

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальной инженерии»

Макимов Рысқұлбек Төребекұлы

«Технологический процесс механической обработки вала в среде  
CAD/CAM. Годовая программа выпуска 5 000 штук»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

К дипломной работе

Специальность 5В071200 - Машиностроение

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальной инженерии»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой

PhD, ассоц. профессор

\_\_\_\_\_ Арымбеков Б.С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 ж.

## **ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Технологический процесс механической обработки вала в среде  
CAD/CAM. Годовая программа выпуска 5 000 штук»

По специальности 5B071200 - Машиностроение

Выполнил

Макимов Рысқұлбек Төребекұлы

Научный руководитель,

PhD, тьютор

\_\_\_\_\_ Жанкелді Ә. Ж.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 ж.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальной инженерии»

5B071200 - Машиностроение

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

PhD, ассоц. профессор

\_\_\_\_\_ Арымбеков Б.С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 ж.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

Обучавшемуся: Макимов Рысқұлбек Төребекұлы

Тема: «Технологический процесс механической обработки вала в среде CAD/CAM. Годовая программа выпуска 5 000 штук»

*Приказом Ректора Университета №762-б от «27» января 2020 г.*

Срок сдачи законченной работы «20» апреля 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе: технологический процесс механической обработки вала в среде CAD/CAM. Годовая программа выпуска 5 000 штук

Краткое содержание дипломной работы:

*а) Исходные данные*

*б) Технологический раздел*

*в) Автоматизированное проектирование технологии изготовления детали*

*г) Разработка управляющей программы.*

Рекомендуемая основная литература: из 5 наименований

## ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Обзор литературы Общая часть		
Расчетная часть Графическая часть		
Оформление по СТП Нормоконтроль		

### Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты И.О.Ф. (уч. степень звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль	PhD, тьютор		

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Жанкелді Ә. Ж.

Задание принял к исполнению обучающийся \_\_\_\_\_ Макимов Р.Т.

Дата «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

## АҢДАТПА

Біліктер қызметтік мақсаты, конструктивтік нысаны, көлемі мен материалы бойынша өте әртүрлі. Осыған қарамастан, білікті дайындаудың технологиялық процесін әзірлеу кезінде технологқа көптеген бір типті міндеттерді шешуге тура келеді, сондықтан жүргізілген жіктеу негізінде құрылған типтік процестерді пайдалану орынды.

Жалпы машина жасауда сатысыз және сатылы, тұтас және қуыс, тегіс және шлицті біліктер, тістегеріш біліктер, сондай-ақ жоғарыда келтірілген топтардан әртүрлі үйлесімде құрама біліктер кездеседі. Геометриялық осьтің нысаны бойынша біліктер тік, иінді, қисық және эксцентрик (жұдырық) болуы мүмкін.

Машина жасауда, соның ішінде станок жасауда да кең тарағаны орташа өлшемдегі түрлі сатылы біліктер алды, олардың арасында тегіс біліктер басым. Энимстың деректері бойынша, Машина жасаудағы сатылы біліктердің типтік өлшемдерінің жалпы санының 85% - дан астамын ұзындығы 150-1000 ММ біліктер құрайды.

## АННОТАЦИЯ

Валы весьма различны по служебному назначению, конструктивной форме, размерам и материалу. Несмотря на это, технологу при разработке технологического процесса изготовления валов приходится решать многие однотипные задачи, поэтому целесообразно пользоваться типовыми процессами, которые созданы на основе проведенной классификации. В общем машиностроении встречаются валы бесступенчатые и ступенчатые, цельные и пустотелые, гладкие и шлицевые, валы-шестерни, а также комбинированные валы в разнообразном сочетании из приведенных выше групп. По форме геометрической оси валы могут быть прямыми, коленчатыми, кривошипными и эксцентриковыми (кулачковыми).

Наибольшее распространение в машиностроении, в том числе и станкостроении, получили различные ступенчатые валы средних размеров, среди которых преобладают гладкие валы. По данным ЭНИМСа, свыше 85% от общего количества типоразмеров ступенчатых валов в машиностроении составляют валы длиной 150—1000 мм.

## ANNOTATION

Shafts are very different in function, design, size and material. Despite this, the technologist in the development of the technological process of manufacturing shafts has to solve many similar problems, so it is advisable to use standard processes that are created on the basis of the classification.

In General engineering, there are stepless and stepped shafts, solid and hollow, smooth and spline, gear shafts, and combined shafts in a variety of combinations from the above groups. According to the shape of the geometric axis, the shafts can be straight, crankshafts, cranks, and eccentric (Cam).

The most widespread in mechanical engineering, including machine tool construction, are various medium-sized stepped shafts, among which smooth shafts predominate. According to Enimsa, more than 85% of the total number of standard sizes of step shafts in mechanical engineering are shafts with a length of 150-1000 mm.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	9
1 Исходные данные	10
1.1 Общие сведения о технологии обработки ступенчатого вала	10
1.2 Чертёж детали	14
2. Технологический раздел	16
2.1 Метод получения заготовки	16
2.2 Автоматизированное проектирование конструкции	17
2.2.1 Характеристика возможностей современных САД систем	17
2.2.2 Система для построения чертежа и конструкции	17
2.3 Проектирование технологических операций	18
2.3.1 Технологический процесс изготовления ступенчатого вала	18
3 Автоматизированное проектирование технологии изготовления детали	21
3.1 Характеристика возможностей САРР системы	21
3.2 Разработка технологического процесса изготовления детали в системе ТехноПро	21
4 Разработка управляющей программы	25
4.1 Разработка управляющей программы для станка с ЧПУ 16К20Ф3С32.	25
4.2 Разработка управляющей программы в системе «Спрут-САМ».	25
Заключение	28
Список используемых источников	30



## ВВЕДЕНИЕ

CAD/CAM - системы занимают особое положение среди других приложений, поскольку представляют индустриальные технологии, непосредственно направленные в наиболее важные области материального производства. В настоящее время общепризнанным фактом является невозможность изготовления сложной наукоемкой продукции (кораблей, самолетов, танков, различных видов промышленного оборудования и др.) без применения CAD/CAM-систем. За последние годы CAD/CAM-системы прошли путь от сравнительно простых чертежных приложений до интегрированных программных комплексов, обеспечивающих единую поддержку всего цикла разработки, начиная от эскизного проектирования и заканчивая технологической подготовкой производства, испытаниями и сопровождением. Современные CAD/CAM/CAE-системы не только дают возможность сократить срок внедрения новых изделий, но и оказывают существенное влияние на технологию производства, позволяя повысить качество и надежность выпускаемой продукции (повышая, тем самым, ее конкурентоспособность). В частности, путем компьютерного моделирования сложных изделий проектировщик может зафиксировать нестыковку и экономит на стоимости изготовления физического прототипа. Даже для такого относительно несложного изделия, как телефон, стоимость прототипа может составлять несколько тысяч долларов, создание модели двигателя обойдется в полмиллиона долларов, а полномасштабный прототип самолета будет стоить уже десятки миллионов долларов.

