

Министерство образования и науки РФ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Ярославский государственный технический университет  
Кафедра «Технология машиностроения»

Рекомендовано Советом  
машиностроительного  
факультета

## **КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

По направлению 150900 – «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»  
Методические указания

Ярославль 2010

УДК 621.757

Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / О.Н.Калачев, Ю.А.Легенкин, В.Т.Синицын, Ярослав. гос. техн. ун-т. -Ярославль, 2010. - 45 с.

Представлены общие вопросы организации выполнения курсового проекта, а также его содержание и состав. Изложены общие требования к оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части работы. Подробно описана последовательность выполнения каждого раздела пояснительной записки с указанием литературных источников, откуда можно взять необходимый для выполнения работы материал. Приведены примеры выполнения, реферата, углового чертежного штампа и его заполнения, технологической документации.

Рецензенты: кафедра «Технология машиностроения» ЯГТУ (зав. кафедрой к.т.н., доцент Янчевский Ю. В.); А.М. Трофимов, канд. техн. наук, доцент, заместитель генерального директора по техническому перевооружению производства ОАО «ИФО».

---

Редактор Л.С. Кокина  
План 2009

Подписано в печать 21.06.2010. Формат 60x84 1/16. Бумага белая.

Печать ризограф.

Усл. печ. л. 5,09. Уч.-изд. л. 5,07. Тираж 150. Заказ \_\_\_\_

Ярославский государственный технический университет  
150023, Ярославль, Московский пр., 88

Типография Ярославского государственного технического университета  
150028, Ярославль, ул. Советская, 14а

---

© Ярославский государственный технический университет, 2010

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект выполняется студентами дневного и заочного отделения. Он имеет своей целью: подготовить студентов к самостоятельной разработке и решению технологических задач механической обработки и сборки деталей машин различного функционального назначения, используя знания, полученные ими за предшествующий период обучения по естественнонаучным и специальным дисциплинам. В ходе достижения этой цели ставятся следующие задачи:

- выявить и оценить знания, умения и навыки студентов по различным дисциплинам учебного плана;
- ознакомить студентов с методикой выполнения различных частей курсового проекта и принципами решения производственных задач на базе полученных ими знаний;
- развить у студентов навыки и умения самостоятельной инженерной деятельности, используя литературные, справочные, патентные и руководящие материалы для решения производственных проблем.

К защите допускаются курсовые проекты, подписанные консультантами, руководителем работы и заведующим кафедрой «Технология машиностроения». При защите студент делает доклад на 10-15 минут, который строится по следующей схеме:

- тема курсового проекта и ее актуальность;
- исходные данные к проекту и обоснование путей решения задачи с учетом литературных данных и патентных исследований;
- кратко излагается содержание всех разделов расчетно-пояснительной записки с выделением тех решений, которые предложены лично студентом, с показом иллюстративных материалов, развешиваемых в порядке их упоминания в докладе;
- выводы и практические рекомендации по личному вкладу студента в каждом разделе проекта;
- экономическая эффективность предложенных в проекте решений.

По результатам выполнения проекта и его защиты выставляется общая оценка проекта.

## 2 ТЕМА И ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В соответствии с поставленными задачами темами курсового проектирования могут быть:

1) Проект технологического процесса сборки машины (изделия), узла или механизма и изготовление одной детали из них согласно программы выпуска. Изделие или узел должны быть средней сложности с количеством оригинальных деталей порядка 15-20 штук. Деталь, на которую будет разрабатываться технологический процесс, по возможности должна быть типа корпусной, средней сложности (количество операций порядка 15) и обрабатываться различными методами механической обработки.

Для одной из операций сборки, механообработки или контроля проектируется специальное приспособление. Выбор приспособления согласуется с консультантом. Вместо приспособлений могут разрабатываться различные средства механизации и автоматизации технологического процесса.

В проекте дается экономическое обоснование выбранного варианта технологического процесса.

2) Проект с развитой исследовательской частью предусматривает проектирование технологического процесса сборки изделия (узла) или изготовления детали с исследованием новых технологических процессов (операций), существующих технологических процессов в части их точности и стабильности, качества поверхности деталей, нового оборудования, приспособлений, инструментов, средств механизации и автоматизации, внедрение статистических методов контроля и управления, изыскание путей повышения эффективности действующего производства. Тематика вопросов и объем исследовательской части согласуются с руководителем. Исследования производятся в лабораторных или цеховых условиях.

В отдельных случаях содержание некоторых разделов курсового проекта может быть изменено консультантом с учетом специфики темы и конкретных условий производства.

Ниже более подробно излагается методика курсового проекта первого типа. Исследовательские проекты имеют специфические особенности, и их методика согласовывается с руководителем.

Задание на курсовой проект выдает руководитель. Вместе с заданием студенту выдаются бумажный («синька») сборочный чертеж изделия (узла) и детали или источник (альбом, каталог и т.п.), откуда можно позаимствовать эти чертежи. Электронные версии созданных студентом чертежей в уменьшенном виде приводятся в рас-

четно-пояснительной записке, бумажные оригиналы (распечатки на плоттере) прикладываются к записке.

Рациональной формой является самостоятельная подготовка студентом материалов для курсового проекта во время прохождения производственной практики. Студент подбирает тему проекта, необходимые чертежи изделия (узла) и детали, технические требования, инструкции и другую необходимую документацию. Тема проекта должна быть направлена на решение конкретных задач производства (цеха) с учетом перспективы развития.

В задании указывается годовая программа выпуска, условие работы и краткое содержание проекта. Для проектов, связанных с конкретным производством, программа выпуска должна быть соизмерима с реальными условиями производства (цеха) и учитывать перспективы его развития.

В курсовом проекте решается комплексная задача проектирования и исследования совершенных и экономически эффективных технологических процессов.

При разработке проекта необходимо отражать вопросы комплексной механизации и автоматизации, использовать типовые технологические процессы, возможности группового метода обработки для условий серийного производства, обработку на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) и многооперационных станков, применять быстропереналаживаемую, унифицированную оснастку, вводить поточные методы производства.

В проекте должны быть отражены новейшие достижения отечественной и зарубежной науки и техники, разработка принципиально новых технологических процессов и совершенствование существующих, исследование отдельных этапов технологического процесса в данных производственных условиях, мероприятия по охране труда при технологических разработках.

Принятый технологический процесс должен быть экономически целесообразным и не являться простым повторением действующего на заводе или в цехе технологического процесса.

В ходе выполнения проекта, наряду с «ручными» расчетами, необходимо активно применять компьютерные программные системы, ранее изученные по курсу «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов», а также доступные САПР ТП, используемые на предприятиях.

### 3 СТРУКТУРА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект представляется к защите в виде

- расчетно-пояснительной записки,
- чертежей и плакатов,
- технологической документации (маршрутных и операционных карт механической обработки),
- описаний и результатов автоматизированного решения на персональном компьютере различных задач технологического проектирования.

Расчетно-пояснительная записка имеет следующую структуру с указанным ориентировочным количеством страниц:

<b>ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ</b>	1
<b>ЗАДАНИЕ</b>	1
<b>РЕФЕРАТ</b>	1
<b>СОДЕРЖАНИЕ</b>	2
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	2
<b>РАЗДЕЛ 1 «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»</b>	
<b>1.1 Проектирование технологического процесса сборки</b>	
1.1.1 Служебное назначение и технические требования на сборочную единицу	2
1.1.2 Анализ технологичности конструкции сборочной единицы	1
1.1.3 Разработка схемы сборки и технологического процесса сборки	2
1.1.4 Размерный анализ технологического процесса сборки	2
1.1.5 Механизация и автоматизация сборки	1
<b>1.2 Разработка и модернизация технологического процесса изготовления детали</b>	
1.2.1 Служебное назначение и конструкция детали	1
1.2.2 Анализ технологичности конструкции детали	2
1.2.3 Выбор типа производства	2
1.2.4 Выбор исходной заготовки и метода её получения	2
1.2.5 Анализ базового технологического процесса изготовления детали	5
1.2.6 Обоснование технологических баз	2
1.2.7 Выбор методов обработки	2
1.2.8 Разработка укрупненного маршрута обработки	2

1.2.9	Выбор оборудования и технологической оснастки	5
1.2.10	Расчет припусков и промежуточных технологических размеров	6
1.2.11	Определение режимов резания и норм времени	8
1.2.12	Маршрутная и операционная технологическая документация	5
<b>1.3</b>	<b>Патентные исследования</b>	<b>2</b>
<b>1.4</b>	<b>Технико-экономические расчеты</b>	<b>1</b>
<b>РАЗДЕЛ 2 КОНСТРУИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ</b>		
2.1	Служебное назначение и принцип работы приспособления	2
2.2	Расчет усилия зажима и параметров зажимных механизмов	2
2.3	Расчет приспособления на точность обработки	2
<b>РАЗДЕЛ 3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</b>		
3. 1	Создание в САД-системе чертежа по 3D-модели	2
3. 2	Проектирование операционных эскизов	2
3. 3	Размерный анализ и расчет линейных технологических размеров	5
3. 4	Расчет оптимальных режимов резания	3
3. 5	Формирование МК, ОК и КЭ в среде САПР ТП	3
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>		<b>2</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>		<b>2</b>
Итого страниц (без приложения) 60-70 .		
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>		
Приложение А – Ведомость проекта		1
Приложение Б – Сборочный чертеж и схема сборки		1
Приложение В – Маршрутные карты <i>базового</i> технологического процесса		4
Приложение Г – Операционные карты <i>базового</i> технологического процесса		7
Приложение Д – Копия примененного в работе патента		4
Приложение Е – Спецификация станочного приспособления		1
Приложение Ж – Результаты расчетов по компьютерному проектированию		7

#### 4 ПОЯСНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

**ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ** оформляется на бланках, выдаваемых кафедрой.

**ЗАДАНИЕ** содержит его номер и название курсового проекта, исходные данные для проектирования и сроки выполнения работы.

