

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Кубанский государственный технологический университет

Кафедра машиностроения и автомобильного транспорта

## **ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Методические указания по выполнению  
курсовой работы для студентов всех форм обучения  
направления 151900.62 Конструкторско-технологическое обес-  
печение машиностроительных производств

Краснодар  
2014

Составители: канд. техн. наук, проф. В.В. Иосифов;  
ассист. Н.Л. Клокова

УДК 621.3.-523.8

Основы технологии машиностроения: метод. указания по выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения направления 151900.62 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств/ Сост.: В.В. Иосифов, Н.Л. Клокова; Кубан. гос. техн. ун-т. Каф. машиностроения и автомобильного транспорта. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2014. – 47 с.

Изложены цель, тематика и задачи курсовой работы, приведены общие требования и порядок ее выполнения, объем и содержание иллюстративной части и пояснительной записки, приведён список рекомендованных информационных источников.

Библиогр.: 13 назв. Прил. 4.

Печатается по решению методического совета Кубанского государственного технологического университета

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. кафедры МСАТ КубГТУ А.Г. Соколов;  
главный инженер МОАО «СЕДИН» В.А. Ююкин

© КубГТУ, 2014

## Содержание

Нормативные ссылки .....	4
Сокращения .....	5
Введение .....	5
1 Цель курсовой работы .....	6
2 Тематика курсовой работы .....	8
3 Задание на курсовую работу .....	8
4 Содержание курсовой работы .....	9
4.1 Иллюстративная часть курсовой работы .....	9
4.2 Пояснительная записка .....	10
5 Методические рекомендации по выполнению курсовой работы .....	11
5.1 Назначение, конструкция детали .....	11
5.2 Анализ технологичности конструкции детали .....	12
5.3 Определение типа производства .....	13
5.4 Выбор заготовки .....	15
5.5 Выбор технологических баз .....	21
5.6 Выбор вариантов технологических маршрутов обработки поверхностей детали .....	25
5.7 Разработка маршрутной технологии. Построение операций...	28
5.8 Выбор оборудования и средств технологического оснащения.	29
5.9 Расчет припусков на обработку и операционных размеров .....	32
5.10 Расчет режимов резания .....	33
5.11 Расчет норм времени операций техпроцесса .....	35
Заключение .....	36
Список рекомендуемой литературы .....	37
Приложение А (обязательное) Форма титульного листа курсовой работы.....	38
Приложение Б (обязательное) Форма задания на курсовое проектирование .....	39
Приложение В (справочное) Пример оформления реферата .....	40
Приложение Г (справочное) справочные данные .....	41

## Нормативные ссылки

В настоящих методических указаниях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 1.5-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные РФ. Правила построения, изложения, оформления и обозначения

ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи

ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы

ГОСТ 2.302-68 ЕСКД. Масштабы

ГОСТ 3.1105-84 ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения

ГОСТ 3.1107-81 ЕСТД. Опоры, зажимные и установочные устройства

ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутной карты

ГОСТ 3.1119-83 ЕСТД. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологический процессы

ГОСТ 3.1121-84 ЕСТД. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы

ГОСТ 1122-84 ЕСТД. Формы и правила оформления документов специального назначения. Ведомости технологические

ГОСТ 3.1201-85 ЕСТД. Система обозначения технологических документов. Основные положения

ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием

ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием

ГОСТ 3.1703-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы

ГОСТ 2.309-73 ЕСТД. Обозначения шероховатости поверхностей

ГОСТ 14.201-83 ЕСТПП. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования

ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски

ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку

## Сокращения

**ТПП** – технологическая подготовка производства

**ТП** – технологический процесс

**МЦС** – многоцелевой станок

**ГПС** – гибкая производственная система

**ГПМ** – гибкий производственный модуль

**РТК** – роботизированный технологический комплекс

**МК** – маршрутная карта технологического процесса

## Введение

В соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта Высшего профессионального образования по направлению подготовки 151900 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (квалификация (степень) «Бакалавр»), утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ 24 декабря 2009 г. N 827, область профессиональной деятельности выпускников включает: совокупность средств, способов и методов деятельности, направленных на создание конкурентоспособной машиностроительной продукции, совершенствование национальной технологической среды; обоснование, разработку, реализацию и контроль норм, правил и требований к машиностроительной продукции различного служебного назначения, технологии ее изготовления и обеспечения качества; разработку новых и совершенствование действующих технологических процессов изготовления продукции машиностроительных производств, средств их оснащения.