Целью данного дипломного проекта является автоматизированное проектирование конструкции и технологического процесса изготовления вала в среде SprutCAM 2007 и ТехноПро5+.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. создать модель вала, определить необходимые параметры производства детали;
2. разработать технологию изготовления детали в среде ТехноПро5+, сформировать технологическую документацию;
3. разработать управляющую программу для токарной обработки вала на станке с ЧПУ в среде SprutCAM2007.

## **1 Исходные данные**

### **1.1 Общие сведения о технологии обработки ступенчатого вала.**

Валы предназначены для передачи крутящих моментов и монтажа на них различных деталей и механизмов. Конструктивно ступенчатые валы подразделяют на гладкие, фланцевые и валы-шестерни. В общем случае они представляют собой сочетание гладких посадочных и непосадочных, шлицевых, шпоночных, резьбовых и переходных поверхностей. Для уменьшения массы валов их часто выполняют пустотелыми. Если отношение длины вала к среднему диаметру  $L/D < 12$ , вал считают жестким, при  $L/D > 12$  вал является нежестким.

Технические требования, предъявляемые к валам, характеризуются следующими данными. Диаметральные размеры посадочных шеек выполняют по IT1, IT6, реже по IT5, других шеек по IT10, IT11, допуски на длину ступеней вала назначают в пределах 0,1... 0,4 мм. Допуски формы - отклонения от круглости, цилиндрности и прямолинейности - обычно составляют часть допуска  $T_i$  на выполняемый диаметральный размер (для тел вращения, например, до  $0,3T_i$ ). Допуски расположения - отклонения от параллельности шпоночных канавок или шлицевых поверхностей относительно оси - не превышают 0,1 мкм на 1 мм длины, отклонения от перпендикулярности для опорных заплечиков под подшипники и привалочных фланцевых поверхностей валов выполняют с точностью  $< 0,1$  мкм, соосность поверхностей в пределах 0,01... 0,03 мм. Неравномерность шага шлицевых поверхностей, их смещение относительно оси должно быть не более 0,02 мм. Допускаемые биения посадочных шеек относительно базовых поверхностей не должны превышать 0,01... 0,03 мм, а непосадочных 0,05 ... 0,10 мм. Шероховатость поверхности посадочных шеек  $R_a = 0,08 \dots 0,63$  мкм, непосадочных  $R_a = 3,2 \dots 10$  мкм. Валы, работающие с высокой частотой вращения, подвергают динамической балансировке, их дисбаланс не должен превышать 12 ... 40 г-мм. Ступенчатые валы изготавливают из сталей 25, 35, 40, 45, 35X, 40X, 40XH, 45XHM, 38X2ЮА, 38X2МЮА и других, подвергаемых для повышения износостойкости и физико-механических свойств материала различным видам термической обработки. Валы из малоуглеродистой стали 25 цементируют на глубину 0,7... 1,2мм, обеспечивая твердость после закалки и отпуска в пределах HRCэ 55 ... 58. Среднеуглеродистые стали подвергают улучшению, нормализации или поверхностной закалке. Валы из высоколегированных сталей 38X2ЮА, 38X2МЮА, работающие при высоких скоростях скольжения, азотируют на глубину 0,3 ... 0,4 мм, обеспечивая твердость HV 1000.

Заготовки для ступенчатых валов в серийном производстве при небольших перепадах диаметров ступеней получают резкой из горячекатаного проката. При значительных перепадах диаметров ступеней заготовки валов изготавливают ковкой на молотах или прессах. В крупносерийном и массовом производствах заготовки ступенчатых валов изготавливают штамповкой из проката, высадкой на горизонтально-ковочных машинах, обжатием на радиально-ковочных машинах, поперечно-клиновой прокаткой. Эти методы (кроме последнего) обеспечивают коэффициент использования материала  $K_{и.м} \approx 0,7$ . При поперечно-клиновой прокатке  $K_{и.м} = 0,85$  и выше. Типовой ТП изготовления заготовок состоит из следующих операций: отрезания заготовки из проката, нагревания заготовки до температурыковки, непосредственного формоизменения, удаления заусенцев или облоя, термической обработки, правки заготовки. После пластического деформирования заготовку подвергают термической обработке с целью снятия остаточных напряжений и обеспечения необходимой структуры металла.

Конструкция вала, его размеры и жесткость, технические требования, программа выпуска - основные факторы, определяющие технологию изготовления и применяемое оборудование.

При обработке заготовок валов в качестве технологических баз используют центровые отверстия, которые позволяют обрабатывать почти все наружные поверхности вала на единых базах с установкой в центрах. Жесткие требования на линейные размеры обеспечивают применением плавающего переднего центра и базированием заготовки по торцу, от которого выдерживают размеры при токарной обработке и шлифовании заплечиков. Это исключает влияние погрешности зацентровки вала на точность линейных размеров.

Маршрут обработки заготовок в центрах включает обычно следующие операции: создание базовых поверхностей; черновое обтачивание; чистовое обтачивание; черновое шлифование шеек; фрезерование шлицев; фрезерование шпоночных пазов; сверление отверстий; нарезание резьб; термическая обработка; зачистка центров; шлифование шлицев; окончательное шлифование шеек; микрофиниширование шеек вала; контроль размеров. Для обеспечения заданной точности в маршруте необходимо соблюдать принцип постоянства баз при обработке практически всех ответственных поверхностей: посадочных шеек, торцевых заплечиков, боковых поверхностей шпоночных пазов и шлицев, а также обеспечивать соосность шеек и внутренних поверхностей. Точность обработки после каждого перехода повышается, число переходов для

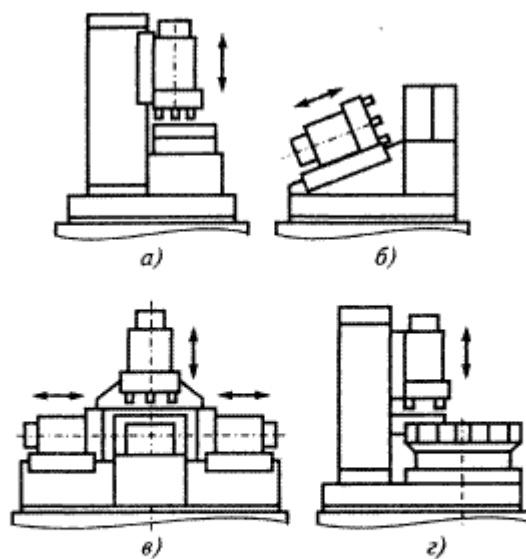
каждой элементарной поверхности зависит от точности исходной заготовки и технических требований на деталь.

