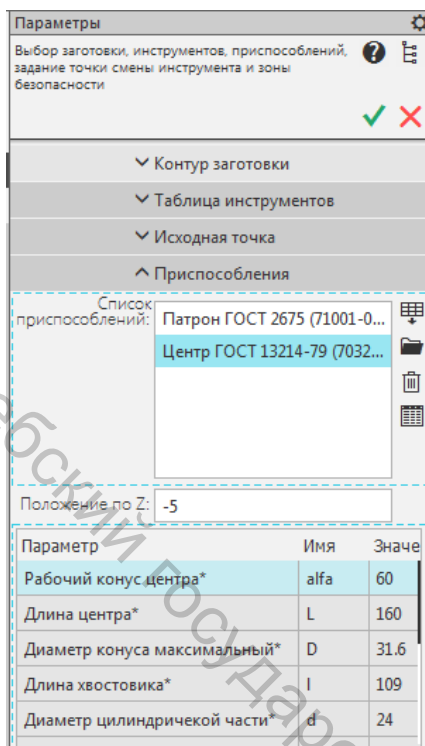


Рисунок 2.26 – Использование центра для обработки вала при отношении длины к диаметру больше пяти

Выбирают вкладку «Многопроходная» для продольного чернового точения всех диаметров справа от диаметра 40 мм. Выделяют обрабатываемые поверхности, во вкладке «Рабочий контур» задают припуск на окончательную обработку (0,2 мм), во вкладке «Инструмент» выбирают резец «Поз. 1», во вкладке «Стратегия» величину подвода изменяют, например, на 1 мм. Кроме этого во вкладке «Параметры цикла» задают оптимальную глубину резания 2 мм (выбирают из справочников либо каталогов производителей режущих инструментов в зависимости от типа резца и обрабатываемого материала). Остальные значения в других вкладках оставляют без изменений. Завершают операцию чернового точения, при этом план обработки и графическая часть САМ-системы приобретёт вид, показанный на рисунке 2.27.

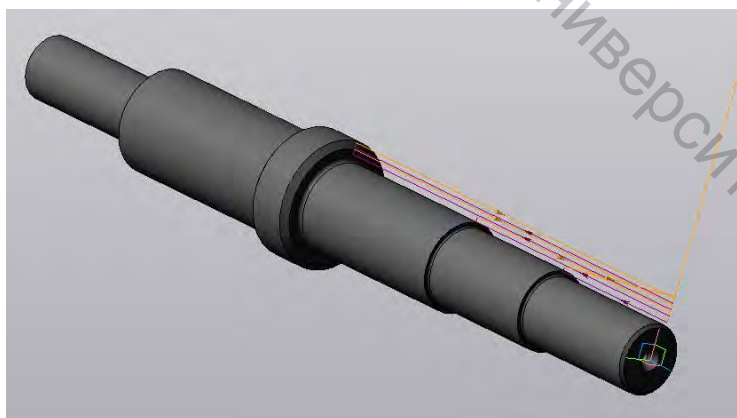
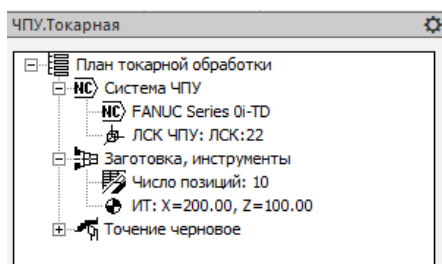


Рисунок 2.27 – Черновая обработка вала во втором установе

Затем переходят к созданию чистовой операции точения ступеней вала, которые на предыдущем переходе обрабатывались начерно.

Для этого используют операцию «Контур», при выполнении которой используют чистовой резец, аналогичным ранее использовавшемуся. При задании параметров обработки значение общего припуска устанавливают равным нулю. После этого меню «План токарной обработки» приобретёт вид, показанный на рисунке 2.28.

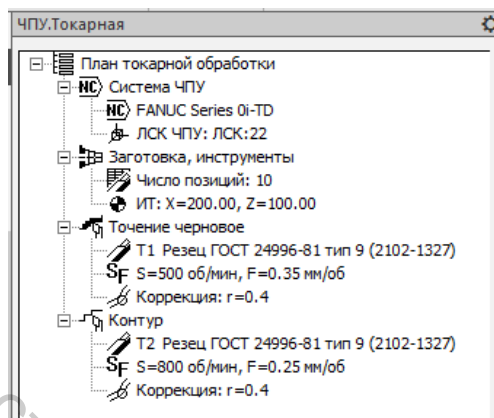


Рисунок 2.28 – План токарной обработки вала во втором установе

Для проверки правильности обработки используют вкладку «Визуализация обработки», расположенную в верхней части интерфейса САМ-системы. Нажимают вкладку, выделяют в появившемся меню в параметре «Программа» первый кадр, при этом окно приобретает следующий вид (рис. 2.29).

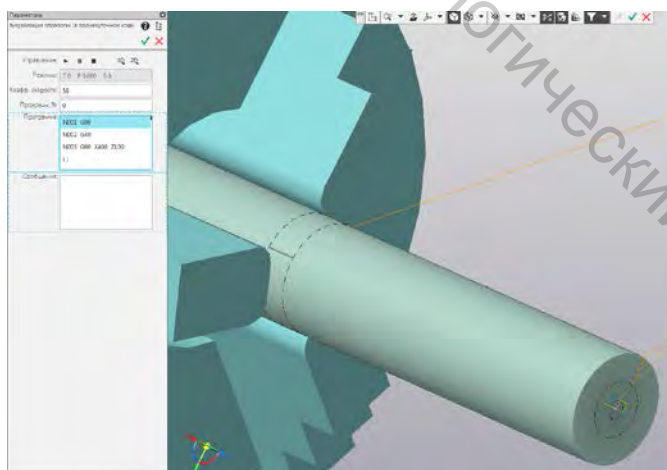


Рисунок 2.29 – Окно настройки визуализации обработки вала во втором установе

Используя кнопку «Управление» и задавая «Коэффициент скорости» (в примере – 50), отслеживают процесс съёма металла при черновых проходах инструмента и чистовую обработку (рис. 2.30).



Вал



|              |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № докум |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № докум |

Сталь 40Х ГОСТ 4543-71  
 Масса детали 123 кг

| Т                    | Инструмент                                 | n, об/мин | S, мм/об | t, мин |
|----------------------|--------------------------------------------|-----------|----------|--------|
| 1                    | Резец ГОСТ 24996-81 тип 9 (2102-1327) r0.4 | 500       | 0.350    | 2.44   |
| 2                    | Резец ГОСТ 24996-81 тип 9 (2102-1327) r0.4 | 800       | 0.250    | 0.79   |
| время обработки, мин |                                            |           |          | 3.23   |

|      |      |         |       |      |  |
|------|------|---------|-------|------|--|
| Иск. | Лист | № докум | Подп. | Дата |  |
|------|------|---------|-------|------|--|

Копировал
Формат А4

Рисунок 2.32 – Карта наладки станка для второго установа

## 2.3 Порядок выполнения работы

Для конструкции детали, разработанной в лабораторной работе 1, провести анализ технологичности конструкции каждого элемента (вала, вала ступенчатого, вала-шестерни и т. д.), определить количество установов, необходимое для обработки всех элементов вала (торцов, центровых отверстий, ступеней, канавок, галтелей и пр.). Составить маршрут обработки вала, в котором следует отразить все технологические операции его изготовления, включая термическую обработку.

Для токарных операций составить последовательность технологических переходов обработки каждого элемента детали, выполнить операционные эскизы в соответствии с ГОСТ [8], подобрать режущие инструменты. Последовательность следует представить в виде таблицы с отображением в ней перечисленной ниже информации (номера установа, номера и содержания перехода в соответствии с ГОСТ, режущего инструмента для обработки, приспособления для зажима заготовки).

Последовательность обработки разрабатывать в библиотеке САМ КОМПАС «Модуль ЧПУ. Токарная обработка V18» в виде «Плана токарной обработки». Такой план следует составить для каждого установа заготовки при обработке на станке. Если требуется обработать заготовку за несколько установов или на разных станках, для этого следует создать несколько «Планов токарной обработки» для разных копий файла трёхмерной модели детали.

Для выполнения работы по программированию токарной обработки на станке с ЧПУ, повторяют каждый этап, описанный в подразделе 2.2 данной работы: выбирают систему ЧПУ станка, привязывают к модели детали локальную систему координат, отображают положение нулевой точки программы, создают заготовку, заполняют таблицу инструментов, выбирают приспособления для установки и закрепления заготовки, создают операционные переходы черновой и чистовой обработки, для каждого из которых определяют стратегию обработки, задают или, при необходимости, корректируют элементы режима резания.

Выполнение каждого этапа отражают в соответствующем подразделе отчёта по лабораторной работе и поясняют рисунками, в которых показывают вид панелей САМ-системы (аналогично подразделу 2.2) после завершения каждого этапа разработки операционной технологии и создания управляющей программы обработки, включая визуализацию обработки для каждого установа. Управляющие программы сохраняют в электронном виде, а их распечатки приводят в виде приложений к лабораторной работе. Разрабатывают комплект технологических документов (операционных карт, карт эскизов, карт наладки станков с ЧПУ), формы которых приведены в ГОСТах, размещая их в соответствующем приложении.

### Лабораторная работа 3

## Проектирование детали типа «Плита» в САПР КОМПАС-3D.

### Разработка рабочего чертежа

#### 3.1 Общие положения

Проектирование плоскостных деталей выполняют в геометрическом ядре системы автоматизированного проектирования КОМПАС-3D (v18.1).

Создают новый документ. Могут использоваться различные способы создания файлов. Для создания документа выбирают команду «Файл» – «Создать», в появившемся диалоговом окне «Новый документ» выбирают вкладку «Деталь» (рис. 3.1). В этом случае появится пустой документ с определенными системными настройками в «Дереве» построения и системой координат в графической области (рис. 3.2).