При изучении дисциплины «Технология машиностроения» студент должен научиться решать следующие профессиональные задачи производственно-технологической деятельности:

- освоение на практике и совершенствование технологий, систем и средств машиностроительных производств;
- участие в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий;
- участие в мероприятиях по эффективному использованию материалов, оборудования инструментов, технологической оснастки, средств автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов;
- выбор материалов и оборудования и других средств технологического оснащения и автоматизации для реализации производственных и технологических процессов;
- участие в организации эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой машиностроительной продукции;

- использование современных информационных технологий при изготовлении машиностроительной продукции;
- участие в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний;
- практическое освоение современных методов организации и управления машиностроительными производствами;
- участие в разработке программ и методик испытаний машиностроительных изделий, средств технологического оснащения, автоматизации и управления;
- контроль за соблюдением технологической дисциплины;
- участие в оценке уровня брака машиностроительной продукции и анализе причин его возникновения, разработке мероприятий по его предупреждению и устранению;
- метрологическая поверка средств измерения основных показателей качества выпускаемой продукции;
- подтверждение соответствия выпускаемой продукции требованиям регламентирующей документации;
- участие в работах по доводке и освоению технологических процессов, средств и систем технологического оснащения, автоматизации машиностроительных производств, управления, контроля, диагностики в ходе подготовки производства новой продукции, оценке инновационного потенциала проекта;
- участие в разработке планов, программ и методик и других текстовых документов, входящих в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации;
- участие в работах по стандартизации и сертификации технологических процессов, средств технологического оснащения, автоматизации и управления, выпускаемой продукции машиностроительных производств;
- контроль за соблюдением экологической безопасности машиностроительных производств.

## **1 Цель курсового проекта**

Работа над курсовым проектом должна способствовать освоению студентом следующих профессиональных компетенций (ПК) в области производственно-технологической деятельности:

- способностью осваивать на практике и совершенствовать технологии, системы и средства машиностроительных производств (ПК-20);
- способностью участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий (ПК-21);
- способностью выполнять мероприятия по эффективному использованию материалов, оборудования, инструментов, технологической

оснастки, средств автоматизации, алгоритмов и программ выбора и расчетов параметров технологических процессов (ПК-22);

- способностью выбирать материалы, оборудование и другие средства технологического оснащения и автоматизации для реализации производственных и технологических процессов (ПК-23);

- способностью участвовать в организации эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, готовой машиностроительной продукции (ПК-24);

- способностью использовать современные информационные технологии при изготовлении машиностроительной продукции (ПК-25);

- способностью участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний (ПК-26);

- способностью осваивать и применять современные методы организации и управления машиностроительными производствами (ПК-27);

- способностью участвовать в разработке программ и методик испытаний машиностроительных изделий, средств технологического оснащения, автоматизации и управления (ПК-28);

- способностью осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины (ПК-29);

- способностью принимать участие в оценке уровня брака машиностроительной продукции и анализе причин его возникновения, разработке мероприятий по его предупреждению и устранению (ПК-30);

- способностью осуществлять метрологическую поверку средств измерения основных показателей качества выпускаемой продукции (ПК-31);

- способностью выполнять работу по определению соответствия выпускаемой продукции требованиям регламентирующей документации (ПК-32);

- способностью выполнять работы по доводке и освоению технологических процессов, средств и систем технологического оснащения, автоматизации машиностроительных производств, управления, контроля, диагностики в ходе подготовки производства новой продукции, оценке их инновационного потенциала (ПК-33);

- способностью разрабатывать планы, программы и методики, другие текстовые документы, входящие в состав конструкторской, технологической и эксплуатационной документации (ПК-34);

- способностью выполнять работы по стандартизации и сертификации технологических процессов, средств технологического оснащения, автоматизации и управления, выпускаемой продукции машиностроительных производств (ПК-35);

- способностью проводить контроль соблюдения экологической безопасности машиностроительных производств (ПК-36);

В процессе выполнения курсовой работы студент должен приобрести следующие *умения*:

- выбирать рациональные технологические процессы изготовления продукции машиностроения, инструменты, эффективное оборудование;
- определять технологические режимы и показатели качества функционирования оборудования, рассчитывать основные характеристики и оптимальные режимы работы;

Выполнение курсовой работы способствует *овладению*:

- навыками проектирования типовых технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;
- навыками выбора оборудования, инструментов, средств технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления продукции;

В процессе выполнения курсовой работы студенты получают навыки самостоятельной разработки прогрессивных технологических процессов, обеспечивающих высокую производительность труда при минимальной себестоимости и в заданном количестве продукции, реализуемых на базе современных технических средств; учатся пользоваться справочной литературой, ГОСТами и средствами вычислительной техники.