Обработку заготовок нежестких валов ведут с использованием в схеме установки дополнительных опор: неподвижных и подвижных люнетов. Для применения неподвижного люнета в маршрут изготовления такого вала включают дополнительные операции обработки шейки под люнет (а в ряде случаев и контрольных поясков, используемых при выверке заготовок на станке). Такую шейку выполняют на середине заготовки, а неподвижный люнет устанавливают на станине станка. Подвижный люнет располагают на суппорте токарного станка, выполняющем подачу: при этом опорные ролики люнета контактируют с обрабатываемой поверхностью. Кроме того, если допускают технические требования, маршрут изготовления нежестких валов дополняют операциями правки. На стадии выполнения операций обработки стараются уменьшить силы резания, уменьшая глубину резания и подачу инструмента, а также изменяя у резцов главный угол в плане. Ступенчатые валы изготавливают различными сериями, используя для этого разные структурные схемы операций и оборудование, однако общая последовательность операций остается одинаковой для любого типа производства.

В серийном производстве при отсутствии специального оборудования базовые поверхности валов обрабатывают на токарном станке за два установки. Заготовку закрепляют в патроне, подрезают торец, центровым сверлом обрабатывают отверстия. После перезакрепления переход повторяют. Смена баз и перезакрепление заготовки приводят к погрешности расположения осей центровых отверстий относительно оси, из-за которой в процессе обработки заготовка будет базироваться по кромкам конических поверхностей, вызывая их смятие и погрешности формы. Создание базовых поверхностей таким способом характерно для заготовок валов, осей, торсионов и требует с целью повышения точности обработки введения в процесс дополнительных операций правки и восстановления базовых поверхностей. Центровые отверстия по большому диаметру  $D$  конуса (рис. 1, а, б) обрабатывают с допуском  $TD = 0,2 \dots 0,5$  мм, что вызывает изменение глубины центрального отверстия на  $0,17 \dots 0,43$  мм. Такое изменение глубины при отсутствии опорной торцевой базы приведет к погрешности линейных размеров.

В крупносерийном и массовом производствах для обработки базовых поверхностей применяют фрезерно-центровальные полуавтоматы МР-71, ..., МР-74, автоматы А981 и А982. Для обработки заготовку устанавливают в призмы, в осевом положении базируют по торцевой поверхности,

расположенной предпочтительно посередине вала с целью равномерного распределения припуска по торцам.



Примеры компоновок агрегатных станков:

- a* – вертикальный односторонний однопозиционный;
- б* – наклонный однопозиционный,
- в* – четырехсторонний однопозиционный смешанной компоновки,
- г* – вертикальный

Рисунок 1.1 – Агрегатные станки

На первой позиции торцевой фрезой обрабатывают торцы, на второй - центровые отверстия. Для обеспечения шероховатости конической поверхности с параметром  $Ra = 2,5$  мкм центральному сверлу обеспечивают подачу  $0,05 \dots 0,06$  мм/об. Соосность осей самоцентрирующих призм и шпинделей станка обеспечивает минимальную погрешность зацентровки. В последнее время в крупносерийном и массовом производствах применяют однопозиционные станки, оснащенные торцеподрезным инструментом (рис. 1.1, г). Такая конструкция инструмента обеспечивает идентичность глубины центровых отверстий (размер  $l$ ) и соответственно стабильность точности обработки линейных размеров. Инструмент работает со скоростью резания  $\sim 70$  м/мин для пластин и  $\sim 20$  м/мин для сверл.



Рисунок 1 .2 - Токарный станок с ЧПУ, модели 16K20Ф3

Токарную обработку валов в серийном производстве выполняют на станках с ЧПУ моделей 16K20Ф3, 16K20Т1.02, 1716ПФ30 и других, работающих по полуавтоматическому циклу. Оснащенные 6 - и 8 – позиционными инструментальными головками с горизонтальной осью поворота или с магазином эти станки применяют для обработки заготовок со сложным ступенчатым и криволинейным профилем, включая нарезание резьб. Наличие в головке нескольких инструментов позволяет вести многопереходную обработку поверхностей, обеспечивая устойчиво качество точности IT10 и выше. Схема обтачивания вала на станке с ЧПУ приведена на рис 1.2.

Время обработки на станках с ЧПУ по сравнению со станками с ручным управлением сокращается в 1,5... 2 раза за счет сокращения вспомогательного времени и интенсификации режимов резания.

В крупносерийном производстве обработку валов ведут на многорезцовых или гидрокопировальных полуавтоматах. Точность обработки на многорезцовом полуавтомате в значительной степени зависит от положения резцов в наладке. Неодновременное начало и окончание их работы вызывает изменение отжаты технологической системы, что приводит к возникновению погрешности формы обрабатываемых поверхностей. В общем случае точность обработки достигает IT10, IT11, а точность линейных размеров, их стабильность выше, чем на обычных станках. Более эффективно многорезцовые полуавтоматы применяют при тонком обтачивании, обеспечивая точность IT9. Время наладки и подналадки гидрокопировальных станков в 2... 3 раза меньше времени наладки многорезцовых станков и составляет в среднем 30 мин. Точность обработки на гидрокопировальных станках соответствует IT10.

## 1.2 Чертёж детали

Для создания чертежа детали использовалась система КОМПАС – 3D V12. Чертёж представлен на рисунке 1.3.

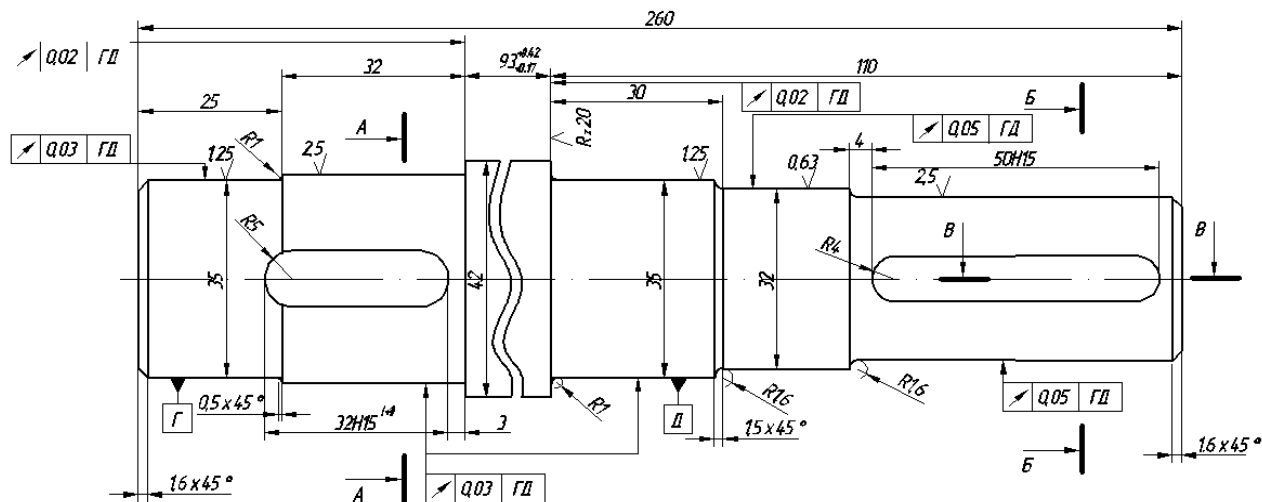


Рисунок 1.3 – Чертёж детали

Подробный чертёж отображён в Приложении А.