**РЕФЕРАТ** кратко отражает сущность разработки поставленных в проекте задач и содержит количество страниц, иллюстраций и таблиц в расчетно-пояснительной записке, объем графической части (образец реферата – в Приложении А данных методических указаний).

**СОДЕРЖАНИЕ** указывает точное название всех разделов и подразделов расчетно-пояснительной записки с их нумерацией и номером страницы, с которой они начинаются. Не допускаются переносы, какое-либо сокращение названий и их перефразировка.

**ВВЕДЕНИЕ** кратко обосновывает актуальность и необходимость выполнения курсового проекта.

### ***РАЗДЕЛ 1 «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»***

#### ***1.1 Проектирование технологического процесса сборки***

##### ***1.1.1 Служебное назначение и технические требования на сборочную единицу***

Приводится краткая характеристика служебного назначения сборочной единицы и описание ее работы. Исходя из служебного назначения сборочной единицы производится анализ технических требований, заданных чертежом или другим документом. Если технические требования отсутствуют на чертеже, то исходя из служебного назначения сборочной единицы, они разрабатываются с существующими показателями. Технические требования на чертежах выполняют в соответствии с ГОСТ 2.316-68.

##### ***1.1.2 Анализ технологичности конструкции сборочной единицы***

Анализ технологичности конструкции сборочной единицы проводится на основе разрабатываемого технологического процесса сборки. В результате анализа возможны предложения по улучшению технологичности конструкции сборочной единицы, упрощающие процесс сборки. Предложения по конструктивным изменениям обосновываются техническими расчетами и экономической целесообразностью предлагаемых изменений. В дальнейшем вся разработ-



ка технологического процесса сборки и изготовления деталей производится на "основе" конструкции сборочной единицы.

### ***1.1.3 Разработка схемы сборки и технологического процесса сборки***

Схема сборки (Приложение А) может быть построена по любой из принятых в настоящее время форме. В записке дается краткое пояснение в схеме сборки. На основании принятой схемы сборки разрабатывается технологический процесс сборки и заполняются технологические карты сборки. Маршрутная карта слесарных и слесарно-сборочных работ оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1105-84, операционные карты оформляются в соответствии с ГОСТ 3.1407-86. Правила записи операций и переходов – согласно ГОСТ 3.1703-79. Для автоматизации оформления технологической документации целесообразно использовать САПР ТП, например, изученную ранее – САПР ТП «Вертикаль».

Сборочные и контрольные операции поясняется в записке на картах эскизов и контрольные поясняется в графическую часть проекта.

Сборочный чертеж и графика карт эскизов выполняются в графических компьютерных системах, и включается в расчетно-пояснительную записку в виде рисунков. Сборочный чертеж и схема сборки выносятся на плакат и прикладываются к записке.

### ***1.1.4 Размерный анализ технологического процесса сборки***

Для размерного анализа необходимо выявить размерную конструкторскую цепь, непосредственно влияющую на выполнение одного или нескольких технических требований сборочного чертежа. Далее обосновывается метод решения размерной цепи, а затем выполняются расчеты прямой или обратной задачи.

### ***1.1.5 Механизация и автоматизация сборки***

Процесс сборки разрабатывается с учетом возможности сокращения или исключения трудоемких ручных работ и повышения производительности труда за счет применения средств механизации и автоматизации. Решение задач по механизации и автоматизации освещается и поясняется схемами и эскизами.

## **1.2 Разработка и модернизация технологического процесса изготовления детали**

### **1.2.1 Служебное назначение и конструкция детали**

Приводится краткое описание служебного назначения и технические требования на деталь, входящей в это изделие, условия ее работы и конструктивные особенности. Анализируются технические требования, предъявляемые к детали. Из описания назначения и конструкции детали устанавливаются основные поверхности и размеры, оказывающие наибольшее влияние на выполнение детали служебного назначения. Анализ детали производится по всем обрабатываемым поверхностям с рассмотрением точности получаемых размеров и шероховатости поверхностей, их взаимного положения.

Это дает возможность выбирать оптимальные методы обработки каждой из рассмотренных поверхностей обрабатываемой детали.

Если назначение детали неизвестно, следует описать назначение ее поверхностей. Рассматривая поверхности детали, необходимо присваивать каждой из них буквенные обозначения, например: плоскость **А**, торец **Б**. Эти же обозначения должны быть нанесены на соответствующие поверхности в чертеже.

В этом же разделе приводятся данные о материале детали: химический состав, механические и другие свойства, которые размещаются в отдельных таблицах (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Химический состав СЧ20 (ГОСТ 1412-85), массовой доли %

C	Si	Mn	P	S
3.3 ... 3.5	1.4 ... 2.4	0.7 ... 1	0.2	0,15

Таблица 2 – Механические свойства СЧ20 (ГОСТ 1412-85)

Твердость	$\sigma_{изг}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\tau_{ср}$ , МПа	$E \cdot 10^{-3}$ , МПа
143 ... 255 НВ	420	800	200	85 ... 110

Кроме этого, следует также дать заключение относительно правильности выбора материала для данных условий работы детали в изделии, целесообразности его замены другими марками материала и какими именно.

### **1.2.2 Анализ технологичности конструкции детали**

Целью анализа является выявление недостатков конструкции детали по сведениям, содержащимся в чертеже и технических тре-

бованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

При технологическом контроле чертежа обращается внимание на наличие всей информации, необходимой для изготовления детали: необходимые проекции, разрезы и сечения, наличие всех размеров с допускаемыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм и взаимного расположения поверхностей, материал детали, характер термической обработки, масса детали и др.

Анализ технологичности конструкции сводится к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, обработки детали высокопроизводительными методами.

Мероприятия по улучшению технологичности конструкции должны обеспечить снижение себестоимости изготовления детали при заданном служебном назначении.

Качественная оценка технологичности конструкции производится с учетом материала детали, его обрабатываемости, стоимости, рациональности геометрических форм детали и требований к качеству ее поверхности, правильности простановки размеров, требуемых допусков, возможности рационального способа получения заготовки.

При количественной оценке показателей технологичности могут рассматриваться: масса детали, коэффициент использования материала; коэффициент точности обработки; коэффициент шероховатости поверхностей; уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости.

При анализе используются рекомендации по технологичности конструкций, приведенные в справочной литературе [1,2,4].

Если чертеж детали в результате технологического контроля и качественного анализа технологичности оставлен без изменения и рассматривается только один вариант технологического процесса обработки, то уровень технологичности как сравнительный показатель по использованию материала, точности обработки, шероховатости и технологической себестоимости равен единице.

Все возможные предложения по улучшению показателей технологичности и улучшению конструкции приводятся в пояснительной записке.

### 1.2.3 Выбор типа производства

Так как в задании на курсовой проект регламентируется годовой объем выпуска конкретной детали, то исходя из данного положения, разработка технологического процесса механической обработки детали в проекте предусматривается в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. Исходя из заданных типов производства, определяется коэффициент закрепления операций. Порядок расчета коэффициента закрепления операций приводится в работе [2, 4].

### 1.2.4 Анализ базового технологического процесса изготовления детали

Анализ существующего (базового) варианта технологического процесса проводится с точки зрения обеспечения заданного качества детали и производительности обработки. Проведение анализа является основой для выдвижения предложений по его улучшению и модернизации. Для удобства анализа следует представить базовый технологический процесс в виде таблицы (рисунок 1), куда из базовой технологической документации свести наиболее важные его элементы, доступные для сопоставления. В графе «Содержание операции» целесообразно отобразить упрощенный операционный эскиз со схемой базирования заготовки.

Таблица 1.3 – Базовый вариант обработки детали «Корпус ....»