Рисунок 3.1 – Создание нового документа при проектировании

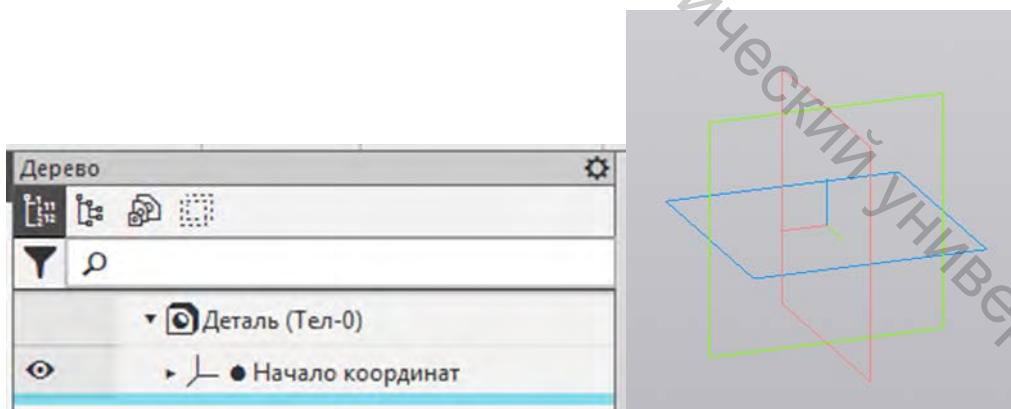


Рисунок 3.2 – Результат создания нового документа

Затем выделяют одну из плоскостей в системе координат, которая приобретёт вид как на рисунке 3.3. При выделении плоскости появится всплывающее меню, в котором выбирают вкладку «Создать эскиз» для получения основания будущей плиты.

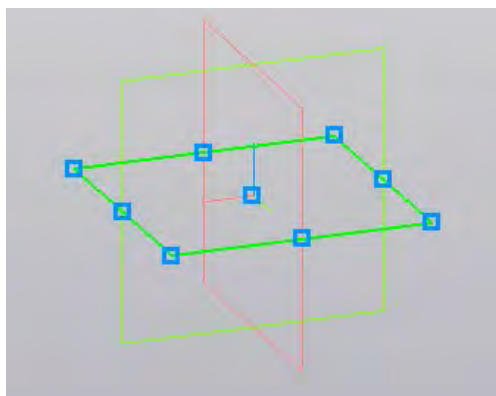


Рисунок 3.3 – Выделение плоскости в системе координат

После этого выделенная плоскость займет положение в плоскости экрана и появится отображением режима работы «Эскиз» (рис. 3.4).

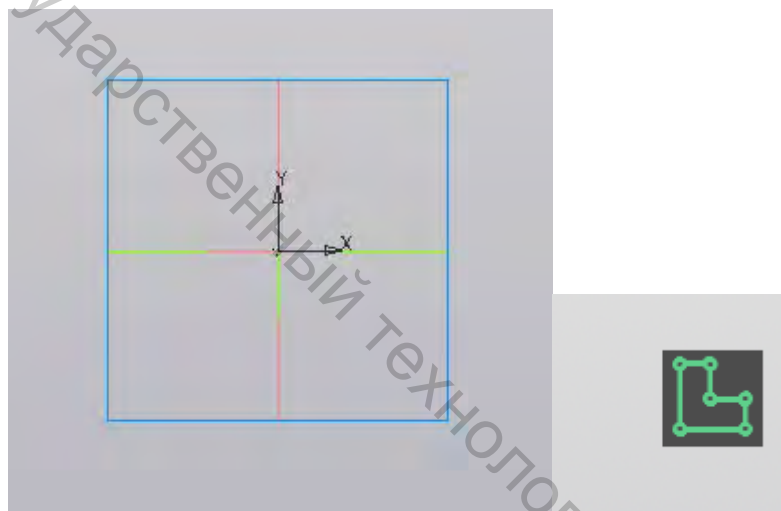


Рисунок 3.4 – Режим работы с эскизом

С помощью геометрических элементов (рис. 3.5) создают эскиз основания плиты по требуемым размерам с двумя отверстиями для её крепления к сопрягаемой детали (рис. 3.6). При этом используются возможности параметризации размеров (значки в круглых скобках), чтобы при их изменении автоматически изменялись элементы в 3D-модели детали.

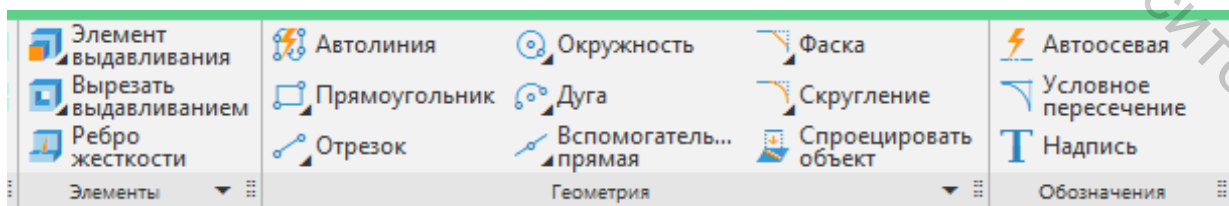


Рисунок 3.5 – Меню построения геометрических элементов детали

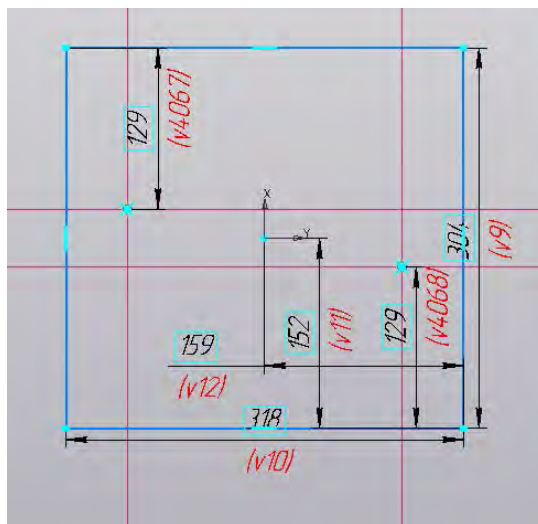


Рисунок 3.6 – Построение эскиза основания детали

Затем выходят из режима работы с эскизом, нажимая вкладку «Эскиз», и, используя вкладку «Элемент выдавливания» в верхней панели инструментов, создают операцию выдавливания плиты заданной толщины, которую задают с помощью параметра «Расстояние» на величину 28 мм (рис. 3.7). В графической области получают фантом производимой операции, которую завершают нажатием вкладки «Создать операцию» (зелёная галочка).

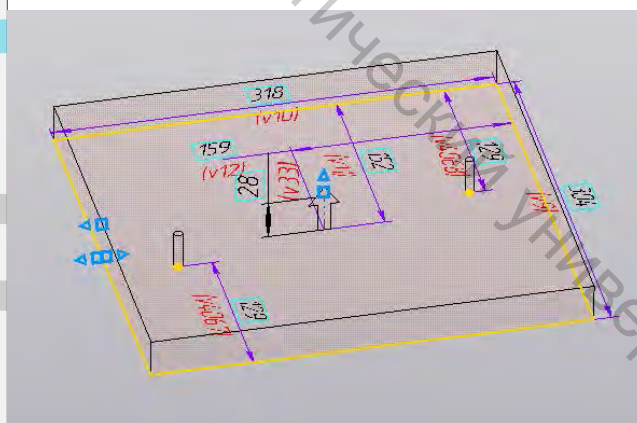
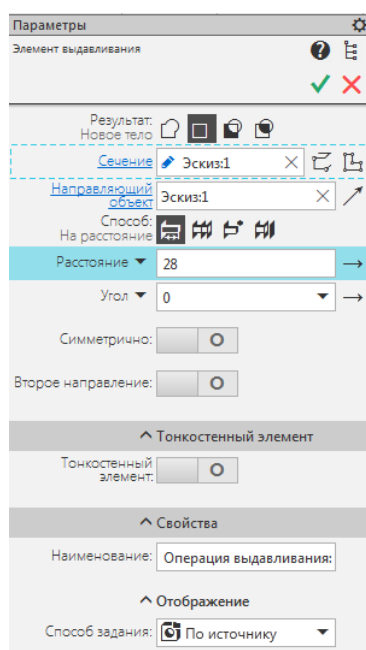


Рисунок 3.7 – Эскиз основания детали

Аналогичным образом создают эскиз каждого элемента детали, используя вкладки команд в основном окне САПР, отображают результат операций и получают модель детали с деревом построения каждого её элемента, приведенную на рисунке 3.8.