Характеристики детали:

Материал – Сталь 40Х, ГОСТ 4543-71

Масса – 2,09 кг.

Программа выпуска

Программа выпуска изделия 5000 штук в год.

Тип производства деталей – серийный. Характеризуется одновременным изготовлением на предприятии сравнительно широкой номенклатуры однородной продукции, выпуск которой повторяется в течение продолжительного времени. Наибольшее распространение имеет в машиностроении и металлообработке.

Серийное производство является основным типом современного производства и предприятиями этого типа выпускается в настоящее время 75-80% всей продукции машиностроительной продукции.

## 2 Технологический раздел

### 2.1 Метод получения заготовки

Поскольку выбор метода получения заготовки определяется следующими факторами:

- а) технологическими свойствами материалов, его пластичностью;
- б) конструктивными формами и размерами детали;
- в) требуемой точностью размеров и качеством ее поверхности (шероховатость, остаточные напряжения и т.д.);
- г) величиной программного задания, то есть объемом продукции или типом производства;
- д) производственными возможностями оборудования;
- е) временем, затрачиваемым на подготовку производства (изготовление моделей, штампов, пресс-форм и т.д.);
- ж) гибкостью производства, то есть возможностью быстрой переналадки оборудования и оснастки в условиях автоматизированного производства, - то для изготовления требуемой заготовки был выбран метод литья.

Литье металлов - это процесс получения металлических изделий способом заливки (литья) расплавленного горячего металла в специальную форму. Такая форма, из которой родится будущая «отливка» (так называют полученное при литье металлов металлическое изделие), получила название «литейной формы». Рабочая часть литейной формы представляет собой полость, в которой металл при литье, охлаждаясь, затвердевает и получает вид конечного изделия. Чаще всего используется метод статической заливки, когда осуществляется заливка металла в неподвижную литейную форму. Чертеж заготовки представлен на рисунке 2.1.

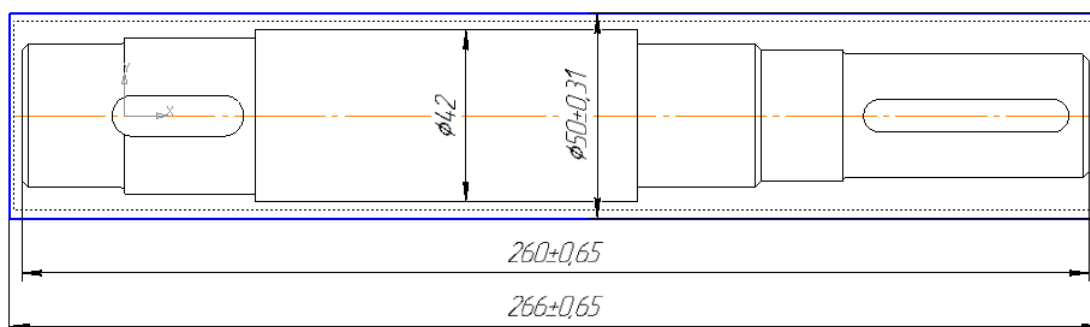


Рисунок 2.1 – Чертеж заготовки



## **2.2 Автоматизированное проектирование конструкции**

### **2.2.1 Характеристика возможностей современных CAD систем**

На сегодняшний день существуют различные CAD пакеты. К CAD пакетам, которые используют для построения твердотельной модели, можно отнести: «SolidWorks», «AutoCAD», «Unigraphics», «Inventor», КОМПАС – 3D V12.

Основными особенностями большинства вышеперечисленных CAD пакетов являются:

- твердотельное и поверхностное параметрическое моделирование;
- полная ассоциативность между деталями, сборками и чертежами;
- богатый интерфейс импорта/экспорта геометрии;
- экспресс-анализ прочности деталей и кинематики механизмов;
- специальные средства по работе с большими сборками;
- простота в освоении и высокая функциональность;
- гибкость и масштабируемость;
- 100% соблюдение требований ЕСКД при оформлении чертежей;
- русскоязычный пользовательский интерфейс и документация.

### **2.2.2 Система для построения чертежа и конструкции**

Из всех представленных выше программных пакетов был выбран КОМПАС – 3D V12 – продукт компании ЗАО АСКОН. Так как он сочетает очень продуманный САД-пакет с простым и понятным интерфейсом.

Система позволяет реализовать классический процесс трехмерного параметрического проектирования — от идеи к ассоциативной объемной модели, от модели к конструкторской документации.

Основные компоненты «КОМПАС-3D» — собственно система трехмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования КОМПАС-График и модуль проектирования спецификаций.

Система «КОМПАС-3D» предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Ключевой особенностью «КОМПАС-3D» является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН.

Трёхмерная модель детали представлена на рисунке 2.2.