При курсовом проектировании особое внимание уделяется обоснованию принимаемых вариантов технологических решений – выбор маршрута обработки отдельных поверхностей и детали в целом; определение состава и структуры технологических операций; назначение типа и модели технологического оборудования и технологической оснастки.

## **2 Тематика курсовой работы**

Тема курсовой работы определяется направлением индивидуальной подготовки студента и по своему уровню должна соответствовать перспективам развития техники и технологии, как на мировом, так и на отечественном уровне.

В общем случае тема курсовой работы формулируется следующим образом: Проект технологического процесса изготовления типовой детали.

В теме курсовой работы могут быть указаны конкретные условия реализации технологического процесса: в условиях ремонтного предприятия, в условиях применения МЦС, ГПС, ГПМ, РТК и т.п.

## **3 Задание на курсовую работу**

Задание на курсовую работу студенты получают на кафедре Машиностроения и автомобильного транспорта из альбома заданий. Задание выдается в течение первой недели курсового проектирования руководителем

курсового проектирования, подписывается им, студентом – исполнителем и утверждается заведующим кафедрой.

В задание на курсовую работу должны входить:

- чертеж сборочного узла с техническими требованиями к сборке;
- рабочий чертеж детали, на которую разрабатывается технологический процесс;

- объем выпуска изделий;

- рекомендуемые информационные источники.

Задание на курсовую работу оформляется на отдельном бланке согласно приложению А и помещается в пояснительную записку после титульного листа.

## **4 Содержание курсовой работы**

Курсовая работа содержит:

- иллюстративную часть;
- пояснительную записку;
- технологическую документацию (в приложении к пояснительной записке).

### **4.1 Иллюстративная часть курсовой работы**

Иллюстративная часть курсовой работы выполняется на 2-х листах формата А1 и содержит:

- рабочий чертеж детали с техническими требованиями к ее изготовлению и чертеж заготовки детали с техническими требованиями к ней – 0,5 листа;

- технологические маршруты обработки поверхностей – 0,5 листа;

- маршрут изготовления детали – 1 лист;

*Рабочий чертеж детали и чертеж заготовки* могут выполняться на отдельных форматах или совмещаться на одном чертеже с выделением детали и заготовки линиями различным цветом. На рабочем чертеже детали указываются номера обрабатываемых поверхностей.

*Технологические маршруты обработки поверхностей* детали оформляются в виде таблицы, содержащей номера обрабатываемых поверхностей, их тип и варианты маршрутов обработки с выделением принятого маршрута. Форма штампа на первом листе – конструкторская.

*Маршрутный технологический процесс* изготовления детали оформляется в виде таблицы, содержащей следующие графы:

1. Номер, наименование и содержание операции. Операции нумеруются через пятерку (05, 10, 15, 20, 25 и т.д.). Наименование операции определяется либо типом применяемого оборудования (токарная, фрезерная,

сверлильная, многоцелевая, фрезерно-сверлильно-расточная, шлифовальная и т.п.), либо видом выполняемых на ней работ (термическая, слесарная, контрольная и т.п.). Содержание операции отражается в виде перечня основных и вспомогательных переходов, составленного в порядке их выполнения.

2. Операционный эскиз, отражающий состояние заготовки детали на момент окончания выполнения данной операции. На операционном эскизе указываются:

- поверхности, обработанные на данной операции (выделяются двойной основной линией);

- размеры этих поверхностей, достигнутые в результате выполнения данной операции, их точность (в виде допуска) и качество (в виде шероховатости и (при необходимости) твердости);

- схема базирования, используемая при выполнении данной операции.

3. Обозначение применяемого на операции технологического оборудования (станков).

4. Обозначение применяемой на операции технологической оснастки (приспособления).

5. Перечень применяемых на операции режущих инструментов.

6. Перечень применяемой на операции вспомогательной оснастки.