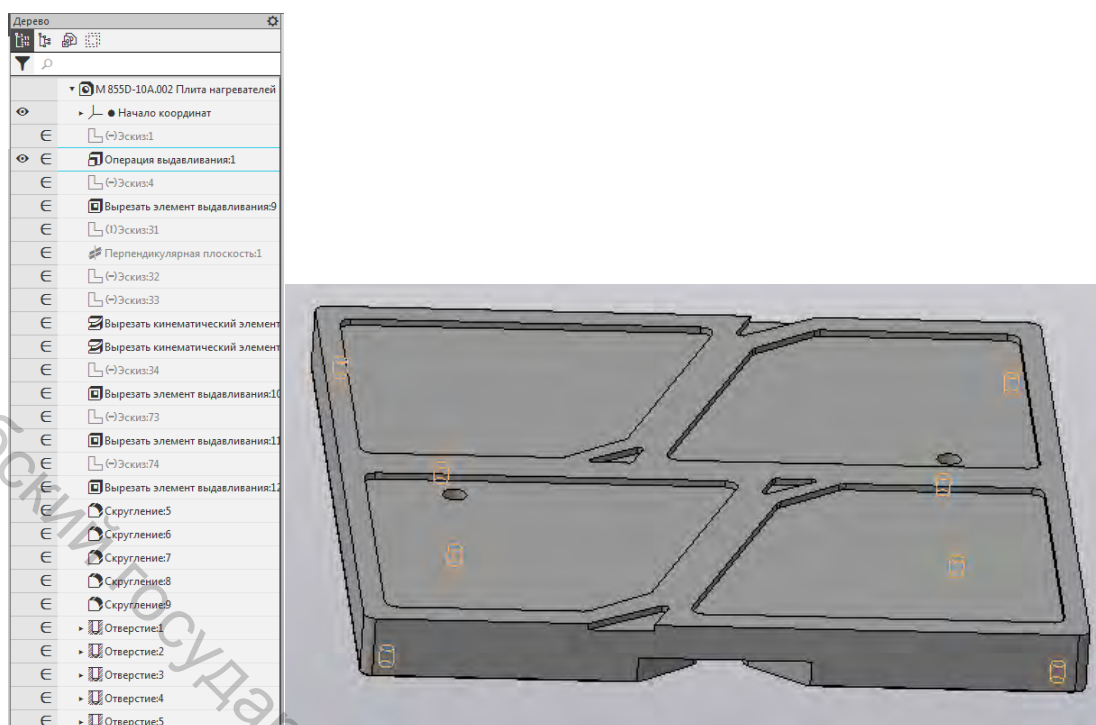


Рисунок 3.8 – 3D-модель плиты и дерево её построения

Для автоматизации построения отдельных элементов детали используют данные библиотек, которые доступны для их использования (это относится к построению отверстий и отображению резьбы в них, см. рис. 3.9).

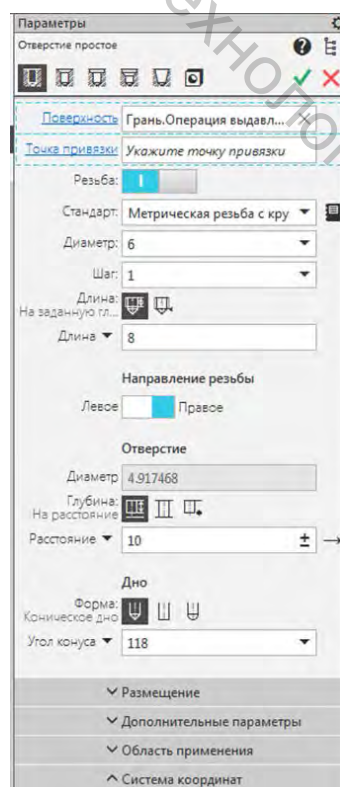


Рисунок 3.9 – Форма и параметры отверстий в плите

Во вкладке «Параметры» доступна для задания форма отверстий и геометрические параметры каждого из них: вид и направление резьбы, глубина резьбового участка, расположение и т. д.

После моделирования элементов плиты выполняют её чертёж. Возможны различные варианты создания чертежа. Может использоваться вкладка инструментальной панели «Управление» (рис. 3.10). После её нажатия появится всплывающее меню, в котором находится вкладка «Создать чертёж по модели».

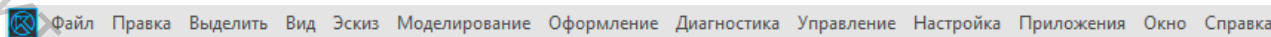


Рисунок 3.10 – Вкладки инструментальной панели САПР

После раскрытия вкладки появится контекстное меню следующего вида (рис. 3.11), в графической части САПР будет наблюдаться фантом изображения плиты и поле чертежа формата А4. В этом меню могут задаваться параметры вида: ориентация модели, имя вида, номер вида, масштаб и т. д. Эти параметры могут быть изменены пользователем по своему усмотрению, однако при создании видов следует учитывать требования ЕСКД, в соответствии с которым число видов, разрезов, сечений должно быть минимальным и достаточным для представления формы детали и простановки размеров на ней, а также указания отклонений формы и взаимного расположения поверхностей и элементов.

Для перемещения модели в поле чертежа указывают точку привязки вида и в графической части чертежа появляется первый вид (рис. 3.12). Поскольку в рамках формата А4 невозможно выполнить чертёж плиты в масштабе 1:1, отвечающий требованиям ЕСКД, изменяют размер формата чертежа и его ориентацию. Для этого выполняют действия, описанные выше в лабораторной работе 1. В результате выполненных действий изменяют размер формата чертежа и его ориентацию. Можно выполнять чертёж детали также с использованием масштабирования видов. В этом случае необходимо, чтобы изображения элементов детали на проекционных видах были наглядны для их понимания. После этого добавляют виды, необходимые для пояснения конструкции элементов плиты, указывают размеры с допусками, приводят параметры шероховатости обработанных поверхностей, указывают предельные отклонения по форме и взаимному положению элементов детали, разрабатывают технические требования, заполняют угловой штамп. Для записи технических требований используют вкладку инструментальной панели «Оформление» – «Технические требования» – «Ввод». Во вкладке «Оформление» находится вкладка «Неуказанная шероховатость» – «Задать/изменить», проставляемая в углу формата чертежа для поверхностей, шероховатость которых не показана на проекционных видах. После оформления рабочий чертёж плиты приобретает вид, показанный на рисунке 3.13. Его приводят в отчёте в виде приложения к лабораторной работе 3.

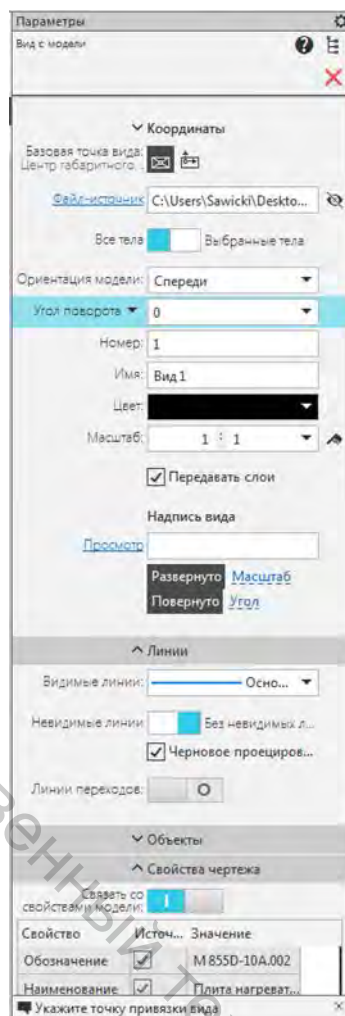


Рисунок 3.11 – Параметры для создания чертежа детали

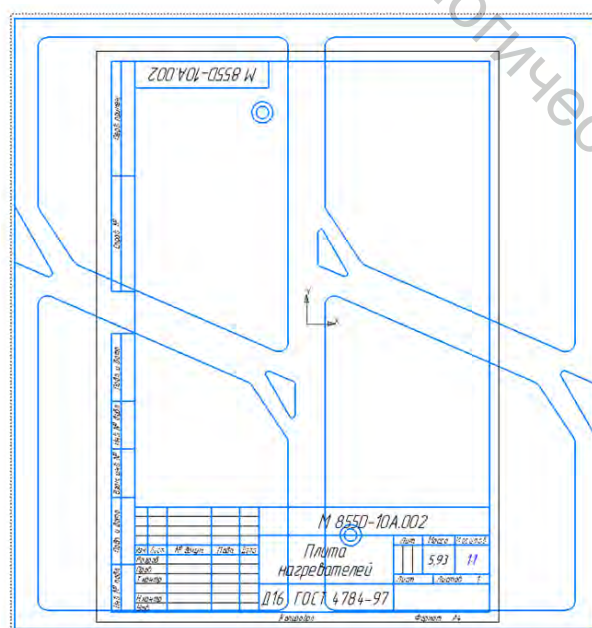


Рисунок 3.12 – Графическое окно САПР при создании чертежа детали



### 3.2 Порядок выполнения работы

Изучить общие положения, изложенные в подразделе 3.1.

По варианту задания, выданному преподавателем, выполнить проектирование 3D-модели плиты в САПР КОМПАС-3D.

Используя модель детали, разработать рабочий чертёж в соответствии с ГОСТом [2], указав размеры, допуски, требования к точности формы и взаимному расположению поверхностей, разработать технические требования.

Порядок выполнения действий по проектированию детали привести в текстовой части отчёта по выполнению задания в соответствии требованиями, изложенными в разделе 5.

## **Лабораторная работа 4**

### **Обработка заготовок на фрезерных станках с ЧПУ с использованием САМ КОМПАС-3D «Модуль ЧПУ. Фрезерная обработка»**

#### **4.1 Общие положения по работе с САМ-системой**

В работе рассматривается порядок программирования обработки плоской детали на фрезерном станке с ЧПУ. Разработка технологического процесса обработки деталей класса «Плита», относящихся к деталям с гладкими поверхностями, отверстиями и пазами различной формы, включает анализ технологичности конструкции, выбор заготовки для её изготовления и составление операционной технологии черновой и чистовой обработки, включая операции термической обработки.

После обработки деталь должна соответствовать заданной размерной точности, требуемому взаимному расположению элементов и шероховатости поверхностей, а также обладать заданным комплексом механических и эксплуатационных свойств.

На рисунке 4.1 показан пример такой плиты (виды сверху и снизу), которую используют в термоформовочных машинах для нагрева заготовки упаковки, в которую помещают изделия после их изготовления. Материалом для изготовления детали служит алюминиевый сплав Д16Т. Модель такой плиты разработана в предыдущей работе.