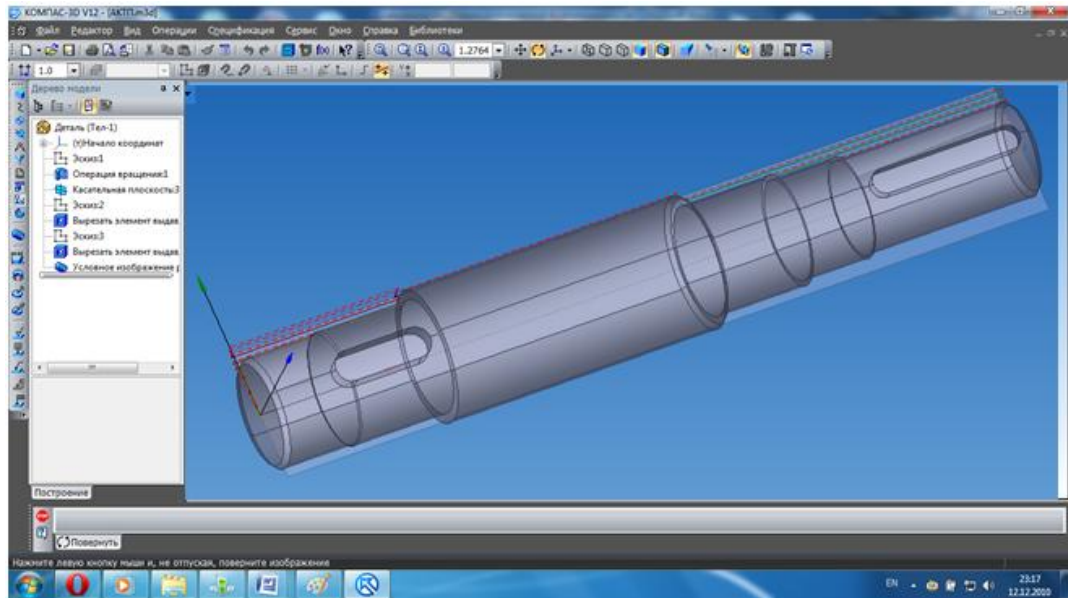


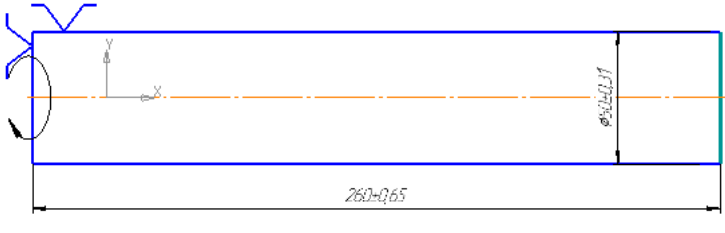
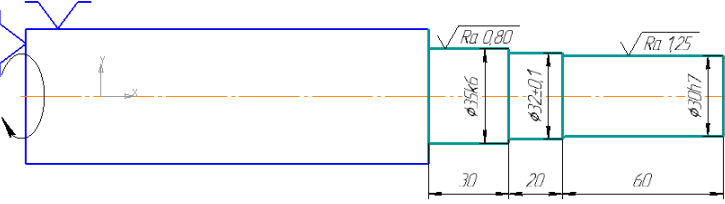
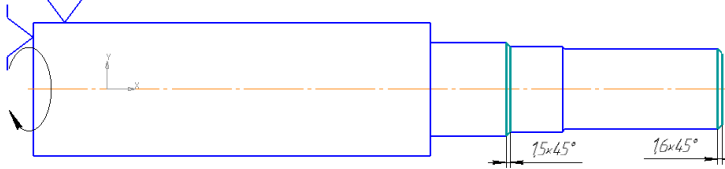
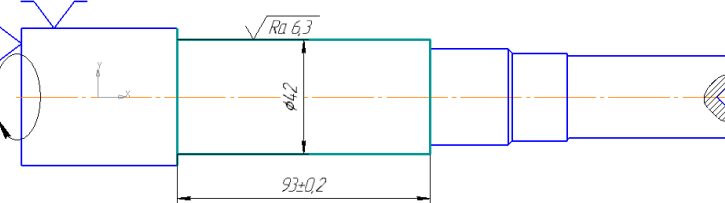
Рисунок 2.2 – 3D модель детали

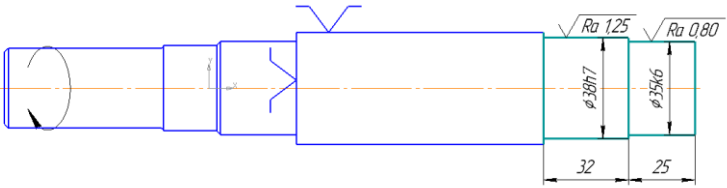
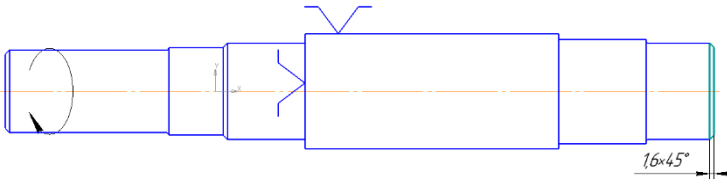
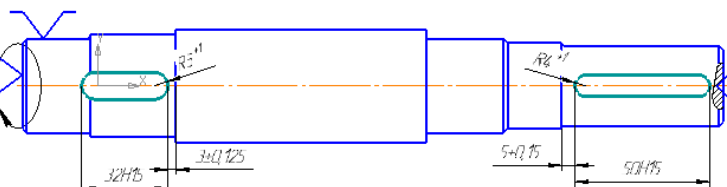
## 2.3 Проектирование технологических операций

### 2.3.1 Технологический процесс изготовления ступенчатого вала

Таблица 2.1. Вал ступенчатый

	<p>005 Получение заготовки</p>
	<p>010 Токарная</p> <p>Приспасабливаем заготовку на трех кулочковый патрон.</p> <p>диаметр База: наружный диаметр.</p> <p>Обработка торца по размерам.</p>

	<p>015 Токарная</p> <p>Приспосабливаем заготовку на трех кулочковый патрон.</p> <p>диаметр База: наружный диаметр и торец</p> <p>Обработка торца по размерам</p>
	<p>020 Токарная</p> <p>Приспосабливаем заготовку на трех кулочковый патрон.</p> <p>диаметр База: наружный диаметр и торец</p> <p>Обработка цилиндрических поверхностей по размерам</p>
	<p>025 Токарная</p> <p>Приспосабливаем заготовку на трех кулочковый патрон.</p> <p>диаметр База: наружный диаметр и торец</p>
	<p>030 Токарная</p> <p>Приспосабливаем заготовку на трех кулочковый патрон и центр.</p> <p>диаметр База: наружный диаметр и торец</p> <p>Обработка цилиндрических поверхностей по размерам.</p>

	<p><b>035 Токарная</b></p> <p>Приспосабливаем заготовку на трех кулочковый патрон.</p> <p>диаметр База: наружный диаметр и торец</p> <p>Обработка цилиндрических поверхностей по размерам.</p>
	<p><b>040 Токарная</b></p> <p>Приспосабливаем заготовку на трех кулочковый патрон.</p> <p>диаметр База: наружный диаметр и торец</p> <p>Обработываем фаску</p>
	<p><b>040 Фрезерная</b></p> <p>Приспосабливаем заготовку на трех кулочковый патрон и центр пяти координатного ЧПУ счтанка.</p> <p>диаметр База: наружный диаметр и торец.</p> <p>Фрезеруем шпоночные пазы по размерам</p>

### **3 Автоматизированное проектирование технологии изготовления детали**

#### **3.1 Характеристика возможностей САРР системы**

В качестве САРР системы в рамках дипломной работы была использована система ТехноПро5+.

Система ТехноПро предназначена для проектирования техпроцесса в электронном виде: операционных, маршрутно-операционных и маршрутных технологических процессов (ТП), включая формирование маршрута, операций и переходов, с выбором оборудования, приспособлений, подбором инструментов, формированием текстов переходов, расчетом технологических размерных цепей, режимов обработки и норм изготовления.

ТехноПро позволяет:

- а) назначать операции;
- б) подбирать необходимое оборудование, оснастку и т.д.;
- в) назначать переходы, для которых назначать инструмент, приспособления, рассчитывать режимы резания;
- г) формировать технологическую документацию;
- д) использовать базы данных типовых элементов, оборудования, операция и переходов;
- е) параметризовать технологический процесс;
- ж) назначать условия, оптимизирующие разработку техпроцесса.