№ операции	Содержание операции	Наименование и модель станка
01 Специальная токарная	Точить наружную поверхность, выдержав размер $\varnothing 104,8_{-0,23}$	Токарный резцовый п/авт. 1Н713
02 Токарно-револьверная	Подрезать торец, выдержав размер $\varnothing 52^{+0,8}$ и $5,5 \pm 0,2$ ; Зенкеровать выточку, выдержав размеры $\varnothing 33^{+0,1}$ и $12,3 \pm 0,2$ ; Точить канавку и подрезать торец $10 \pm 0,2$ и $103 \pm 0,4$ ; Развернуть отверстие и подрезать торец, выдержав размер $\varnothing 33,4^{+0,039}$ , $8 \pm 0,5$ , $\varnothing 62^{+0,8}$ , $5,5 \pm 0,2$ ; .....	Токарно-револьверный п/авт. 1425

Рисунок 1 – Пример оформления плана обработки детали

Содержание и степень углубленности анализа зависят от различных факторов: конструкции детали, применяемых методов обработки, реальных производственных условий. В общем случае

анализ базового варианта технологического процесса должен включать следующие основные вопросы:

- а) рациональность метода получения заготовки для данного производства;
- б) соответствие реальной заготовки чертежу в отношении фактических припусков на обработку и выполнения технических требований;
- в) правильность выбора черновых и чистовых баз, соблюдение принципа единства баз;
- г) правильность установки последовательности операций процесса для обеспечения заданной точности размеров детали;
- д) соответствие параметров применяемого оборудования требованиям данной операции;
- е) соответствие режимов резания прогрессивным;
- ж) степень оснащенности операции (станочные приспособления, режущие и вспомогательные инструменты, средства технического контроля);
- з) применение высокопроизводительного режущего инструмента и новых марок материала его режущей части;
- и) брак при обработке и причины его возникновения.

Не допускается заменять анализ технологического процесса его описанием или переписыванием сведений из технологических карт.

### ***1.2.5 Выбор исходной заготовки и метода ее получения***

На выбор метода получения заготовки оказывают влияние: материал детали; ее назначение и технические требования на изготовление; конструктивные размеры и формы поверхностей детали; объем выпуска деталей.

При выполнении курсового проекта приводится краткий анализ существующего метода получения заготовки на заводе. В анализе должны быть отражены: экономичность метода в условиях завода; технологический процесс получения заготовки; его положительные и отрицательные стороны; качество заготовки; причины брака и возможности его устранения. Приводятся данные о себестоимости метода получения заготовки в условиях завода, его трудоемкости, производительности, материалоемкости (коэффициент использования материала).

На основании произведенного анализа, изучения передовых методов получения аналогичных заготовок на других предприятиях, а также литературных данных и технико-экономического обоснова-

ния может быть предложен оптимальный для данных условий производства метод получения заготовки.

При разработке технологического процесса метод получения заготовки может приниматься аналогичным существующему методу на данном заводе, меняться без изменений в технологическом процессе механической обработки или меняться с существенными изменениями на ряде операций механической обработки.

В первом случае достаточно ограничиться ссылкой на справочную литературу, где для данных условий рекомендован этот вариант как оптимальный. Так как стоимость заготовки не изменяется, она не учитывается при определении технологической себестоимости детали.

Во втором случае предпочтение отдается заготовке, характеризующейся более высоким коэффициентом использования материала и меньшей стоимостью.

В двух рассмотренных случаях можно принять окончательное решение относительно вида заготовки и рассчитать ее стоимость до определения технологической себестоимости детали и выбора варианта процесса ее механической обработки.

В третьем случае вопрос о целесообразности определенного вида заготовки может быть решен лишь после расчета технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам. Предпочтение отдается заготовке, которая обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали. Если же сопоставимые варианты окажутся равноценными, предпочтение отдается заготовке с более высоким коэффициентом использования материала.

Выбор метода получения заготовки и его технико-экономическое обоснование приводятся в работах [2, 4].

### ***1.2.6 Выбор технологических баз***

Характер проектируемого технологического процесса механической обработки определяется типом производства и особыми условиями проектирования, указанными в задании.

В проекте разрабатывается единичный маршрутно-операционный технологический процесс. При этом на все операции оформляется подробная маршрутная карта (МК), а для одной-двух операций, по которым производится технико-экономическое сравнение вариантов обработки, – операционные технологические карты (ОК) и карты эскизов (КЭ). Формирование МК, ОК и КЭ выполняется в САПР ТП, например, «Вертикаль». Методика и результаты проектирования описываются согласно рекомендациям в разделе «**АВ-**

## ***ТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА».***

На данном этапе производится выбор технологических баз, методов обработки поверхностей и установление общей последовательности обработки, средств технологического оснащения; назначение и расчет припусков, режимов резания.

При выборе технологических баз следует учитывать основные принципы базирования – единства и постоянства баз.

Для обоснования выбора технологических баз выполняется размерный анализ вариантов технологического процесса путем автоматизированного построения и решения технологических размерных цепей (см. раздел ***«АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА»***).

В процессе выбора баз для черновой обработки исходят из следующих положений:

1) при обработке заготовок, полученных литьем и штамповкой, необработанные поверхности следует принимать в качестве баз только на первой операции (при последующей обработке использование их не допускается);

2) у деталей, не подвергающихся полной обработке, технологическими базами для первой операции рекомендуется принимать поверхности, которые вообще не обрабатываются;

3) в качестве технологических баз следует принимать поверхности достаточных размеров, имеющих более высокую точность размеров и малую шероховатость (они не должны иметь литейных прибылей, литников, линий разъема, окалины и других дефектов, что способствует повышению точности базирования).

4) если у заготовки обрабатываются все поверхности, в качестве технологических баз на первой операции следует принимать поверхности с наименьшими припусками, тем самым при дальнейшей обработке исключается возможность появления необработанных мест (чернот) на этих поверхностях.

При выборе баз для чистовой обработки учитывается следующее:

1) наибольшая точность достигается при условии использования на всех операциях механической обработки: одних и тех же комплектов баз, т.е. при соблюдении принципа их единства;

2) особенно важным при чистовой обработке является соблюдение принципа совмещения баз, т.к. при этом окончательно выдерживается заданная точность детали (при совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю);

3) базы для окончательной обработки должны иметь высокую точность размеров и геометрической формы, малую шероховатость поверхности и не должны деформироваться под действием сил резания, зажима и собственного веса заготовки.

В общем случае за базы принимают поверхности, от которых задан размер на чертеже, определяющий положение обрабатываемой детали.

Оценка точности базирования при выполнении каждой операции может характеризоваться следующими моментами. При соблюдении принципа единства баз в случае выдерживания заданных размеров погрешность базирования равна нулю, а анализ точности базирования для рассматриваемых размеров на этом заканчивается.

При несовпадении технологической и измерительной баз (отступление от принципа единства баз) «вручную» или на основе использования программы (см. раздел **«АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА»**) выявляются размерно-геометрические связи между ними путем построения технологической размерной цепи, из числа звеньев которой выбирается технологический размер, подлежащий контролю при выполнении данной обработки. Это позволяет косвенно контролировать заданный на чертеже размер. Рассчитывается допуск выбранного технологического размера путем решения размерной цепи. Если рассчитанный допуск выдержать на данной операции затруднительно, то ищется возможность сокращения погрешности базирования за счет увеличения точности обработки тех или иных составляющих звеньев размерной цепи, т.е. производится перерасчет допусков звеньев, а также – введение дополнительной обработки поверхностей.

Рекомендации по выбору технологических баз и оценке точности базирования приведены в работах [4 - 6].

С учетом рассмотренных положений производится выбор содержания и структуры варианта технологического процесса. Обычно возникает несколько конкурирующих вариантов, из которых выбирается единственный, обеспечивающий достижение заданной точности конструкторских размеров детали. Выбор эффективного технологического процесса требует, как правило, проведения анализа размерной структуры технологического процесса (см. раздел **«АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА»**).



### ***1.2.7 Выбор методов обработки***

Выбор метода обработки зависит от формы поверхностей, конфигурации детали, ее конструктивных размеров, точности и качества обрабатываемых поверхностей, вида принятой заготовки.

Решение задач выбора метода и конкретного характера обработки облегчается при использовании справочных таблиц экономической точности обработки [6], в которых содержатся сведения о технологических возможностях обработки резанием различными методами, типовые маршруты обработки различных поверхностей. С помощью этих таблиц выбираются предварительный и окончательный методы обработки, а также устанавливаются промежуточные методы.

### ***1.2.8 Технологический маршрут обработки***

На данном этапе отобранные ранее методы обработки отдельных поверхностей (переходы) «собираются» в установки (позиции) и операции. В результате формируется структура технологического процесса. Она предварительно оформляется в виде общего плана обработки с указанием последовательности, состава и содержания каждой операции с учетом возможностей выбранного станка (см. таблицу 3). После согласования содержания таблицы, оформляются маршрутная карта технологического процесса (Приложение В).

Последовательность операций в маршрутной карте назначают исходя из следующих основных положений:

1) в первую очередь обрабатываются поверхности, которые будут являться технологическими базами для последующих операций;

2) операции, на которых возможно появление брака из-за внутренних дефектов заготовки, нужно выполнять на ранних стадиях обработки;

3) первыми следует обрабатывать поверхности, не требующие высокой точности;

4) отверстия сверлятся в конце технологического процесса, за исключением тех случаев, когда они служат базами;

5) заканчивается процесс изготовления детали обработкой той поверхности, которая должна быть наиболее точной и имеет основное значение для эксплуатации детали. Если она была обработана ранее, до выполнения других смежных операций, может возникнуть необходимость в ее повторной обработке;

6) если деталь подвергается термической обработке по ходу

технологического процесса, механическая обработка разбивается на две части: до термической обработки и после нее;

7) технический контроль намечают после тех операций, где вероятно повышенная доля брака, перед ответственными операциями, а также в конце обработки детали.