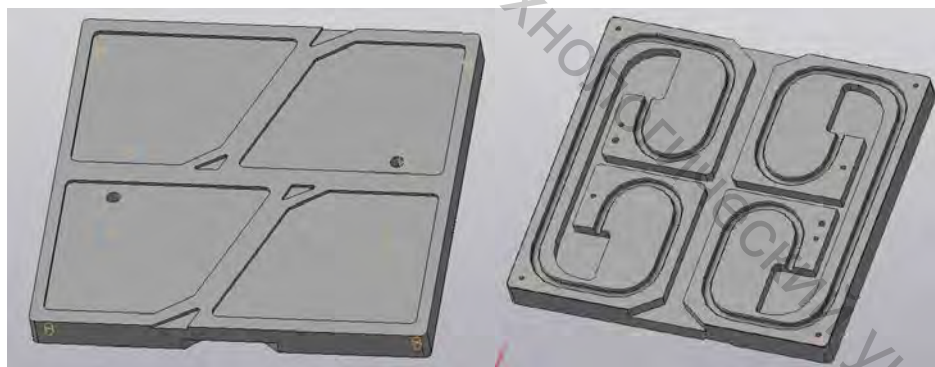


Рисунок 4.1 – Пример конструкции плиты нагрева

В качестве исходной заготовки плоских деталей используют обычно листовую прокат соответствующей толщины, в которой учтены припуски на черновую и чистовую обработку.

Для раскроя исходных листов целесообразно применять современные способы лазерной (при резке тонколистовых заготовок), плазменной и гидроабразивной резки, которые обеспечивают достаточную размерную точность заготовок и качество реза, что особенно важно при последующей обработке таких заготовок на станках, оснащенных ЧПУ.

Полученные штучные заготовки затем фрезеруют по контуру окончательно, обрабатывают плоскости начерно, выполняют координатное растачивание отверстий или их фрезеруют на фрезерных станках без переустановки заготовки, затем проводят предварительное шлифование плоскостей (либо их окончательное фрезерование), для стальных заготовок выполняют термическую обработку (например, нормализацию или улучшение), после которой производят окончательную обработку плоскостей (шлифование или чистовое фрезерование), пазов и отверстий с жёсткими допусками на размеры (6–7 квалитетов размерной точности) и отклонениями от взаимного расположения (параллельности, плоскостности, симметричности, межосевого расстояния для отверстий).

При составлении технологического процесса обработки необходимо стремиться к минимальному количеству установов заготовки при обработке на металлорежущих станках, что позволит уменьшить погрешности и увеличит точность обработки.

Известно, что фрезерованием обрабатываются различные поверхности, в том числе фасонные (включая сплайн), уступы и пазы различного профиля. Особенностью процесса резания при фрезеровании является то, что зубья фрезы лишь часть времени находятся в контакте с обрабатываемой поверхностью. Каждый зуб фрезы последовательно вступает в процесс резания, при этом изменяется толщина срезаемого слоя от наибольшей к наименьшей, или наоборот. Одновременно в процессе резания могут находиться несколько режущих кромок. Это вызывает ударные нагрузки, неравномерность протекания процесса, вибрации и повышенный износ инструмента, повышенные нагрузки на станок.

Различают встречное фрезерование, когда направление движения режущей кромки фрезы, находящейся в зоне резания, противоположно направлению движения подачи, и попутное фрезерование, когда направление движения режущей кромки фрезы, находящейся в зоне резания, совпадает с направлением движения подачи [14, с. 17]. Результаты обработки по размерной точности и качеству обработки при двух различных схемах фрезерования будут различны. При черновой обработке контура заготовки и её плоскостей допускается снятие припуска на попутной и на встречной подаче, а при чистовой обработке следует использовать только попутное фрезерование.

Оценка технологичности приведенной выше детали показывает, что для её обработки может использоваться только оборудование фрезерной группы с ЧПУ как при черновой, так и при чистовой обработке.

При разработке управляющих программ фрезерной обработки представленной выше детали используют САМ КОМПАС-3D «Модуль ЧПУ. Фрезерная обработка» [15].

Для работы в САМ-системе создают копию детали аналогично, как при программировании обработки вала на токарном станке с ЧПУ (см. стр. 23–26), т. е. создают новый файл и копируют в него модель детали, созданную на этапе моделирования. Окно САПР при создании нового файла приобретёт вид,

представленный на рисунке 4.2. Создавая операцию, получают плиту и сохраняют её в файл под наименованием, например, «Плита\_02.003» (как копию источника).

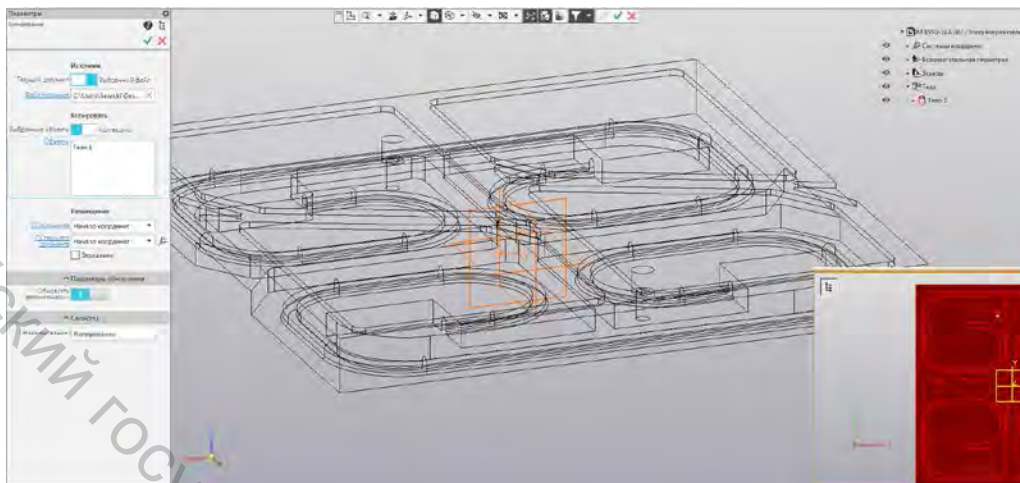


Рисунок 4.2 – Создание копии плиты нагрева

Для создания управляющей программы обработки необходимо привязать к детали координатную систему. Для этого нажимают вкладку «Локальная система координат» – ЛСК – (для примера см. рис. 2.7) и выбирают в качестве базовой конструкторскую систему координат. При необходимости можно выполнять перенос и поворот координатных осей полученной системы координат. Для завершения операции нажимают зелёную галочку.

Для упрощения формы детали сложные конструктивные элементы скрывают в дереве построения. Это позволит на этапе разработки операционной технологии избежать возможных проблем с определением зоны обработки.

Затем переходят в модуль «Фрезерная обработка». Появится вкладка дерева «План фрезерной обработки». Для программирования обработки следует указать нулевую точку программы, которую привязывают к ранее построенной локальной системе координат. Нажимают вкладку «Система ЧПУ», затем в качестве нулевой точки указывают начало созданной ранее системы координат (ЛСК 1), а из доступных систем ЧПУ станков выбирают, например, ЧПУ Heidenhain iTNC530 (рис. 4.3).

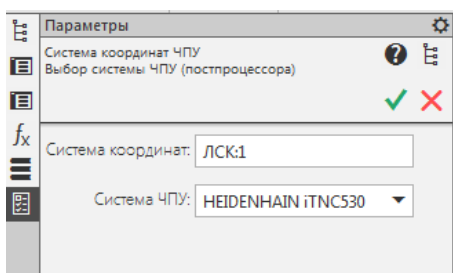


Рисунок 4.3 – Выбор рабочей системы координат и системы ЧПУ станка

Рабочее окно САМ-системы приобретёт вид, показанный на рисунке 4.4.

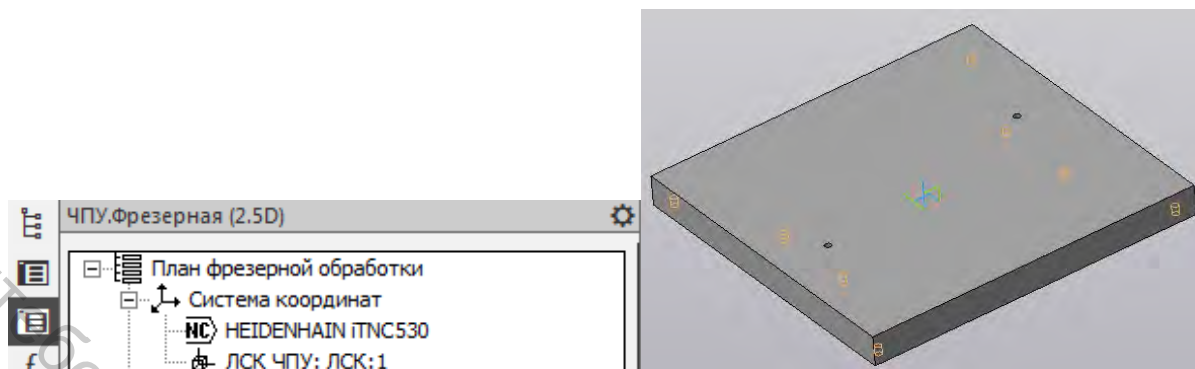


Рисунок 4.4 – План обработки после выбора рабочей системы координат и системы ЧПУ станка

В качестве заготовки для изготовления плиты нагрева целесообразно использовать листовой прокат, который подвергают резке на установке, например, гидроабразивной резки, с припусками по толщине, ширине и длине исходной заготовки. Пусть исходная заготовка имеет размеры 330x320x30 мм.

Затем определяют последовательность обработки и количество установов по обработке заготовки плиты нагрева.

В первом установе обрабатывают торцы заготовки начерно и начисто по размеру детали 318 мм. Обработку торцов выполняют не на всю толщину заготовки (на 29,5 мм), чтобы исключить касание инструментом поверхности стола станка. Установку и закрепление заготовки плиты выполняют на столе станка с помощью 4 прихватов.

Во втором установе обрабатывают торцы заготовки начерно и начисто по размеру детали 304 мм и фрезеруют скругления заданного радиуса по углам плиты. Обработку торцов выполняют не на всю толщину заготовки (на 29,5 мм), чтобы исключить касание инструментом поверхности стола станка. Установку и закрепление заготовки плиты выполняют на столе станка с помощью 4 специальных прижимов, не выходящих по высоте за габариты заготовки по высоте (толщине), которые устанавливают со стороны обработанных на предыдущем переходе торцов заготовки. Такая установка позволит обработать не только торцы, но и фрезеровать всю верхнюю плоскость заготовки за два прохода – начерно и начисто. В этом же установе выполняют фрезерование пазов под установку нагревателей и укладку электрических кабелей для подвода питания к нагревателям, а также сверление отверстий и нарезание в них резьбы для закрепления крышки, закрывающей нагреватели.