#### **3.2 Разработка технологического процесса изготовления детали в системе ТехноПро**

Все поверхности, где указана точность, должны обрабатываться: валы (h) по 14 качеству, отверстия(H) по 14 качеству, допуск на все остальные поверхности  $\pm IT14/2$ .

Для получения детали «вал» необходимы следующие операции:

- токарная
- сверлильная
- фрезерная.

Необходимо выполнить следующее:

Токарная обработка:

- Установить заготовку в трехкулачковом патроне с поджатием задней бабкой;
- Подрезание торца;
- Точить поверхность до диаметра 30 мм на длине 58 мм;
- Точить поверхность до диаметра 32 мм на длине 20 мм;

- Точить поверхность до диаметра 35 мм на длине 29 мм;
- Точить поверхность до диаметра 42 мм на длине 93 мм;
- Точить поверхность до диаметра 36 мм на длине 32 мм;
- Сверлить отверстие диаметром 6 мм на глубину 24 мм;
- Нарезать резьбу М8-7Н на длине 20 мм;
- Расточить фаску в размер 1,6 x 45 град. на диаметре 30 мм;
- Расточить фаску радиусом 1,6мм на диаметре 32 мм;
- Расточить фаску радиусом 1,6мм на диаметре 35 мм;
- Расточить фаску радиусом 1мм на диаметре 42 мм;

Переустановить и закрепить;

- Точить поверхность до диаметра 35 мм на длине 25 мм;
- Расточить фаску радиусом 1мм на диаметре 42 мм;
- Подрезание торца;
- Расточить фаску в размер 1,6 x 45 град. на диаметре 35 мм.

Фрезерная обработка:

- Закрепить по внутреннему отверстию;
- Фрезеровать паз шириной 8 мм, высотой 4 мм, на длине 50мм;
- Фрезеровать паз шириной 10 мм, высотой 5 мм, на длине 32мм.

Оборудование: токарно-револьверный станок, концевая фреза.

Разработка технологического процесса изготовления вала в системе ТехноПро начинается с выбора пункта Конкретные Тех. Процессы основного меню программы. Далее создаём новую деталь «Вал» и заносим в базу системы соответствующие данные (обозначение детали, наименование, материал, заготовка и др.) в соответствии с рисунком 3.1.

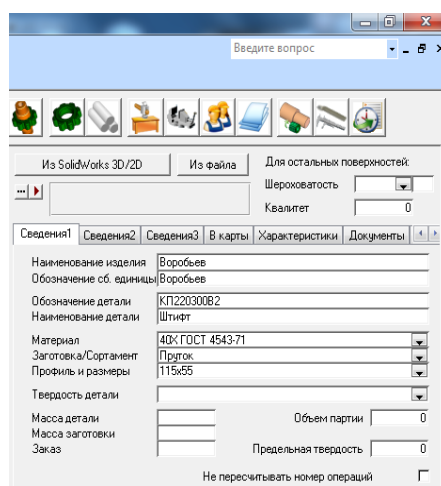


Рисунок 3.1 – Создание детали

Следующим шагом следует сформировать операции и назначить для каждой операции оборудование, приспособление и вспомогательный материал в соответствии с рисунком 3.2.

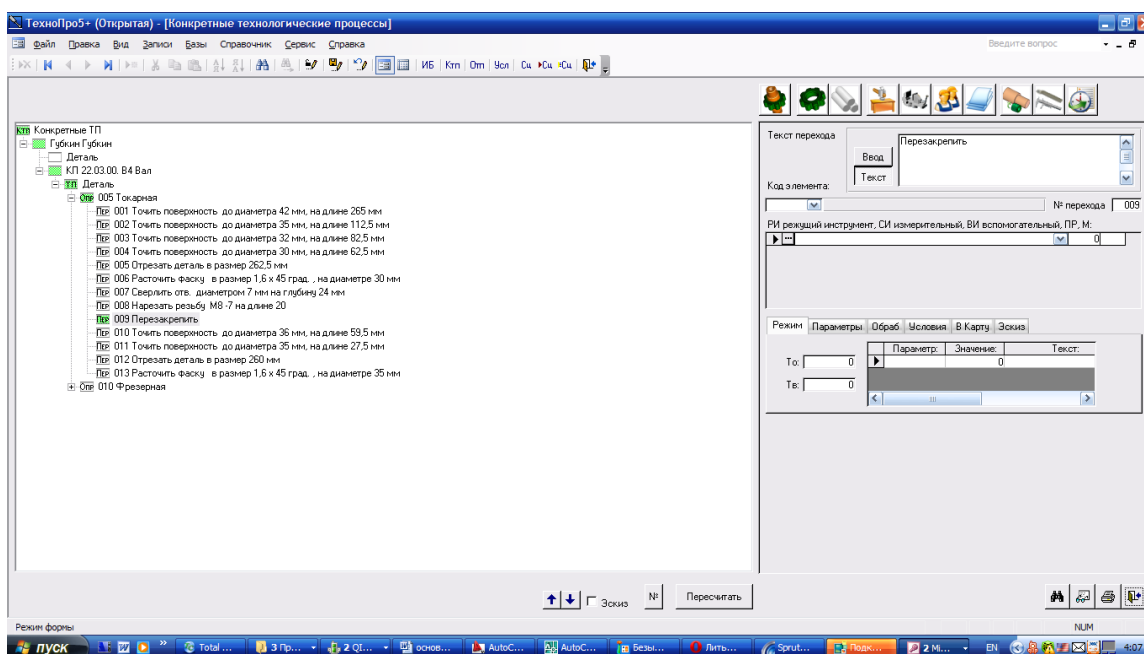


Рисунок 3.2 – Формирование операций

Далее можно приступать к созданию технологических переходов в каждой операции. Система даёт возможность выбрать инструмент и необходимые параметры из уже имеющейся базы. Также для каждого перехода следует задать режимы резания, такие как глубина резания, количество проходов, подача, частота вращения шпинделя. Показано на рисунке 3.3.

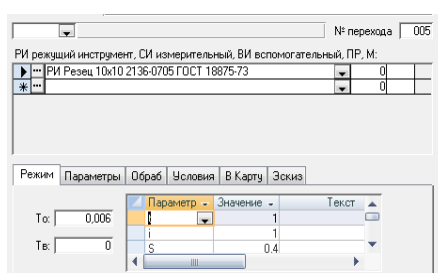


Рисунок 3.3 – Режимы резания

Преимуществом системы естественно является её автоматизация расчётов. Так для расчётов скорости резания и времени, необходимого для каждой операции, существует база условий и расчётов. После ввода условий, система рассчитает все требуемые значения параметров и будет их использовать для дальнейшей работы с деталью, а так же выдаст их в технической документации. Показано на рисунке 3.4.