При рассмотрении содержания операции число и последовательность технологических переходов зависят от вида заготовки и точностных требований к готовой детали. Совмещение переходов определяется конструкцией детали, возможностями расположения режущих инструментов на станке и жесткостью заготовки. Переходы, при которых выдерживаются жесткие требования по точности и шероховатости поверхности, выделяются в отдельную операцию.

Рекомендации по выбору последовательности обработки для обеспечения экономической точности обработки на металлорежущих станках приведены в работе [6]. Разработка маршрута механической обработки существенно облегчается при использовании типовых технологических маршрутов механической обработки деталей для разных условий производства [7]. Наименование операции должно соответствовать требованиям классификатора технологических операций в машиностроении и приборостроении [8].

Если в состав технологического процесса механической обработки входят операции обработки на станках с ЧПУ, то методика проектирования таких операций приведена в работах [6, 9 - 12].

При разработке единичного маршрутного технологического процесса ссылки на инструкции по технике безопасности приводятся в маршрутной карте перед наименованием операции в графе «наименование и содержание операции» или в графе «обозначение документа». Средства защиты работающих должны быть указаны в графе «приспособления и вспомогательный инструмент». Примеры заполнения маршрутных и операционных карт технологических процессов приведены в приложениях данных методических указаний (Приложения Б и В).

### ***1.2.9 Выбор оборудования и технологической оснастки***

При проектировании технологического процесса в заданных условиях производства необходимо использовать современное оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). Выбор оборудования сводится к подбору типа станка по размерам его рабочей зоны в соответствии с размерами обрабатываемой детали, с учетом допустимого диапазона частоты вращения, подачи и мощности для принятого метода обработки.

Для расчета мощности, необходимой для обработки, выбирается переход, в котором одновременно участвует несколько инструментов или при обработке одним инструментом применяются наибольшая подача, глубина и скорость резания.

На выбор типа станка в значительной степени оказывают влияние требуемая точность размеров, формы детали и шероховатость ее обрабатываемых поверхностей. Станок должен быть наиболее простым для данной операции и в то же время обеспечивать одновременную обработку нескольких поверхностей, а также поддерживать оптимальные режимы обработки, заданную точность операции, занимать меньшую производственную площадь, иметь меньшую стоимость.

Сведения по оборудованию приведены в работах [3, 10, 13, 14].

Применяемые станочные приспособления могут быть универсальными, стандартными и специальными [15 - 17].

Выбор режущих инструментов производится, исходя из условий обработки с учетом: вида станка, метода обработки, режимов и условий работы; материала обрабатываемой детали, ее размеров и конфигурации; требуемой точности обработки и шероховатости поверхностей; типа производства и заданного объема выпуска деталей; стоимости инструмента и затрат на его эксплуатацию по соответствующим стандартам и справочной литературе [13, 18 - 28].

### ***1.2.10 Расчет припусков и промежуточных технологических размеров***

К этому этапу проектирования структура каждой операции, как последовательности удаления припусков, предварительно сформирована. Теперь следует выполнить расчет значений припусков, которые необходимы для выбора размеров заготовки, расчета технологических размеров механообработки и определения глубины резания при расчете режимов обработки. Припуски не заносятся в операционную карту, и их расчет носит вспомогательный характер.

Итак, расчет припусков является промежуточным этапом расчета технологических размеров, которые сообщаются рабочему в операционной карте.

Расчет припусков может выполняться «вручную» или – для линейных размеров – по компьютерной программе. В заводских условиях припуски могут выбираться по нормативам.

При выполнении расчета припусков используется расчетно-аналитический метод, который учитывает многие факторы, дейст-

вующие в процессе обработки, и выполняется по формулам, приведенным в работах [2, 6].

В курсовом проекте достаточно выполнить расчет припусков для одной цилиндрической и одной плоской поверхностей, имеющих наибольшую точность и наименьшую шероховатость. Результаты расчета в табличной форме показаны на рисунке 2.

Таблица 1.6 – Расчёт припусков и предельных размеров по технологическим переходам

Маршрут обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетные величины		Допуск на размеры, мкм	Принятые (округленные) размеры заготовки по переходам, мм		Предельный припуск, 2Z, мм	
	Rz	h	$\Delta\Sigma$	$\varepsilon$	припуск, $2Z_i$ , мкм	$d_{max}$ , мм		$d_{max}$	$d_{min}$	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
сверление	25	70	81,15	150	300	29.187	520	29.2	28.68	-	-
зенкерование	25	50	0,41	0	352,3	29.487	330	29.50	29.17	0.49	0.30
расточивание черновое	20	50	0	0	150,8	29.839	130	29.84	29.71	0.54	0.34
развертывание	6	15	0	0	140	29.979	33	29.979	29.946	0.236	0.139
расточивание тонкое.	-	-	-	-	42	30,021	21	30,021	30	0.054	0.042

Рисунок 2 – Пример оформления результатов расчета

Одновременно строится графическая схема расположения номинальных промежуточных размеров, их допусков и припусков для поверхностей заготовки. После проверки правильности выполненных расчетов производится сравнение размеров заготовки, полученных расчетно-аналитическим методом, и размеров заготовки на действующем предприятии, после чего делается вывод о возможности перевода заводской заготовки в более высокий класс точности.

Для расчета линейных технологических размеров необходимо использовать компьютерную программу, которая автоматически выявляет и решает линейные технологические цепи, учитывает погрешность базирования, рассчитывает припуски, исходя из заданной точности конечных размеров детали (см. раздел «**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**»). Результатом расчета являются значения припусков и технологических размеров на различных операциях (переходах) проектируемого технологического процесса.

Полученные на данном этапе проектирования значения технологических размеров заносятся в операционные карты вручную или в ходе проектирования с помощью САПР ТП.

Рассчитанные максимальные значения припусков используются затем в качестве глубины резания в ходе расчета и выбора режимов резания.

### **1.2.11 Определение режимов резания и норм времени**

Исходными данными для расчета **режимов резания** являются рассчитанные в предыдущем пункте значения максимальных припусков на обработку (глубина резания), а также выбранные к этому моменту технические решения по методу обработки, оборудованию и режущему инструменту и т.п.

Режимы резания определяются аналитически для четырех разнотипных операций, эскизы которых представлены в графической части, по формулам, приведенным в работе [13]. На остальные операции технологического процесса режимы резания находятся по нормативным данным работ [30, 31] в зависимости от выбранного типа производства и принятого метода обработки заготовки.

При использовании компьютерной программы предлагается оптимальный режим резания для одного перехода с учетом анализа графика изменения целевой функции и экономических показателей (раздел «**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**»).

Установленные для каждого основного перехода режимы резания заносятся в операционные карты технологического процесса.

**Норму штучного времени**  $T_{шт}$  определяют в следующем порядке. На основании установленных режимов резания определяется основное время  $T_o$ . По содержанию каждого перехода устанавливается вспомогательное время  $T_v$  по нормативам, которое включает в себя время на установку и снятие детали, управление станком, измерение детали. Определяется оперативное время  $T_{оп} = T_o + T_v$ . Время на обслуживание рабочего места  $T_{обс}$  включает в себя время на техническое и организационное обслуживание рабочего места. Время  $T_{отд}$  предназначено для перерывов на отдых. Составляющие штучного времени  $T_{обс}$  и  $T_{отд}$  принимаются по нормативам или укрупненно, в процентах от оперативного времени –  $T_{обс} = 6 \% T_{оп}$  и  $T_{отд} = 2,5 \% T_{оп}$ .

Результаты определения  $T_{шт}$  приводится в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2 – Сводные данные по нормам времени

Номер и наименование операций (перехода)	Т <sub>о.</sub> мин	Т <sub>в.</sub> мин	Т <sub>оп.</sub> мин	Т <sub>обс</sub>		Т <sub>отд.</sub> мин	Т <sub>шт.</sub> мин
				Т <sub>тех</sub>	Т <sub>орг</sub>		
1. Сверлильная							
2. Токарная							
3. Фрезерная							
4. Шлифовальная и т.д.							

При выполнении расчетов следует пользоваться литературой [32 - 35].

Результаты расчета режимов резания и нормы времени заносятся в соответствующие поля операционных карт.

#### 1.2.12 Маршрутная и операционная технологическая документация

Заполнение и оформление маршрутной карты, операционных карт и карт эскизов является заключительным этапом технологического проектирования обработки детали. В заводских условиях эта документация передается в цех и должна содержать все необходимые и достаточные сведения и указания рабочему (оператору) для изготовления детали требуемого качества.

Все принятые технологические решения и результаты расчета по вновь проектируемому технологическому процессу или нескольким операциям: принятая последовательность операций, содержание каждой операции, оборудование и оснастка, технологические размеры, режимы резания, нормы времени, – все это заносится в операционные карты и карты эскизов. Оформление документации на основании введенной в диалоге информации выполняется автоматически в САПР ТП «Вертикаль».

Вновь спроектированная документация: МК, ОК и КЭ приводится в данном пункте раздела технологического проектирования. Эта документация завершает подраздел технологического проектирования и содержит все проектные решения (станок, инструмент, размер, режим и т. п.) студента в ходе выполнения курсового проекта по разработке (модернизации) технологического процесса изготовления детали.

**Внимание.** В предыдущих подразделах должны быть сделаны соответствующие ссылки на расположение того или иного результата расчета или проектного решения, заносимого в документацию.