В третьем установе заготовку закрепляют на столе станка на обработанную нижнюю плоскость с помощью приспособлений, использовавшихся во втором установе, и фрезеруют формообразующую

плоскость начерно и начисто, а также обрабатывают занижения, соответствующие форме упаковки, получаемой с помощью этой плиты.

Затем переходят к созданию заготовки детали и выбору режущих инструментов для её обработки в каждом установе.

Для первого установка используют вкладку «Заготовка, инструменты», раскрывают меню выбора формы и задания размеров заготовки, показанное на рисунке 4.5. Используя вкладку «Предопределённые формы заготовки», выбирают «Параллелепипед» и в раскрывшемся меню задают размеры заготовки плиты с учётом припусков на обработку торцов и плоскостей, принятые при выборе количества установов для обработки. При этом в графической части САМ-системы можно получить отображение заготовки, используя вкладку «Показать заготовку», которая приобретёт вид, показанный на рисунке 4.5.

После этого раскрывают вкладку «Таблица инструментов». Окно САМ-системы приобретёт вид как на рисунке 4.6.

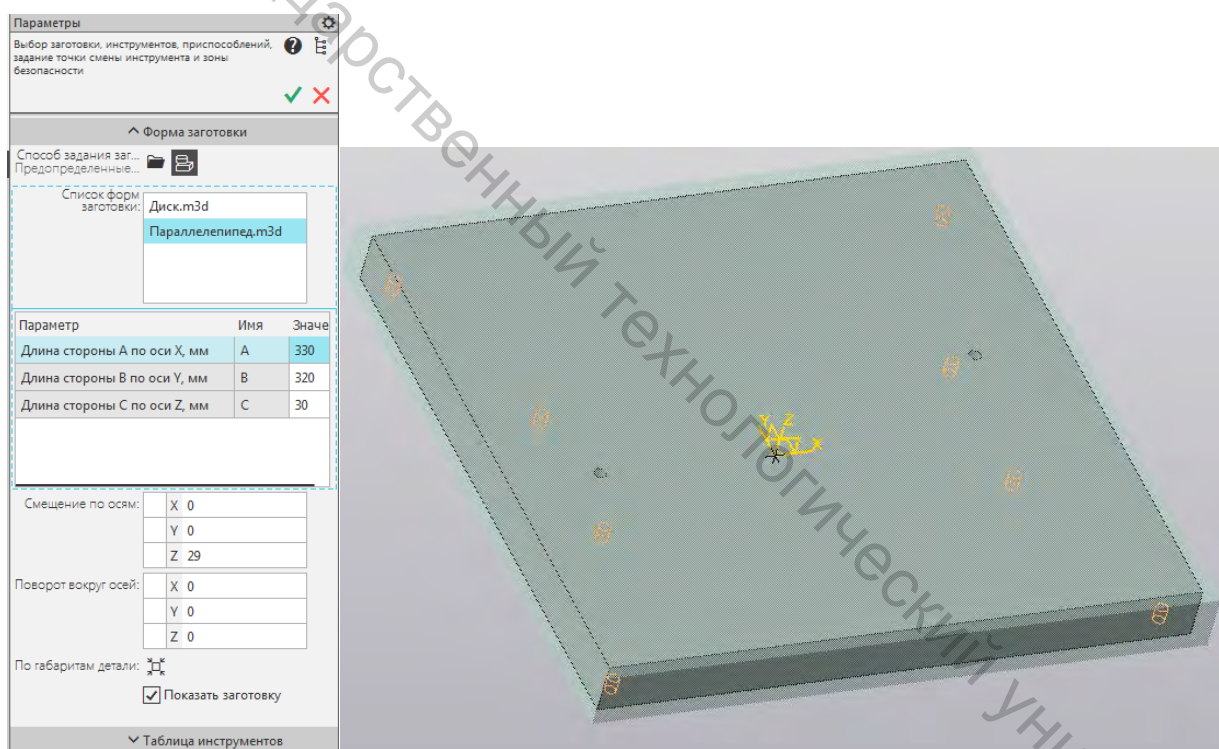


Рисунок 4.5 – Создание заготовки плиты нагрева

Задают число позиций инструментального магазина станка, например, 16. Затем выбирают инструмент для обработки торцовых поверхностей. В качестве режущего инструмента целесообразно выбрать концевую фрезу. Для этого раскрывают вкладку «Выбрать инструмент из Каталога», после этого появляются разделы «Каталога инструментов», из которых выбирают раздел «Фрезы концевые» – «Фреза ГОСТ 17025». Выделяют эту фрезу и нажимают вкладку «Выбрать». Фреза переместится в первую ячейку магазина инструментов.

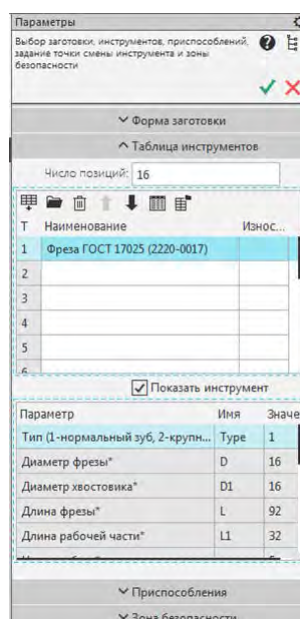


Рисунок 4.6 – Формирование таблицы инструментов для первого установа

Далее во вкладке «Таблица переменных» из раскрывшейся таблицы выбирают диаметр режущего инструмента, остальные параметры загрузятся автоматически. В качестве примера выбрана концевая фреза диаметром 16 мм, основные параметры которой показаны в таблице для данного инструмента.

Затем переходят во вкладку «Зона безопасности». Изменяют положение плоскости безопасности по Z с 20 мм на 40 мм, чтобы исключить соударение инструмента о поверхность заготовки. «Z плоскости отвода» можно оставить без изменений (рис. 4.7). Эти плоскости можно показать, используя вкладку «Показать плоскости».

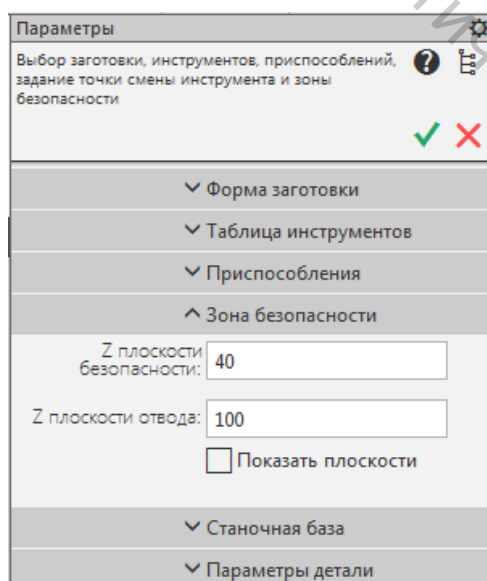


Рисунок 4.7 – Задание плоскости безопасности и плоскости отвода инструментов

Поскольку заготовка будет устанавливаться на столе станка, раскрывают вкладку «Станочная база» (рис. 4.8). В ней нажимают вкладку «Добавить из файла» и в раскрывшемся окне выбирают «Стол». Его положение относительно заготовки плиты корректируют так, чтобы координатные направления стола и заготовки совпадали, а по направлению Z сдвигают положение стола на -1 мм относительно координатной системы, связанной с деталью, поскольку на верхней и нижней поверхностях плиты в заготовке будет припуск равный 1 мм с каждой из сторон.

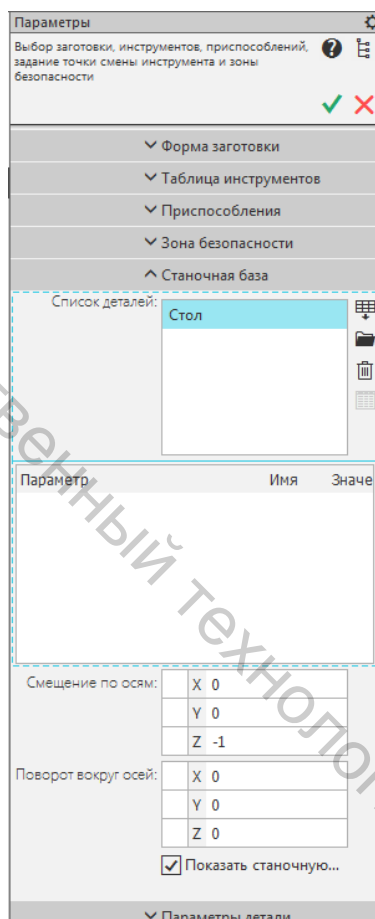


Рисунок 4.8 – Создание станочной базы для установки заготовки при обработке

Далее переходят к созданию операции фрезерования торцов плиты по размеру 318 мм. Для этого используют инструментальную панель сверху САМ-системы, в которой выбирают вкладку «Фрезерование по Z-уровням». Раскрывшееся меню приобретёт вид (рис. 4.9). В графической части САМ отмечают поверхности детали, которые получают фрезерованием заготовки, они подсвечиваются после выделения и деталь примет следующий вид (рис. 4.9). Во вкладке «Глубина обработки» выбирают вкладку «На расстояние» и указывают выбранную ранее глубину фрезерования (29,5 мм).