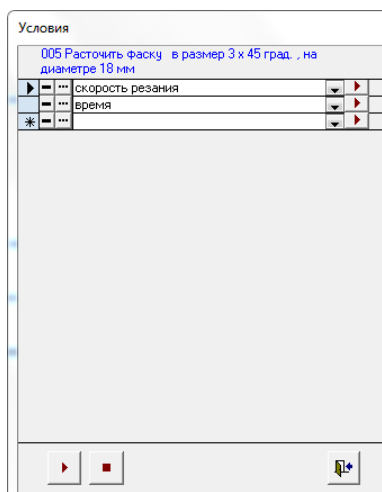


Рисунок 3.4 – Расчёт скорости резания и времени

Завершающим этапом необходимо прикрепить возможные эскизы к операциям для наглядного отображения частей детали и сформировать технологическую документацию, как показано на рисунке 3.5.

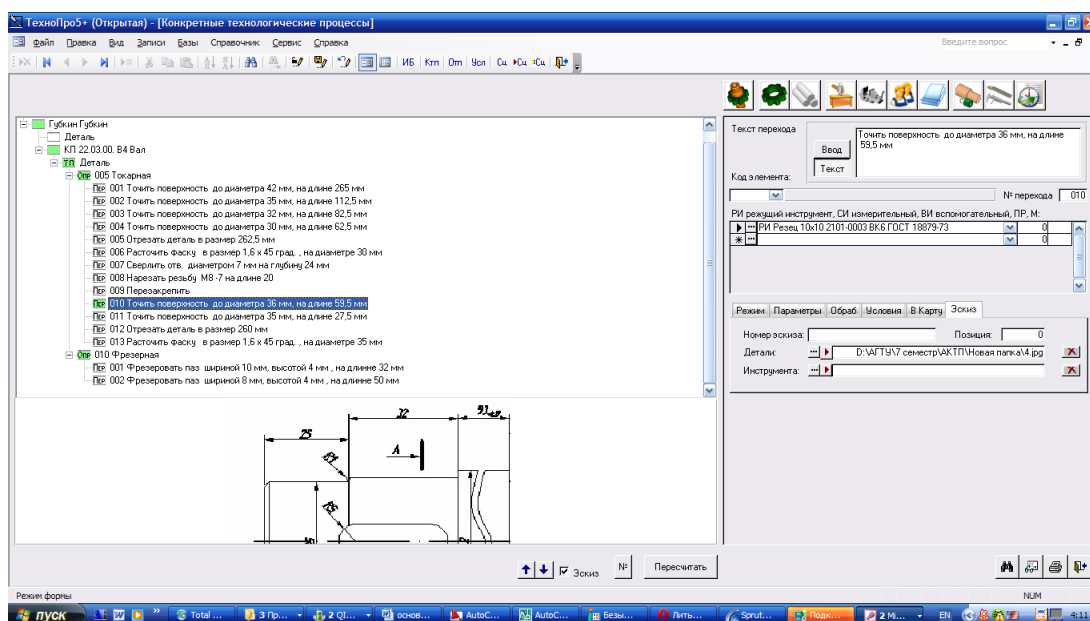


Рисунок 3.5 – Добавления эскизов к операциям

Графическое представление проектирования технологического процесса в системе ТехноПро полностью представлено в Приложении Б.

Сформированная технологическая документация в полном объёме содержится в Приложении В.



## 4 Разработка управляющей программы

### 4.1 Разработка управляющей программы для станка с ЧПУ 16K20Ф3С32

Управление ЧПУ предусматривает возможность ввода в память программ на обработку деталей с пульта управления или с носителей, таких как магнитная лента, картридж.

Схема написания программ состоит из кадров. В начале программы стоит номер кадра N (N001, N002 ...). Каждый кадр состоит из переменного числа слов, причем любое слово может отсутствовать. Каждое слово состоит из буквы, называемой адресом, и следующей за ней группы цифр. Адрес E (быстрый ход) не имеет числовых параметров. Нули в старших разрядах группы цифр значения не имеют. Порядок слов в кадре произвольный. В одном кадре недопустимо программирование двух слов с одинаковым адресом.

В первом кадре как правило задается номер инструмента, величина подачи, число оборотов в минуту шпинделя. Например:

N 001 F0,12 S 2 200 T01, где:

F0,12 – величина подачи рабочего органа задается по адресу F в миллиметрах на один оборот (мм/об). В цикле нарезания резьбы адресу F задается шаг резьбы. Подача действует на обе оси одновременно.

S 2 200 – число оборотов шпинделя задается по адресу S. Например, S 2–250 – минус означает вращение шпинделя по часовой стрелке (если минус отсутствует, то вращение против часовой стрелки);

250 – число оборотов шпинделя в минуту;

2 – диапазон числа оборотов шпинделя.

Диапазон регулирования числа оборотов шпинделя устанавливается механически с помощью рукоятки на передней (шпиндельной) бабке станка.

T01 – номер инструмента задается по адресу T. Количество инструментов – 10.

Во втором кадре обычно задается точка подхода режущего инструмента к обрабатываемой заготовке.

Обработка цилиндрических поверхностей программируется изменением координаты Z в абсолютных значениях или в приращениях на длину цилиндрической поверхности.

Существуют так же вспомогательные функции, которые задаются по адресу M. Так например M02 означает конец программы, M17 – Конец описания детали для циклов L8, L9, L10.

### 4.2 Разработка управляющей программы в системе «Спрут-САМ»

SprutCAM — программное обеспечение для разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ. Это единственная российская САМ-система, и одна из немногих среди зарубежных, поддерживающая разработку УП для многокоординатного, электроэрозионного и токарно-фрезерного

оборудования с учетом полной кинематической 3D-модели всех узлов в том числе.

SprutCAM позволяет создавать 3D-схемы станков и всех его узлов и производить предварительную виртуальную обработку с контролем кинематики и 100 % достоверностью, что позволяет наглядно программировать сложное многокоординатное оборудование. Сейчас для свободного использования доступны более 45 схем различных типов станков.

Для создания управляющей программы в SprutCAM нужно импортировать трехмерную модель созданную средствами моделирования КОМПАС – 3 D в соответствии с рисунком 4.1.