Ссылка должна содержать:

- вид документа (МК или ОК)
- номер строки или поля на листе МК или ОК.

Документация (ксерокопии) в виде МК и ОК и КЭ базового заводского технологического процесса-прототипа выносятся в Приложения Б и В.

### 1.3 Патентные исследования

Патентные исследования проводятся в соответствии с ГОСТ 15011-96 и путем обзора патентов класса «В» сборника «Изобрете-

Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент)

esp@cenet

Быстрый поиск

1. Выберите базу данных

Выберите базу данных, в которой Вы хотите провести поиск:

Выберите патентную базу данных: Worldwide

2. Выберите область поиска

Выберите либо поиск по ключевым словам в названиях и рефератах (при наличии), либо поиск по ФИО / наименованию организации

Область поиска:

Ключевые слова в названии изобретения или в реферате

Частные лица или организации

3. Введите поисковые условия

Введите поисковые условия (без учета регистра)

Поисковые условия: plastic AND bicycle

ПОИСК ОЧИСТИТЬ

Рисунок 3 – Страница сайта Роспатент с вариантами поиска информации

ния» (официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам) на режущие инструменты, приспособления, методы обработки поверхностей и средства автоматизации. Источник информации – областная библиотека или сайт Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент) <http://ru.espacenet.com>

### 1.4 Технико-экономические расчеты

В данном разделе производится краткое технико-экономическое обоснование принятого варианта технологического процесса изготовления детали в целом или по одной из операций механической

обработки. Для сравнения двух операций необходимо использовать более прогрессивное оборудование, режущий и мерительный инструмент, станочные приспособления. Сравнению подлежат одинаковые объемы работ, т.е. обработка одних и тех же поверхностей, но различными методами.

По каждому варианту операции должна быть определена технологическая себестоимость и произведено сравнение.

Расчет себестоимости операции при выборе варианта обработки может быть осуществлен методом прямого распределения затрат (метод калькулирования) или нормативным методом.

Методика определения себестоимости обработки по отдельным вариантам и выбора наиболее рационального из них для данных условий производства приведена в учебной и справочной литературе [3, 4, 13, 36].

## ***РАЗДЕЛ 2 «КОНСТРУИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ»***

### ***2.1 Служебное назначение и принцип работы приспособления***

В конструкторской части курсового проекта разрабатывается конструкция станочного, сборочного или контрольно-измерительного приспособления, средств механизации и автоматизации и т.д. Выбор разрабатываемой конструкции определяется заданием на курсовое проектирование, Приспособление проектируется для одной из операций механической обработки, сборки или контроля по согласованию с руководителем.

### ***2.2 Конструкция приспособления***

В расчетно-пояснительной записке кратко формулируется служебное назначение конструкции. На основе технологического эскиза операции с принятой схемой базирования разрабатывается эскиз конструкции приспособления и технические требования на него. Затем определяется способ базирования приспособления на станке.

### ***2.3 Расчет усилия зажима и параметров зажимных механизмов***

Расчеты в зависимости от особенностей конструкции должны включать: расчет усилий зажима, расчет силового привода, расчет на прочность особо нагруженных деталей приспособления, расчет точности приспособления.

При расчете усилий зажима определяются силы резания и составляется расчетная схема с указанием точек приложения и на-



правления всех действующих на деталь сил в процессе обработки. На основании этой схемы определяются усилия зажима, производится расчет силовых приводов и выбираются все конструктивные параметры.

## ***2.4 Расчет приспособления на точность обработки***

При расчете приспособления на точность составляются погрешности установки детали с допустимой погрешностью обработки (допуском) [2, 15, 17]. Составляется спецификация приспособления.

В качестве средств механизации и автоматизации могут разрабатываться конструкции устройств для автоматизации рабочего цикла станка, средств активного контроля, установки закрепления и снятия обработанных деталей, загрузочно-транспортных и бункерных устройств и т.д.

В графической части проекта выполняется сборочный чертеж проектируемой конструкции, который целесообразно создавать по 3D-модели сборки, а затем в автоматизированном режиме формировать спецификацию (см. раздел **«АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА»**).

## ***РАЗДЕЛ 3 «АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА»***

### ***3.1 Создание в САД-системе чертежа по 3D-модели***

В производственных условиях современного предприятия технологическая подготовка производства ведется на основе первичных 3D-моделей деталей и сборочных единиц. Поэтому при выполнении курсового проекта целесообразно, на основе полученных ранее знаний и навыков работы в графических компьютерных системах, сначала создавать объемные модели, а затем по ним сформировать чертежи деталей и сборочных единиц.

В данном подразделе необходимо, используя заводской чертежный документ или выданное бумажное задание, отобразить в виде копий экранов основные этапы создания 3D-модели и формирования проекций чертежа. Достаточно ограничиться показом образмерного контура выдавливаемого эскиза, каркасным представлением модели, плоским снимком блока проекции до и после корректировки – удаления лишних линий. Чертеж (рисунок 4) должен содержать заполненную основную надпись и технические требования, оговоренные заданием. Следует обратить внимание на простановку шероховатости, соответствующей современным стандартам.

Подготовленный файл чертежа целесообразно сохранить в rasterном формате для последующей вставки рисунка в записку посредством редактора Word.

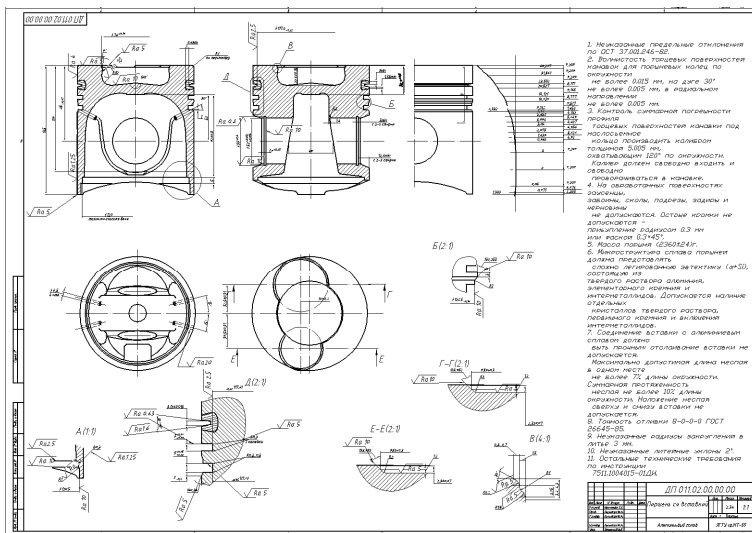


Рисунок 4 – Чертеж детали включен в записку

Полученные таким образом графические файлы чертежей и эскизов следует поместить в соответствующие разделы расчетно-пояснительной записки, где выполняется анализ исходных данных, служебного назначения и т. п.

### 3.2 Размерный анализ и расчет технологических размеров в KON7

В данном подразделе студент должен показать умение использовать компьютерные системы автоматизированного проектирования для определения значений технологических размеров механообработки, исходя из заданной точности конструкторских размеров детали.

На основе выбранной студентом структуры технологического процесса (последовательности операций и переходов) и точности конструкторских размеров детали программа KON7 [38-42] автоматически отыскивает технологические Размерные цепи, а затем рассчитывает номиналы и отклонения допуска технологических размеров, которые оформляет в виде таблицы (рисунок 6). Эти значения

заносятся в операционную карту, чтобы выдерживаться при механообработке для обеспечения точности размеров детали.

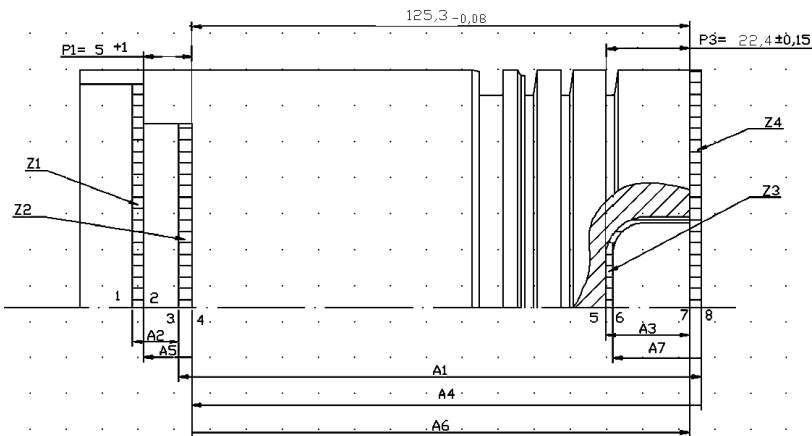


Рисунок 5 – Размерная схема для выдерживаемых линейных размеров

В случае неадекватности предложенного варианта технологического процесса с точки зрения достижения точности конструкторских размеров чертежа, расчет прерывается. При этом система формирует, точность какого конструкторского размера «Р» не может быть обеспечена из-за недостаточной точности технологических размеров. В этом случае следует а) повысить точность метода получения технологического размера (для этого, возможно, придет-

Замыкающие звенья					Составляющие звенья						
Р-черт. размер, Z-припуск											
Ин-декс звена	Гра-ниды звена	Предел. значения	Звенья		Ин-декс звена	Гра-ниды звена	Метод обработки	Номинал	кон7-Отклонения		
			max	min					Верхнее	Нижнее	
P1	2 4	6.000   5.000	A1	8	3	литье в кокиль	126.860	0.500	-0.500		
P2	4 7	126.300   124.220	A2	3	1	литье в кокиль	5.580	0.500	-0.500		
P3	5 7	22.550   21.250	A3	6	8	литье в кокиль	21.946	0.500	-0.500		
Z1	1 2	---	0.400	A4	8	4	точение с заме-ром от несбр. пов	124.760	1.000	0.000	
Z2	3 4	---	0.600	A5	2	4	точение однократ	5.000	0.280	0.000	
Z3	5 6	---	0.400	A6	4	7	точение чистовое	124.220	0.160	0.000	
Z4	7 8	---	0.380	A7	7	5	точение чистовое	22.550	0.000	-0.084	

Рисунок 6 – Пример заключительной таблицы результатов расчета технологических размеров

ся ввести дополнительную обработку и, соответственно, дополнительный технологический размер); б) изменить схему базирования, добиваясь выполнения принципа «единства баз» или, согласно принципу "кратчайшего пути", уменьшения суммы допусков технологических размеров в критической размерной цепи.