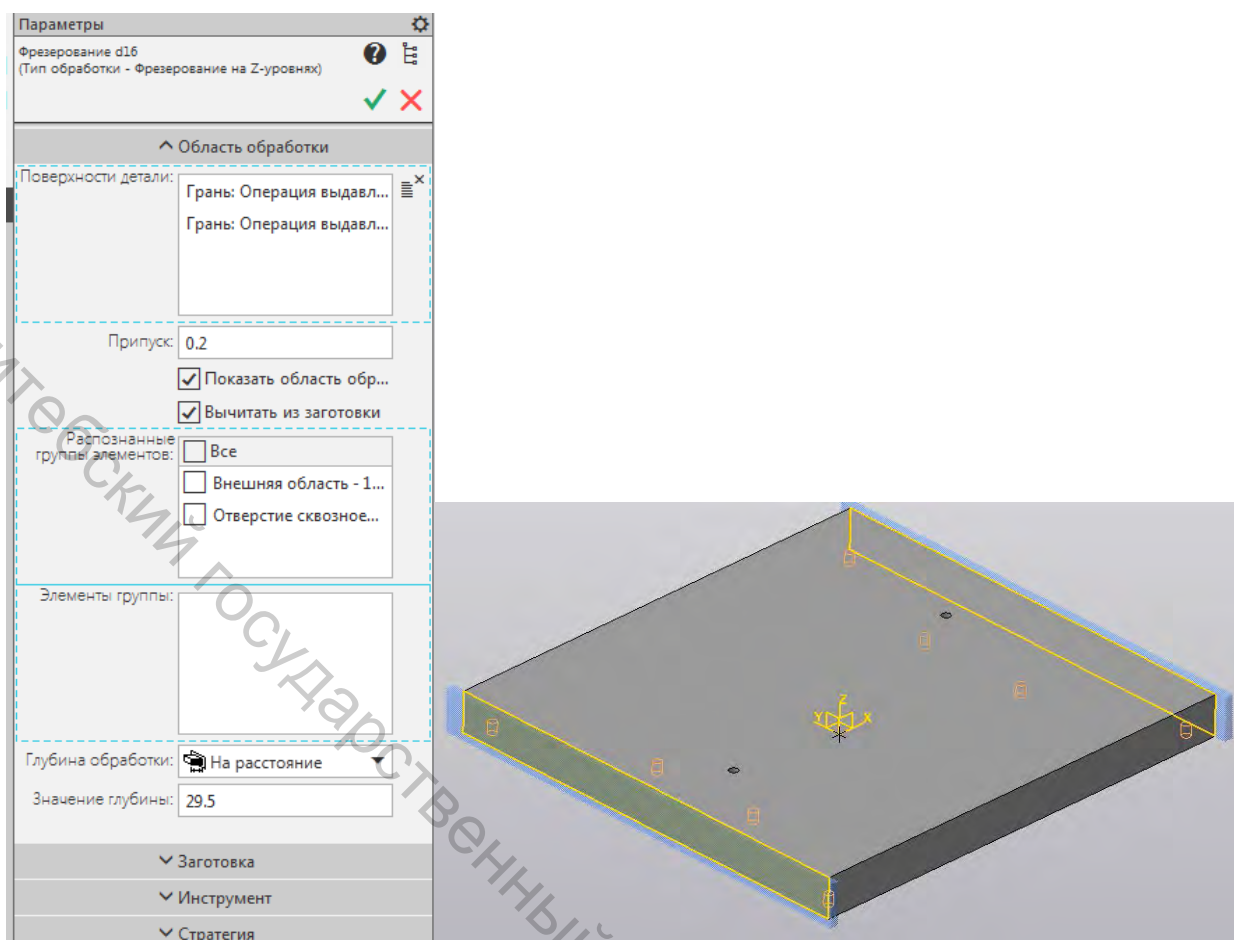


Рисунок 4.9 – Создание операции фрезерования торцов заготовки

После этого переходят во вкладку «Заготовка» и ставят галочку во вкладке «Показывать заготовку». В графическом окне появится фантомное изображение заготовки. Во вкладке «Инструмент» выделяют концевую фрезу в первой ячейке магазина. Затем раскрывают вкладку «Стратегия», оставляют схему обработки «В элементарных движениях», в «Списке циклов» из доступных вариантов выбирают «Эквидистантная», величину «Подвод по Z» устанавливают равной 3 мм, чтобы обеспечить переключение привода на рабочую подачу. При раскрытии вкладки «Параметры цикла» появится меню (рис. 4.10). В этом меню устанавливают максимальное расстояние между Z-уровнями 30 мм, оставляют припуск на чистовую обработку боковых сторон равный 0,2 мм, чтобы обеспечить качество обработки в соответствии с требованиями чертежа, устанавливают значения частоты вращения шпинделя и подачу инструмента, а также зазор между заготовкой и фрезой для предотвращения соприкосновения при опускании фрезы для резания.

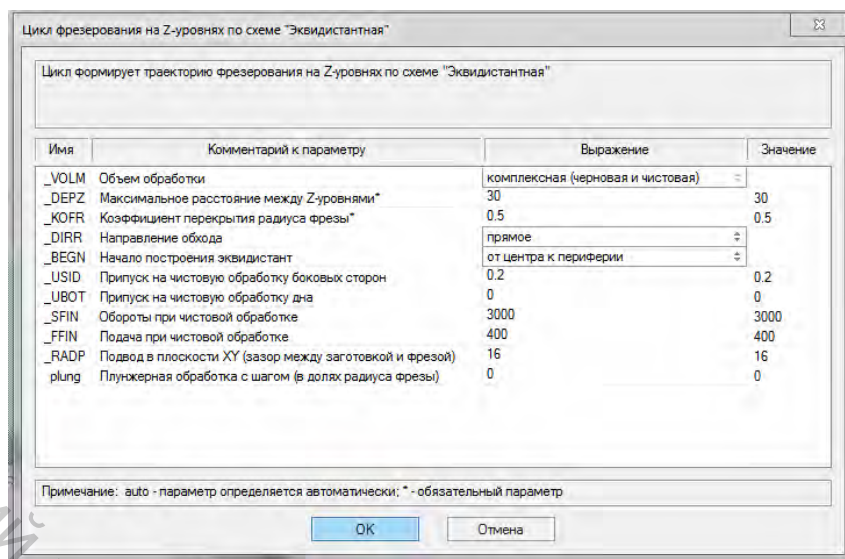


Рисунок 4.10 – Формирование параметров цикла фрезерования

Остальные параметры в этой вкладке оставляют назначенными по умолчанию.

Затем переходят во вкладку «Режимы резания», в которой задают оптимальные значения подачи и частоты вращения шпинделя при фрезеровании плиты из алюминиевого сплава. Эти значения могут быть рассчитаны с помощью формул, ссылка на которые приведена в меню этой вкладки.

Остальные параметры оставляют назначенными по умолчанию и закрывают вкладку, нажимая кнопку «Создать операцию» (зелёную галочку).

«План фрезерной обработки» примет следующий вид (рис. 4.11), причём в графическом окне САМ-системы появится траектория движения инструмента.

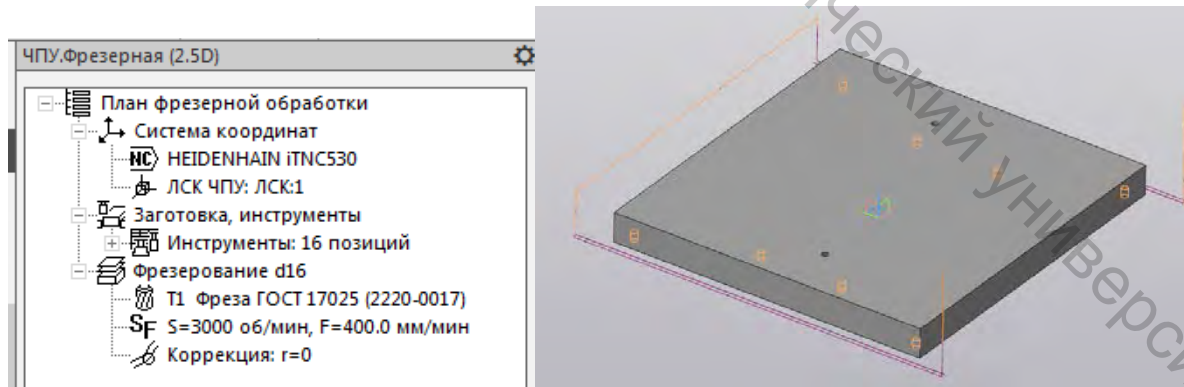


Рисунок 4.11 – Формирование параметров цикла фрезерования

Для просмотра процесса обработки используют вкладку «Визуализация обработки» на инструментальной панели вверху САМ-системы, после нажатия которой появится следующее меню (рис. 4.12), а в графической части отобразятся элементы технологической системы (стол и заготовка).

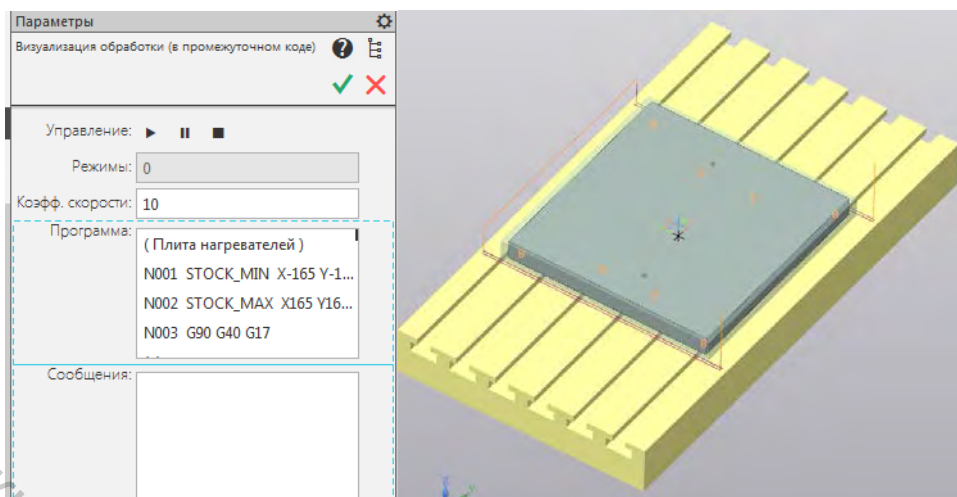


Рисунок 4.12 – Окно визуализации цикла фрезерования

Для запуска процесса визуализации устанавливают коэффициент скорости, например, равным 10 (большие значения приводят к слишком быстрому отображению выполняемых действий), устанавливают курсор на первом кадре программы, и, используя клавиши управления, нажимают «Пуск».