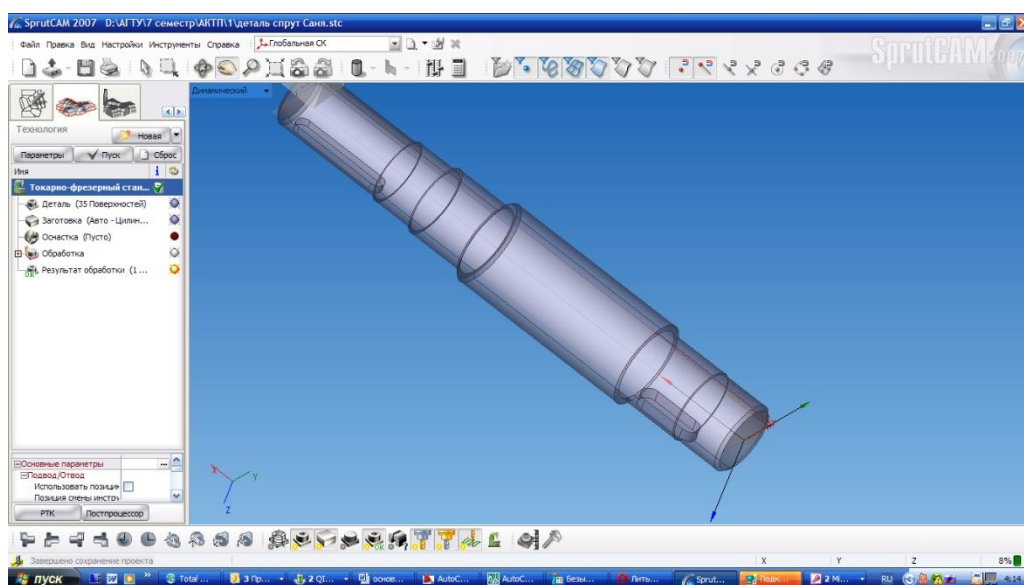


Рисунок 4.1 – импорт 3D модели

Далее назначить операции: токарное сверление, черновая токарная, чистовая токарная и обработка торца в соответствии с рисунком 4.2.

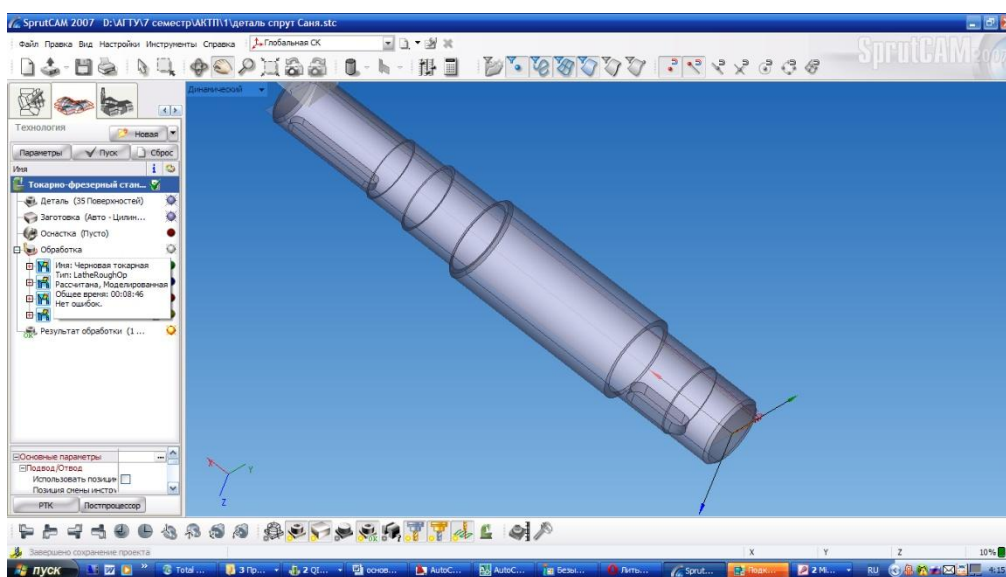


Рисунок 4.2 – Назначение операций

После чего можно сгенерировать текст управляющей программы, нажав на кнопку «Постпроцессор» во вкладке Технология, как показано на рисунке 4.3.

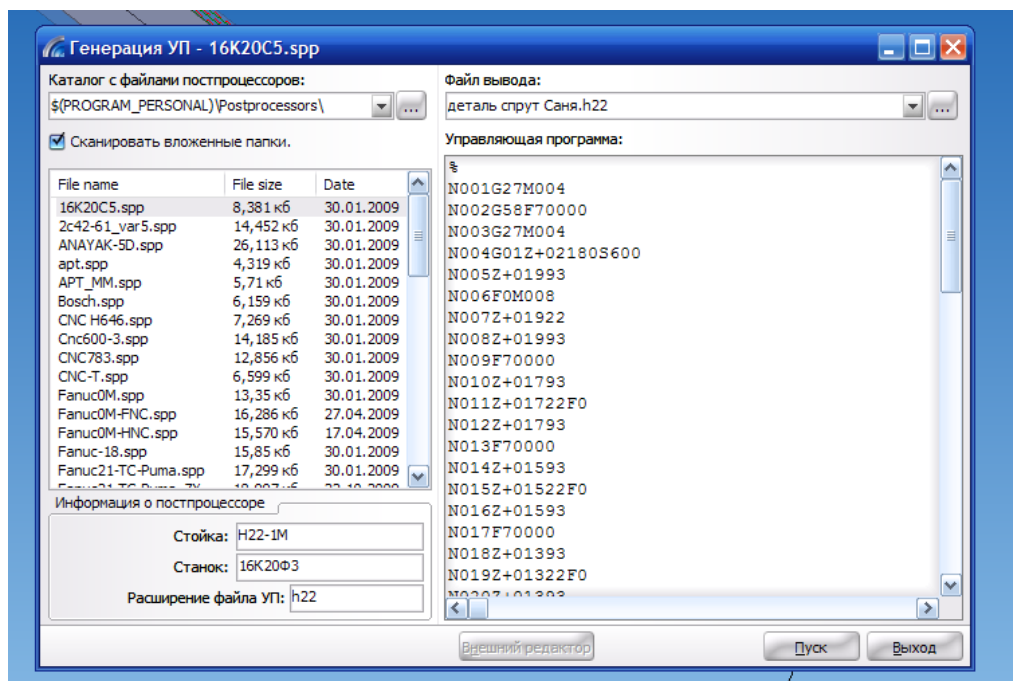


Рисунок 4.3 – генерация текста управляющей программы

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломного проекта были выполнены чертежи заготовки и самого вала при помощи системы КОМПАС – 3D V12, а так же при её помощи была построена трёхмерная модель детали для вычисления необходимых характеристик. Исходя из условий задачи, были выбраны способы получения заготовки и тип производства. Автоматически был сформирован технологический процесс изготовления детали в среде ТехноПро5+. Сгенерирована технологическая документация, содержащая все переходы и значения параметров для изготовления детали. Создана управляющая программа для станков с ЧПУ при помощи модуля SprutCAM2007.

Таким образом, при помощи различных программных средств и инженерных пакетов, была достигнута главная цель дипломного проекта – автоматизация проектирования конструкции и технологического процесса изготовления вала в среде ТехноПро5+ и SprutCAM2007.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений: Учеб. пособие / В.И. Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2006. — 288 с. — (Высшее образование).
- 2 Производство заготовок. Листовая штамповка: Серия учебных пособий из шести книг. Книга 2/ А.С. Килов, К.А. Килов – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 182с.
- 3 Автоматизированное проектирование в системе Sprut: методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Автоматизация конструкторского и технологического проектирования" для студентов специальности 220300/ Р.Г. Соколов – Б.: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 63 с.
- 4 Руководство по системе ТехноПро.
- 5.Руководство по системе SprutCAM.