В данном подразделе приводятся пояснения методики работы с программой, эскизы графовых структур для подготовки исходных данных со ссылками на источники информации; распечатки промежуточных данных, необходимых для анализа баланса допусков в критических уравнениях, а также конечные результаты проектирования с точки зрения их использования в конкретных технологических документах других разделов курсового проекта. Полностью распечатки выносятся в Приложения.

### 3.3 Расчет оптимальных режимов резания в KONCUT

Для одного из технологических переходов с помощью компьютерной программы KONCUT [38, 39] определяется режим резания на основе анализа целевых функций: значения частоты вращения шпинделя станка ( $n$ ), подачи стола или суппорта ( $S$ ) для выбранной глубины резания ( $t$ ), которые затем заносятся в строку «Р» операционной карты.

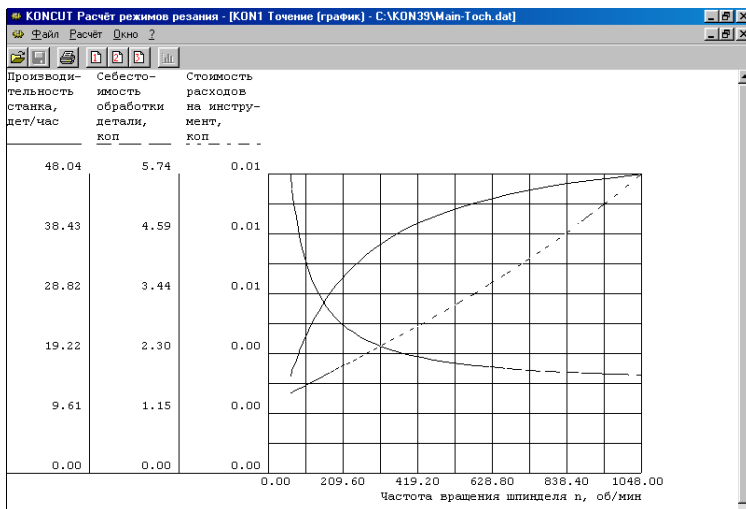


Рисунок 7 – Пример зависимостей экономических показателей от частоты вращения шпинделя станка

В ходе взаимодействия с программной системой KONCUT необходимо заполнить шесть вкладок путем ввода в поля диалогового окна или выбора из меню сведений по следующим группам информации:

- сведения о заказчике;
- материал заготовки ;
- кинематика станка;
- характеристики режущего инструмента;
- экономические показатели;
- содержание операции.

Система автоматически определяет коэффициент «φ» геометрического ряда частот выбранного станка, а затем рассчитывает целевые функции: производительность и себестоимость обработки, стоимость затрат на инструмент, а также нормы времени и мощность резания, – для каждого дискретного (или искусственно введенного при бесступенчатом регулировании) значения частоты в пределах кинематики выбранного станка.

По результатам расчета программно оформляются графики целевых функций (рисунок 2), которые включаются в данный подраздел. Используя полученные таблицы и график, следует сопоставить и оценить различные варианты обработки с разной частотой. Оптимальным считается режим с таким значением частоты вращения, при котором производительность максимальна, а себестоимость обработки и стоимость расходов на инструмент минимальны. Поскольку экстремумы целевых функций часто не совпадают, предпочтение отдается варианту с минимальной себестоимостью обработки, а в случае, когда станок лимитирует работу поточной линии – варианту, обеспечивающему наибольшую производительность.

При использовании дорогостоящего режущего инструмента целесообразно понизить частоту вращения шпинделя, минимизировав стоимость расходов на инструмент.

### ***3.4 Формирование МК и ОК в среде САПР ТП***

При формировании текстовой технологической документации могут быть использованы, например, методически хорошо проработанные и описанные на веб-странице кафедры отечественные САПР ТП ТехноПро или САПР ТП Вертикаль.

Результатом проектирования в этих системах является дерево технологического процесса, отражающее его структуру: последовательность операций и переходов, оборудование и технологическую оснастку, а также рассчитанные технологические размеры, режимы резания и нормы времени.

Наполнив проектными техническими решениями дерево, можно перейти к этапу автоматического формирования документов.

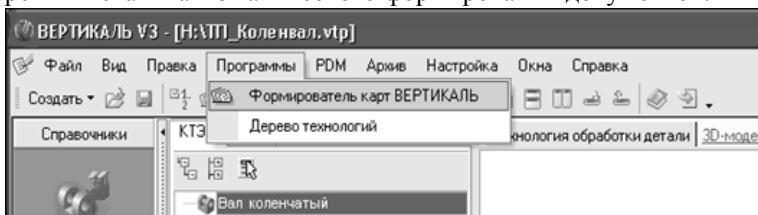


Рисунок 8 – Приступаем к формированию карт

С этой целью из верхнего меню следует выбрать пункт **Программы** > **Формирователь карт** (рисунок 8) и запустить его кнопкой **Старт**.

Выбранный ранее комплект документов можно просмотреть и убедиться, что процесс закончился успешно.

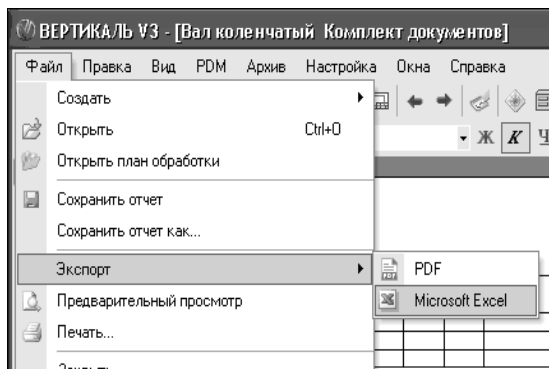


Рисунок 9 – Появился пункт **Экспорт**

Затем следует открыть меню **Файл** и выбрать появляющийся после окончания формирования комплекта пункт **Экспорт** (рисунок 9). Система предлагает вывести документацию в одном из двух форматов. Целесообразно выбрать электронную таблицу, позволяющую внести некоторые коррективы перед печатью. Обычно требуется изменить название проектной организации (ЯГТУ), дополнить поля информацией о лицах, проверяющих и утверждающих документы.

Завершая работу с САПР ТП Вертикаль целесообразно сохранить созданный файл технологии для последующего редактирования в формате vtp.

### 3.5 Проектирование операционных эскизов

В ходе использования САПР ТП Вертикаль имеется возможность включения в состав документации графической информации, например, карт эскизов. Такая возможность открывается (рисунок 10) при наличии в правой части экрана вкладки **Чертеж** или **Эскиз**. (Вкладка присутствует в случае установки системы КОМПАС на компьютере!)

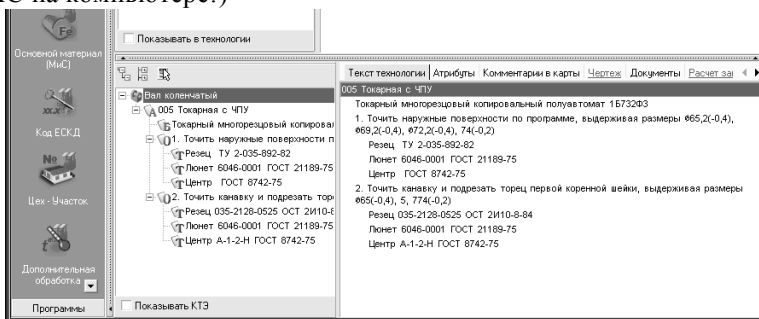


Рисунок 10 – Вкладка **Чертеж** присутствует в интерфейсе

Графика эскиза должна быть подготовлена заранее или получена путем редактирования чертежа детали при проектировании технологии. Вертикаль позволяет автоматически включить эскиз в шаблон карты эскизов (рисунок 11).