7. Перечень применяемых на операции средств контроля размеров и состояния обрабатываемых поверхностей.

Форма штампа на втором листе – технологическая.

## **4.2 Пояснительная записка**

Пояснительная записка объемом 25-30 страниц оформляется на листах А4 с основной надписью, в соответствии с ЕСКД.

Пояснительная записка включает следующие элементы:

Титульный лист (Приложение Б);

Задание на курсовую работу (Приложение А);

Реферат (Приложение В):

Нормативные ссылки

Содержание

Введение

1 Назначение, конструкция детали

2 Анализ технологичности конструкции детали

3 Определение типа производства

4 Выбор заготовки

5 Выбор технологических баз

6 Выбор вариантов технологических маршрутов обработки поверхностей детали

7 Разработка маршрутной технологии. Построение операций

8 Выбор оборудования и средств технологического оснащения

- 9 Расчет припусков на обработку и операционных размеров
- 10 Расчет режимов резания
- 11 Расчет норм времени операций техпроцесса
- Заключение
- Список чертежей проекта
- Список использованных источников
- Приложения:
- Титульный лист комплекта технологической документации
- Маршрутные карты технологического процесса механической обработки деталей

## **5 Методические рекомендации по выполнению курсовой работы**

### **Введение**

Во введении рассматриваются особенности современного этапа развития машиностроения как базовой отрасли хозяйственного комплекса в том числе перспективы развития той отрасли, к работе в которой готовится выпускник данного направления. Используются при написании введения информация ежегодных посланий президента, статьи газет, журналов, интернет-сайтов.

### **5.1 Назначение, конструкция детали**

Раздел начинается с определения класса деталей, к которому относится заданная в проекте деталь (класс валов, полых цилиндров, зубчатых колес, корпусов, рычагов, вилок и т.п.).

Далее дается описание работы и назначение узла в машине и детали в узле.

При этом указываются основные и вспомогательные конструкторские базы, исполнительные поверхности. Здесь же анализируются допуски на размеры, форму и взаимное расположение поверхностей детали, указывается, почему к этим поверхностям предъявляются такие требования. При необходимости такой анализ сопровождается эскизами.

В этом же разделе описывается вид термической обработки детали и цель ее проведения.

Заканчивается раздел таблицами химического состава и механических свойств материала детали.

*Например:*

*Таблица 1* Химический состав материала детали, в %

<b>Марка материала</b>	<b><i>C</i></b>	<b><i>Si</i></b>	<b><i>Mn</i></b>	<b><i>P</i></b>	<b><i>S</i></b>
Сталь 45	0,42 – 0,50	0,50 – 0,80	0,17-0,37	До 0,035	До 0,040

ГОСТ 1050-88					
-----------------	--	--	--	--	--

## 5.2 Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности является одним из важных этапов в разработке технологического процесса, обуславливает его основные технико-экономические показатели: металлоемкость, трудоемкость, себестоимость.

Анализ технологичности проводится, как правило, в два этапа: качественный анализ и количественный анализ.

Так, детали типа валов признаются технологичными, если они отвечают следующим требованиям:

- возможность максимального приближения формы и размеров заготовки к размерам и форме детали;
- возможность вести обработку проходными резцами;
- уменьшение диаметров поверхностей от середины к торцам вала или от одного торца к другому;
- возможность замены закрытых шпоночных пазов открытыми;
- жесткость вала обеспечивает достижение необходимой точности при обработке ( $l/d < 10 \dots 12$ ).

Зубчатые колеса признаются технологичными, если они имеют:

- центральное отверстие простой формы;
- простую конфигурацию наружного контура (наиболее технологичными являются зубчатые колеса простой формы без выступающих ступиц);
- ступицы с одной стороны, что позволяет обрабатывать на зубофрезерных станках по две детали;
- симметрично расположенную перемычку между венцом и ступицей, что уменьшает коробление детали при термообработке;
- возможность штамповки фигурной перемычки между венцом и ступицей; достаточное расстояние между венцами для обработки на зубофрезерных станках (для двухвенцовых зубчатых колес).

Для всех классов деталей признаются нетехнологичными следующие элементы:

- глубокие отверстия ( $l/d > 5$ );
- отверстия, расположенные под углом к оси, плоскости и т.п.;
- глухие отверстия с резьбой;
- закрытые с одной или двух сторон пазы.