При движении фрезы обработка может быть остановлена кнопкой «Пауза».

Получают результат, показанный на рисунке 4.13.

При детальном рассмотрении траектории движения инструмента (в приближении, рис. 4.14) можно отметить два черновых прохода на попутно-встречном типе фрезерования и чистовой проход, который выполнен на попутном фрезеровании. Эти данные соответствуют назначенным при выборе способа фрезерования и параметров цикла. Благодаря этому обработанная поверхность будет иметь минимальную шероховатость и волнистость.

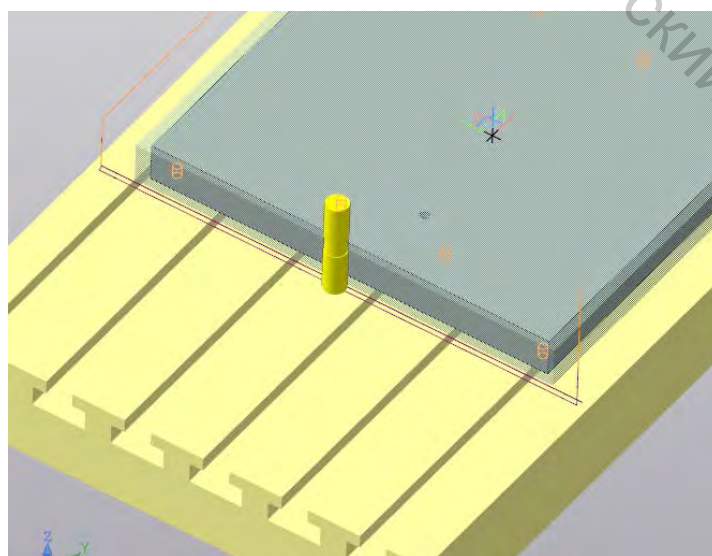


Рисунок 4.13 – Визуализация процесса фрезерования габаритов заготовки

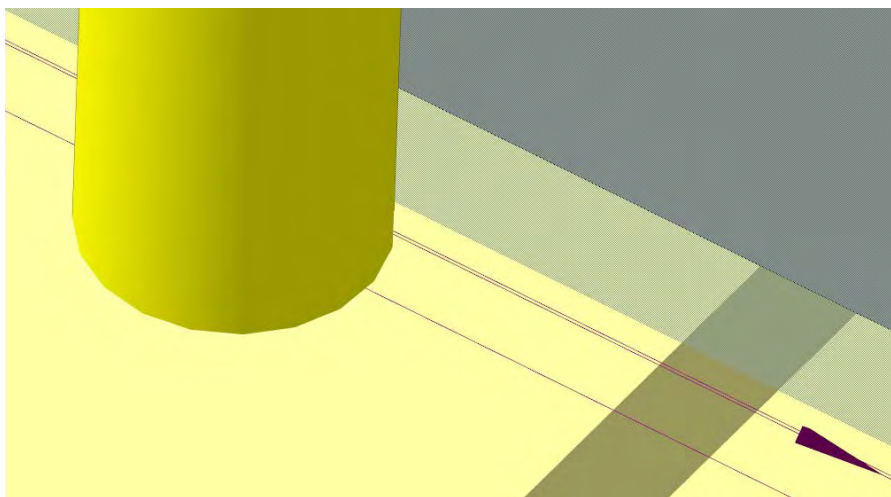


Рисунок 4.14 – Траектория инструмента при фрезеровании

После выполнения обработки в первом установе выполняют подготовку заготовки к обработке во втором установе.

Для этого прихваты заменяют на специальные зажимы, которые упирают в обработанные торцовые поверхности заготовки. При этом заготовка, как и в первом установе, располагается на столе фрезерного станка.

Для программирования обработки во втором установе создают копию плиты нагрева для второго установа, называя её, например, «Плита нагрева\_02.003\_1». Последовательность создания копии модели аналогична описанной выше.

Затем выполняют действия по созданию локальной системы координат, связанной с деталью. После этого переходят к разработке «Плана фрезерной обработки» для второго установа. Последовательность выполнения операций при работе в САМ-системе для второго установа аналогична приведенной выше.

Получают результат, показанный на рисунке 4.15. Траектории движения инструментов отражают все ранее определенные переходы для второго установа: обработку торцовых поверхностей заготовки начерно и начисто и фрезерование плоскости начерно и начисто. При чистовом фрезеровании для уменьшения волнистости поверхности в настройках изменена величина перекрытия фрезы.

Обработка плоскости выполнена с помощью концевой фрезы. Однако для уменьшения затрат машинного времени целесообразно в таблицу инструментов включить торцовую фрезу, максимальный диаметр которой выбирают в зависимости от возможностей инструментального магазина станка, используемого при обработке. Программирование обработки выполняют аналогично рассмотренному выше варианту, следует лишь в качестве инструмента при обработке плоскости использовать торцовую фрезу, установленную в соответствующее гнездо магазина.

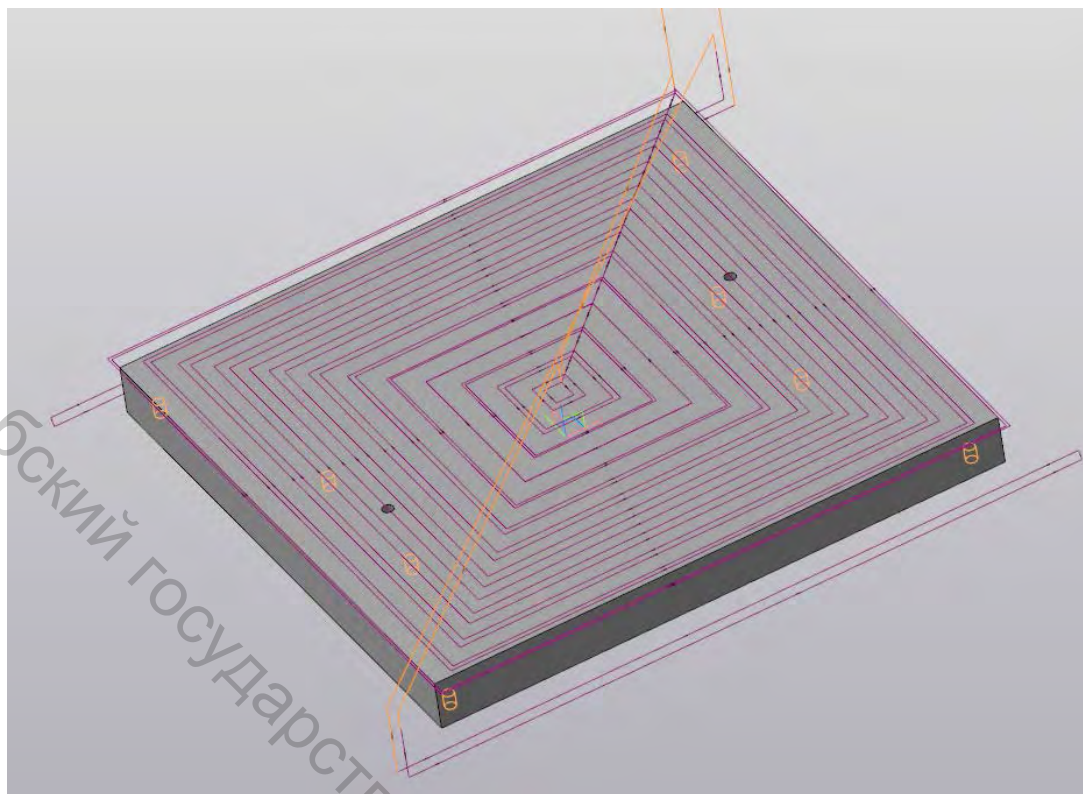


Рисунок 4.15 – Траектория инструмента при черновом и чистовом фрезеровании заготовки во втором установе

После подготовки базовых поверхностей в третьем установе выполняют обработку карманов и пазов для установки нагревателей и прокладки кабелей питания к ним. Для этого создают новую копию плиты нагрева, в которой отображают эти элементы конструкции, скрытые на первых двух установах.

Затем выполняют привязку к копии модели операционной заготовки локальной системы координат, которая будет использована для программирования обработки указанных элементов детали, создают заготовку плиты с учётом обработанных поверхностей в первых установах и т. д. Последующие этапы рекомендуется выполнить самостоятельно.

## 4.2 Порядок выполнения работы

Используя модель плиты, проектирование которой выполнялось в лабораторной работе 3, провести анализ технологичности конструкции каждого элемента детали. Определить количество установов, необходимое для обработки всех элементов.

Составить маршрут обработки детали, в котором следует отразить все технологические операции её изготовления, включая термическую обработку (при необходимости), выполнить операционные эскизы в соответствии с

ГОСТом [8], подобрать режущие инструменты. Такую последовательность представить в виде таблицы с отображением в ней перечисленной выше информации (указать номер установка, номер и содержание перехода, режущий инструмент для обработки, приспособление для зажима заготовки).

Рассчитывают заготовку и выбирают способ резки этой заготовки из листа стандартного размера.

При расчёте заготовки определяют припуски на обработку. Для каждой операции (перехода) находят величину припуска, используя данные, приведенные в источнике [9]. При определении припуска на размеры заготовки в плане учитывают способ резки листового проката (величину припуска находят по таблице 3.62 [9]). При определении припусков на фрезерование и шлифование плоских поверхностей заготовок используют данные, приведенные в источнике [9, табл. 3.91, 3.92 с. 212].

Суммируют величины припусков с габаритными размерами детали и находят размеры заготовки в плане, которую необходимо получить при резке листового проката.

Толщину листа находят, суммируя припуски на чистовую и черновую обработку плоскостей с толщиной окончательно обработанной детали по чертежу. По ГОСТу для сортамента листового проката (найти самостоятельно) принимают ближайшее большее значение толщины исходной заготовки. Корректируют величины припусков на обработку плоскостей.