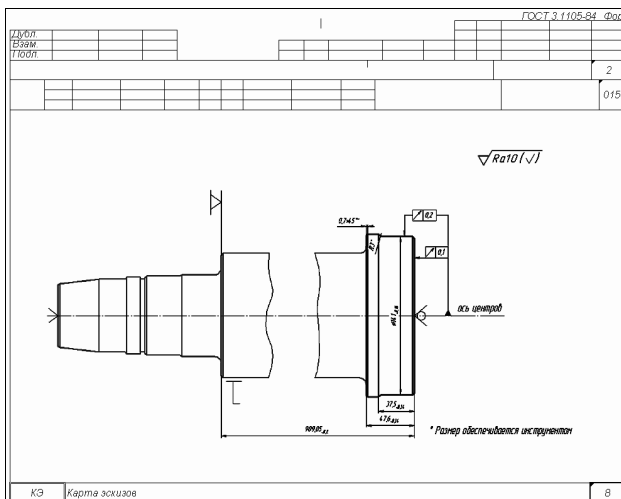


Рисунок 11 – Пример карты эскиза, полученной в САПР ТП Вертикаль

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** кратко обосновывает актуальность и необходимость выполнения курсового проекта. Содержит оценку результатов курсового проекта с точки зрения их соответствия требованиям задания. Приводятся основные результаты разработанного технологического процесса с указанием мероприятий (технологических, конструкторских, использование автоматизированного проектирования и др.), за счет которых обеспечивается повышение качества изготавливаемых деталей, производительности труда, снижение себестоимости обработки и т.д.

Особенно выделяются новые решения и предложения проекта, которые могут быть рекомендованы к внедрению в производство.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ** включают все использованные источники в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки и оформляют его в соответствии с **СТО 701 - 2005 «Документы текстовые учебные. Требования к оформлению» с изменениями.**

В тексте расчетно-пояснительной записки производятся ссылки на использованную литературу с указанием порядкового номера по списку литературы в квадратных скобках. В расчетах, связанных с нормативами (например, в расчетах режимов резания, припусков на обработку и др.), ссылки делаются с указанием страницы или таблицы, например, [5, с. 39], [18, таблица 25].

Электронные ресурсы должны иметь соответствующее библиографическое описание. Например, ресурсы локального доступа:

**Цветков, Виктор Яковлевич.** Компьютерная графика: рабочая программа [Электронный ресурс] / В. Я. Цветков. – Электрон. дан. и прогр. – М.: МИИГАиК, 1999. – 1 дискета. – Систем. требования: IBM PC, Windows 95, Word 6.0. - № гос. регистрации 0329900020.

**Internet шаг за шагом** [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. и прогр. – СПб. : ПитерКом, 1997. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: ПК от 486 DX 66 МГц; RAM 16 Мб; Windows 95.

Пример описания ресурса удаленного доступа:

**Исследовано в России** [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. / Моск. физ.-техн. ин-т. – Долгопрудный: МФТИ, 1998- . – Режим доступа: <http://zhurnal/mipt/rssi/ru>. Доступен также на дискетах. - № гос. регистрации 0329900013.



#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ТЕКСТОВОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

При выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра необходимо руководствоваться стандартами, имеющимися в читальном зале библиотеки и их электронными версиями на сервере ЯГТУ:

- ◆ ЯГТУ Стандарт организации СТО 701-2005 "ДОКУМЕНТЫ ТЕКСТОВЫЕ УЧЕБНЫЕ. Требования к оформлению текстовых документов"
- ◆ ЯГТУ Стандарт организации СТО 702-2005 "ДОКУМЕНТЫ ТЕКСТОВЫЕ УЧЕБНЫЕ. Требования к оформлению титульных листов и основных надписей"
- ◆ ЯГТУ Стандарт организации СТО 703-2006 "ПРОЕКТЫ КУРСОВЫЕ И ДИПЛОМНЫЕ. Требования к оформлению графической части"

Текст расчетно-пояснительной записки печатается на принтере персонального компьютера на бумаге формата А4 (210×297) с одной стороны листа. Шрифт принтера Times New Roman обычный 14 пт, на странице должно располагаться от 40 до 50 строк с расстоянием между ними 1 интервал, при включении опции «автоматического переноса» слов текста и опции «выравнивание текста по ширине». Размер полей устанавливается в соответствии со стандартом: левого не менее 30 мм, нижнего и верхнего не менее 20 мм, правого не менее 10 мм.

Допускается выполнение пояснительной записки от руки с чертежным написанием букв текста.

Нумерация страниц текста пояснительной записки и приложений должна быть сквозной: первой страницей является титульный лист, на нем номер не ставится. На последующих страницах номер проставляют арабскими цифрами внизу листа по центру.

Основная часть текста делится на разделы, подразделы (объемом не менее двух-трех страниц) и, в случае необходимости, на пункты.

Разделы, подразделы и пункты нумеруются арабскими цифрами. При этом цифры, разделенные точками, означают последовательно порядковый номер раздела, подраздела (в пределах каждого раздела) и пункта (в пределах каждого подраздела). Например: 3.1.4 – четвертый пункт первого подраздела третьего раздела. После номера раздела, подраздела и пункта, в конце названия заголовка точка не ставится. Введение и заключение (выводы и практические рекомендации) не нумеруют.

Каждый раздел начинают с новой страницы. Заголовок пишут непосредственно вслед за номером посередине строки, не подчеркивают и слова в нем не переносят. После заголовка на странице должно быть не менее двух строк текста. Заголовок подразделов начинают с абзацного отступа, причем в конце заголовков точку не ставят, а между ним и текстом делают пробел в одну или две строки. Номер пункта начинается с абзаца. Текст пункта начинают непосредственно вслед за его заголовком.

Перечисления требований, указаний, положений и другие пояснения выделяют дефисом «–», дальнейшую детализацию обозначают так: 1); 2); или а); б).

## 5 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Графическая часть является одной из составляющих курсового проекта и включает в себя следующие виды материалов: технологическую документацию, конструкторскую документацию (чертежи изделий, сборочных единиц, электрические, гидравлические, пневматические схемы и демонстрационные плакаты).

### 5.1 Технологическая документация

Технологическая документация (образцы ее даны в приложениях «Б» и «В» данных методических указаний) в составе графической части выполняется и оформляется в соответствии с ГОСТ 3.1102 – 81, 14.201 – 83, 14.322 – 83.

### 5.2 Конструкторская документация

Конструкторскую документацию в составе графической части курсового проекта выполняют и оформляют в соответствии с правилами «Единой системы конструкторской документации» (ГОСТ 2.001 – 93 и др.), используя также стандарт ЯГТУ [ ].

Пример обозначения конструкторской документации курсового проекта по технологии машиностроения показан на рисунке 2.

					КП 023.00.00.00 ПЗ			
№	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	Проектирование технологического процесса механической обработки корпуса наноробота	Лит	Лист	Листов
Разработ.	Иванов И.И.					У	1	1
Проверил	Петров П.П.					ЯГТУ. каф. ТМС гр. МТ - 46		
Н. контр. Утв.	Петров П.П.							

Здесь КП – курсовой проект по технологии машиностроения; 023 – порядковый номер задания на квалификационную работу; 00 – порядковый номер чертежа; 00 – номер сборочной единицы; 00 – номер сборочной единицы, входящий в предыдущую сборочную единицу; 00 – номер детали, входящей в сборочную единицу; ПЗ – пояснительная записка.

### 5.3 Демонстрационные плакаты и их содержание

Демонстрационные плакаты (электрические и кинематические схемы, диаграммы, графики, номограммы, циклограммы, алгоритмы и другие материалы, используемые в процессе доклада на защите курсового проекта) создаются на основе выданного задания, приведенной в записке технологической, конструкторской документации и иных результатов работы. Основная надпись на демонстрационном плакате выполняется на обратной стороне плаката в правом нижнем углу. Каждый лист с демонстрационными материалами должен иметь краткий заголовок, располагающийся посередине верхней части листа. Демонстрационные плакаты желательно выполнять в графических программах и печатать на плоттере.

При оформлении демонстрационных плакатов руководствуются стандартами ЯГТУ [43-44].

На защиту выносят 5 листов формата А1:

- 1) Сборочный узел и схема сборки (Приложения Б);
- 2) Чертежи заготовки и детали;
- 3) Технологические эскизы на 4 разнотипные операции (Приложения Г или Д);
- 4) Сборочный чертеж приспособления;

### 6 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Технологичность конструкций изделия / Под ред. Ю.Д. Амирова - М.: Машиностроение, 1990. - 768 с.

2. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроительных вузов по спец. «Технология машиностроения»/ В.И. Аверченков, В.Б. Ильицкий и др. – М.: Машиностроение, 1988.-192с.
3. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. - Минск: Высш. шк., 1983.- 256 с.
4. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / Под ред. В.В. Бабука - Минск: Высш. шк., 1987. - 255 с.
5. Маталин А.А. Технология машиностроения - Л.: Машиностроение, 1985. - 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 тт: Т. 1 (под ред. Дальского А.М., Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. и др.) Изд. 5-е, испр. 2003г. - 944с.
7. Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. - М.: Машиностроение, 1986. - 480 с.
8. Классификатор технологических операций в машиностроении и приборостроении - М.: Изд-во стандартов, 1975. - 24 с.
9. Гжиров Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ / Р.И. Гжиров, П.П. Серебrenицкий. - Л.: Машиностроение, 1990. - 588 с.
10. Станки с программным управлением. Справочник / Г.А. Монахов, А.А. Оганян, Ю.И. Кузнецов и др. - М.: Машиностроение, 1975. -288 с.
11. Дерябин А.П. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ - М.: Машиностроение, 1984. - 224 с.
12. Марголит Р.Б. Наладка станков с программным управлением - М.: Машиностроение, 1983. - 254с.
13. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 тт: Т. 2 (под ред. Дальского А.М., Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. и др.) Изд. 5-е, испр. 2003 г.- 944с.
14. Металлорежущие станки. Каталог - М.: НИИмаш, 1981. - 238 с.
15. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1979. - 656 с.
16. Сеницын В.Т. Технологическая оснастка машиностроительного производства. Учеб. пособие. - Ярославль: Изд-во ЯГТУ. 2000. - 223 с. [2322].
17. Станочные приспособления: Справочник. Т. 1 и Т. 2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина. - М.: Машиностроение, 1984. - Т.1 - 592 с; Т.2 - 656 с.
18. Шатин В.П. Справочник конструктора инструментальщика / В.П. Шатин, Ю.В. Шатин. - М.: Машиностроение, 1975. - 456 с.
19. Денисенко В.И. Расчет и конструирование режущих инструмен-

- тов: Методическое пособие. - Владимир, 1973. - 166 с.
20. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов: Учеб. пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». - М.: Машиностроение, 1984. - 272 с.
21. Сенюков В.А. Практика по проектированию режущих инструментов: Учеб. пособие - Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2000. - 155 с. [2436].
22. Сенюков В.А. Проектирование протяжек для обработки цилиндрических отверстий: Учеб. пособие. - Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2000. - 64 с. [2351].
23. Щеголев А.В. Конструирование протяжек. - М.: Машгиз, 1960.
24. Протяжки для обработки отверстий/ Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.Н. Ашихмин и др. - М.: Машиностроение, 1986. - 232 с., ил. - (Б-ка инструментальщика).
25. Грановский Г.И. Фасонные резцы / Г.И. Грановский, К.П. Панченко. - М.: Машиностроение, 1975. - 309 с.
26. Романов В.Ф. Расчеты зуборезных инструментов. - М.: Машиностроение, 1969. - 254 с.
27. Справочник конструктора-инструментальщика: Под общ. ред. В.И. Баранчикова - М.: Машиностроение, 1994. - 560 с., ил. - (Библиотека инструментальщика)
28. Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 512 л.: ил.
29. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под общ. ред. А.А. Панова - М.: Машиностроение, 1988. - 736 с.
30. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. А.Д. Корчемкина - М.: НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
31. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник / Баранчиков В.И., Жавринов И.Д., Юдина И.Д. и др. - М.: Машиностроение, 1990. - 400 с.
32. Общемашиностроительные нормативы времени и режимы резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. В 2-х частях. - М.: Экономика, 1990. Ч.1 - 208 с.; Ч.2 - 240 с.
33. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. - М.: Машиностроение, 1990. - 448 с.
34. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производство. - М.: НИИТруда, 1982. - 136 с.
35. Общемашиностроительные нормативы времени вспомога-

ного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. крупносерийное и массовое производство. - М.: НИИтруда, 1982. - 136 с.

36. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». - М.: Машиностроение, 1986. - 288 с.

37. Информационные ресурсы, размещенные на Web-странице О.Н.Калачева <http://tms.ystu.ru/>

38. Калачев О.Н., Сеницын В.Т. Применение вычислительной техники в курсовом и дипломном проектировании по технологии машиностроения: Учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп./ Ярослав. политехн. ин-т. - Ярославль, 1989. - 87 с. [1265].

39. Митрофанов В.Г., Калачев О.Н., Схиртладзе А.Г. и др. САПР в технологии машиностроения: Учебное пособие [УМО АМ]. - Ярославль, Яросл. гос. техн. ун-т, 1995.-298 с. [2021].

40. Автоматизация размерного анализа технологических процессов с помощью ЕС ЭВМ: Методические указания к практическим занятиям/ Сост.: О.Н.Калачев, В.Т.Сеницын, А.М.Шапошников/ Яросл. политехн. ин-т, 1987. - 36 с. [1110].

41. Калачев О.Н. САПР технологических процессов: Лабораторный практикум на IBM PC: Учебное пособие для вузов по спец. "Технология машиностроения". - Яросл. политехн. ин-т.- Ярославль, 1991.- 147 с. [2511].

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(обязательное)

РЕФЕРАТ

58 стр., 3 таблицы, 5 рисунков, 18 источников, 4 приложения

СТАНКИ С ЧПУ, РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ (РТК), АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ, ПРОГРЕССИВНАЯ ОСНАСТКА, СОКРАЩЕНИЕ ТРУДОВЫХ ЗАТРАТ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ, СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

**Объект проектирования:** технологический процесс сборки коробки передач и механической обработки шестерен.

**Цель проектирования:** разработка технологического процесса сборки и механообработки с использованием компьютерных систем, применение станков с ЧПУ и РТК, позволяющих повысить производительность труда, снизить материальные и энергетические затраты при изготовлении шестерен коробки перемены передач двигателей ЯМЗ-236 ОАО «Автодизель». Применение новых видов технологической оснастки, автоматизация процесса сборки, автоматизация процесса механизации обработки с помощью промышленных роботов, изменение состава оборудования, сокращение производственных площадей и количества работающих.

					КП 023.00.00.00 ПЗ			
№	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	Проектирование технологического процесса механической обработки корпуса нанотехнологического устройства	Лит	Лист	Листов
Разработ.		Иванов И.И.				У	1	1
Проверил		Петров П.П.				ЯГТУ. каф. ТМС гр. МТ - 46		
Н. контр.		Петров П.П.						
Утв.								











ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Формы таблицек операционных эскизов

										15	15	15
										20		
Наименование и модель станка	№ инст-рум.	$f_z$ , М/ МИН	$r_z$ , ОО/ МИН	$t$ , ММ	$S_z$ , ММ/ ОО	$S_f$ , ММ/ МИН	$T_M$ , ММН	$T_{шт}$ , МИН				
50		17	17	17	17	17	17	17	17			
185												

Рисунок Г.1 – Форма 1 для многоинструментальной обработки

										15
Наименование и модель станка		$f_z$ , М/ МИН	$r_z$ , ОО/ МИН	$t$ , ММ	$S_z$ , ММ/ ОО	$S_f$ , ММ/ МИН	$T_M$ , ММН	$T_{шт}$ , МИН		20
		18	18	18	18	18	18	18	18	
185										

Рисунок Г.2 – Форма 1 для одноинструментальной обработки

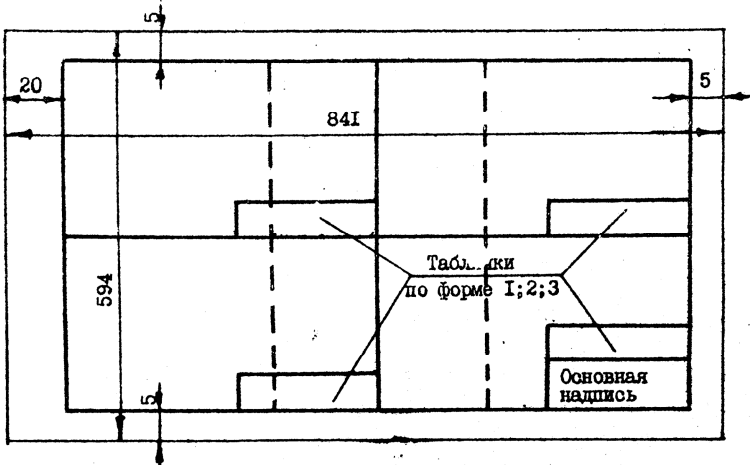


Рисунок Г.3 – Расположение ОЭ на формате А1

# ПРИЛОЖЕНИЕ Е

## Пример оформления плаката с операционными эскизами

Операция 05 - Коническая на обрабатываемом центре  
параметр 26

Операция 05 - Коническая на обрабатываемом центре  
параметр 27

Операция 05 - Коническая на обрабатываемом центре  
параметр 5

Операция 05 - Коническая на обрабатываемом центре  
параметр 5

Исходные данные	Угол	В	П	Л	С	Т	Т <sub>н</sub>	Т <sub>н</sub>
Исходные данные	Угол	В	П	Л	С	Т	Т <sub>н</sub>	Т <sub>н</sub>
72	400	71	022	08	054	06		
72	400	08	015	075	010	016		

Исходные данные	Угол	В	П	Л	С	Т	Т <sub>н</sub>	Т <sub>н</sub>
Исходные данные	Угол	В	П	Л	С	Т	Т <sub>н</sub>	Т <sub>н</sub>
382	820	12	02	24	08	086		
382	820	08	017	014	012	08		

\* диаметр обрабатываемого изделия

Исходные данные	Угол	В	П	Л	С	Т	Т <sub>н</sub>	Т <sub>н</sub>
Исходные данные	Угол	В	П	Л	С	Т	Т <sub>н</sub>	Т <sub>н</sub>
КП 030304.00300 МП								
КП 030304.00300 МП								