Выбирают или рассчитывают режимы резания при фрезеровании. Для этого используют каталоги производителей режущего инструмента и их электронные калькуляторы режимов резания, доступные с помощью интернет-сервисов, а также общедоступные справочники по расчёту режимов резания.

Расчёт режимов резания (по справочникам) при фрезеровании производится в следующей последовательности:

- 1) ширину фрезерования  $B$ , как правило, выбирают в зависимости от размеров заготовки, паза или уступа; причём при фрезеровании плоскостей следует назначать ширину фрезерования так, чтобы предыдущий проход перекрывался 25–30 %, благодаря чему обеспечиваются условия для нормальных условий работы фрезы;

- 2) исходя из припуска на обработку определяют допустимую глубину резания  $t$  для выбранного инструмента из каталога. Припуск на обработку желательно удалить за один проход. При чистовом фрезеровании глубина резания обычно не превышает 0,3–0,5 мм, при тонком фрезеровании – 0,05–0,03 мм;

- 3) по справочным данным определяют оптимальную величину подачи на зуб фрезы  $S_z$  в зависимости от характера обработки (черновое или чистовое фрезерование).

При черновом фрезеровании величина подачи ограничивается прочностью зуба фрезы, прочностью самой фрезы (концевые фрезы, фрезы малых диаметров и др.), недостаточной мощностью, жёсткостью станка и т. д.

При чистовой обработке величина подачи должна отвечать требованиям точности и шероховатости обработанной поверхности. При черновом фрезеровании подача на зуб больше, чем при чистовом, так как чем меньше подача на зуб, тем меньше шероховатость обработанной поверхности;

4) при выбранной глубине резания и подаче на зуб по таблицам нормативов режимов фрезерования определяют скорость резания  $V$ , по которой рассчитывают частоту вращения шпинделя станка  $n$  (её задают в программе обработки), по общеизвестной формуле.

Использование электронных калькуляторов ускоряет расчёт режимов резания.

Последовательность обработки разрабатывают в библиотеке САМ КОМПАС «Модуль ЧПУ. Фрезерная обработка» в виде «Плана фрезерной обработки». План составляют для каждого установа заготовки при обработке на станке. В пределах одного плана используется одна система координат и один и тот же постпроцессор, который выбирают в начале составления операционной технологии. Если требуется обработать заготовку за несколько установов или на разных станках, для этого следует создать несколько «Планов фрезерной обработки» для разных копий файла трехмерной модели детали. Все данные, описывающие параметры отдельной обработки (стратегию обработки, инструмент для обработки и режимы резания), сохраняются непосредственно в файле трехмерной детали.

Для выполнения работы по программированию фрезерной обработки на станке с ЧПУ, повторяют каждый этап, описанный в подразделе 4.1 данной работы: выбирают систему ЧПУ станка, привязывают к модели детали локальную систему координат, отображают положение нулевой точки программы, создают заготовку, заполняют таблицу инструментов, в которую вносят режущие инструменты, выбирают приспособления для установки и закрепления заготовки (при возможности использования, например, тисков в качестве таких приспособлений), создают операционные переходы черновой и чистовой обработки, для каждого из которых определяют стратегию обработки, задают или корректируют при необходимости элементы режима резания.

Выполненные действия описывают в отчёте по лабораторной работе при выполнении задания в соответствии требованиями, изложенными в разделе 5.

Выполнение каждого этапа следует пояснить рисунками, в которых отражают вид панелей САМ-системы (аналогично приведенным в подразделе 4.1) после завершения каждого этапа разработки операционной технологии и создания управляющей программы, включая визуализацию обработки для каждого установа.

Оформляют комплект технологических документов технологического процесса изготовления детали, включающий титульный лист, операционные карты и карты эскизов в соответствии с ЕСТД, и размещают созданный документ в виде приложения.

Управляющие программы обработки в виде распечаток текстовых документов приводят в приложениях к отчёту.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

В структуру отчёта по лабораторным работам кроме титульного листа входит в перечисленном ниже порядке содержание, введение, основные разделы и подразделы, список использованных источников, приложения.

Оформление содержания, основной текстовой части (разделов и подразделов), таблиц, рисунков, формул, ссылок, приложений в отчёте должно соответствовать ГОСТу 7.32-2017 [3]. Библиографическое описание использованных источников указывают в списке использованных источников в соответствии с ГОСТом 7.1 [4], а в тексте отчёта – в виде номера в квадратных скобках.

Отчёт по лабораторным работам выполняется с использованием текстового редактора Microsoft Word и распечатывается на одной стороне бумаги формата А4 через полтора интервала. Допускается выполнение и хранение отчёта по лабораторным работам в виде электронного документа. Цвет шрифта должен быть чёрным, высота букв, цифр и прочих знаков – 14 пунктов для шрифта Times New Roman. Размеры полей страницы: левое – 30 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, правое – 15 мм. Нумерация страниц отчёта выполняется арабскими цифрами внизу страницы по центру без точки в конце. Титульный лист не нумеруется (назначается особый колонтитул для первой страницы), но входит в общую нумерацию страниц. Все страницы в записке по расчётно-графическим работам, включая графические документы и приложения в виде текстовых документов, брошюруются в один документ и нумеруются сквозной нумерацией внизу страницы посередине без точки в конце. Графические документы, превышающие формат А4, складывают в соответствии с ГОСТом [16] и размещаются в виде приложения по порядку ссылки на него в текстовой части лабораторной работы.

Материал в отчёте должен быть изложен технически грамотно и чётко. Расчёты при необходимости иллюстрируются эскизами, схемами, графиками.

Пример оформления титульного листа приведен в Приложении А.

Чертежи всех видов (деталей, схем, технологические) выполняются в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, относящихся к ЕСКД и ЕСТД.

Графическая часть отчёта, которую приводят в виде приложений, включает следующие чертежи:

- рабочие чертежи каждой детали, выполненные на соответствующих форматах;
- комплекты технологических документов механической обработки заготовок деталей, выполненные в соответствии с требованиями ЕСТД;
- карты наладки станков с ЧПУ по выполнению операционных переходов токарной и фрезерной обработки операционных заготовок;
- текстовые документы распечаток управляющих программ обработки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 КОМПАС-3D. Приложения. Машиностроение : Валы и механические передачи 3D [Электронный ресурс] / Система трехмерного моделирования КОМПАС-3D. – Режим доступа : <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/shafts-3d/>. – Дата доступа 15.08.2019.
- 2 ГОСТ 2.109-73. Единая система конструкторской документации. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЧЕРТЕЖАМ / Введ. 1974-07-01. – Москва : Стандартинформ (переиздание с изм. 1), 2007. – 33 с.
- 3 ГОСТ 7.32-2017. ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ. Структура и правила оформления / Введ. 2019-07-01. – Минск : Госстандарт, 2019. – 27 с.
- 4 ГОСТ 7.1-2003. БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ. БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ. Общие требования и правила составления / Введ. 2004-04-01. – Минск : Госстандарт, 2011. – 58 с.
- 5 ГОСТ 14.205-83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения / Введ. 1983-07-01. – Москва : Стандартинформ (переиздание с изм. 1), 2009. – 4 с.
- 6 ГОСТ 7505-79. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски / Введ. 1990-07-01. – Москва : Издательство стандартов, 1989. – 36 с.
- 7 Косилова, А. Г. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 томах. Т.1 / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – Москва : Машиностроение, 1986. – 656 с.
- 8 ГОСТ 3.1702-79. Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием / Введ. 1981-01-01. – Москва : ИПК Издательство стандартов (переиздание с изм. 1), 2003. – 21 с.
- 9 Балабанов, А. Н. Краткий справочник машиностроителя / А. Н. Балабанов. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
- 10 Добрыднев, И. С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения» : учебное пособие для техникумов / И. С. Добрыднев. – Москва : Машиностроение, 1985. – 184 с.
- 11 ПРОКАТ СТАЛЬНОЙ ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ КРУГЛЫЙ. Сортамент. ГОСТ 2590-2006 / Введ. (с изм.) 2009-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 16 с.
- 12 Припуски на обработку торцовых поверхностей [Электронный ресурс] / StudFiles. – Режим доступа : <https://studfiles.net/preview/5847943/page:6/>. – Дата доступа 16.08.2019.
- 13 ГОСТ 24996-81. Резцы токарные с механическим креплением сменных пластин, закрепляемых качающимся штифтом. Типы и основные размеры / Введ. 1984-01-01. – Москва : Издательство стандартов, 1983. – 15 с.

14 Савицкий, В. В. Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов : методические указания по выполнению курсового проекта / сост. В. В. Савицкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2019. – 36 с.

15 КОМПАС-3D. Модуль ЧПУ. Фрезерная обработка [Электронный ресурс] / Система трехмерного моделирования КОМПАС-3D. – Режим доступа : <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/module-chpu-fo/>. – Дата доступа 18.08.2019.

16 ГОСТ 2.501-2013. Единая система конструкторской документации. ПРАВИЛА УЧЕТА И ХРАНЕНИЯ / Введ. 2016-03-01. – Минск : Госстандарт, Минск : БелГИСС, 2015. – 19 с.

## Приложение А

### Образец титульного листа

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

Кафедра «Технология машиностроения»

### ОТЧЁТ

по лабораторным работам по дисциплине

«Обработывающие станки с программным управлением»

Выполнил:

студент группы Тт-\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О

Проверил:

доцент

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

Витебск, 20\_\_\_\_

Учебное издание

## **ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Составитель:

Савицкий Василий Васильевич

Редактор *Т.А. Осипова*

Корректор *А.В. Пухальская*

Компьютерная верстка *В.В. Савицкий*

---

Подписано к печати 31.01.2022. Формат 60х90  $\frac{1}{16}$ . Усл. печ. листов 4,3.  
Уч.-изд. листов 5,4. Тираж 2 экз. Заказ № 36.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»  
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.