Не являются нетехнологичными требования к точности размеров и формы поверхностей деталей и шероховатости, так как они вытекают из служебного назначения детали и не определяют ее конструкцию.

Количественная оценка технологичности выполняется согласно ГОСТ 14.201.

В курсовом проекте количественную оценку технологичности конструкции детали можно производить по следующим коэффициентам:  
*коэффициенту унификации конструктивных элементов детали*

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{э.у.}}{Q_э}, \quad (1)$$

где  $Q_{э.у.}$  – число унифицированных элементов детали, шт.,  $Q_э$  – общее число конструктивных элементов детали, шт.;

*коэффициенту использования материала*

$$K_{и.м.} = \frac{m_д}{m_з}, \quad (2)$$

где  $m_д$  – масса детали по чертежу, кг,  $m_з$  – масса материала заготовки с неизбежными технологическими потерями, кг;

*коэффициенту точности обработки детали*

$$K_{ТЧ} = \frac{Q_{ТЧ.Н}}{Q_{ТЧ.О}}, \quad (3)$$

где  $Q_{ТЧ.Н}$  – число размеров не обоснованной степени точности обработки,  $Q_{ТЧ.О}$  – общее число размеров, подлежащих обработке;

*коэффициенту шероховатости поверхностей детали*

$$K_{ш} = \frac{O_{ш.н.}}{O_{ш.о.}}, \quad (4)$$

где  $O_{ш.н.}$  – число поверхностей детали не обоснованной шероховатости, шт.,  $O_{ш.о.}$  – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

В заключение необходимо дать общую оценку технологичности изделия.

### 5.3 Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий.

В зависимости от величины программы и характеристики выпускаемой продукции различают единичное, серийное и массовое производства.

Под единичным производством понимают изготовление машин (изделий), характеризующееся малым объемом выпуска одинаковых машин (изделий), повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается. Продукция единичного производства – опытные образцы, тяжелые машины, уникальные станки т. п.

Под серийным производством понимают изготовление или ремонт изделий периодически повторяющимися партиями по неизменным чертежам

в течение продолжительного промежутка календарного времени. Различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства.

Продукция серийного производства – станки, компрессоры, судовые двигатели и т. п. – выполняется периодически повторяющимися партиями.

Под массовым производством понимают непрерывное изготовление или ремонтирование изделий в больших объемах по неизменным чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция. Продукция массового производства – автомобили, холодильники, часы, телевизоры, и т.п.

При отсутствии базовой (производственной) технологии в курсовом проекте тип производства определяется в зависимости от массы детали и объема производства по табл. 2 [1].

*Таблица 2 Определение типа производства [1]*

Тип производства	Годовой объем производства деталей одного наименования, шт.		
	тяжелых (крупных) массой свыше 30 кг	средних массой до 30 кг	легких (мелких) массой до 6 кг
единичное	до 5	до 10	до 100
мелкосерийное	6 – 100	11 – 200	101 – 500
среднесерийное	101 – 300	201 – 1000	501 – 5000
крупносерийное	301 – 1000	1001 – 5000	5001 – 50000
массовое	свыше 1000	свыше 5000	свыше 50000

Годовая программа изготовления деталей в штуках определяется с учетом запасных частей и возможных потерь по формуле

$$N = N_1 m \left( 1 + \frac{\beta}{100} \right), \quad (5)$$

где  $N_1$  – объем производства изделий, шт./год;  $m$  – количество деталей данного наименования в одном изделии;  $\beta$  – для дополнительно изготавливаемых деталей для запасных частей и для восполнения возможных потерь в процентах ( $\beta = 5...7 \%$ ).

Для условий серийного производства количество деталей в партии для одновременного запуска допускается определять по следующей упрощенной формуле [1, 2, 3]:

$$n = \frac{N\alpha}{F}, \quad (6)$$

где  $\alpha$  – число дней, на которые необходимо иметь запас деталей на складе (для обеспечения сборки, рекомендуется принимать  $\alpha = 10$ );  $F$  – число рабочих дней в году (можно принимать  $F = 240$ ).

В рамках курсовой работы полное нормирование технологического процесса не выполняется, поэтому тип производства определяется без уточнения по коэффициенту закрепления операций.

## 5.4 Выбор заготовки

Правильный выбор заготовки оказывает непосредственное влияние на возможность рационального построения технологического процесса изготовления, как отдельных деталей, так и машины в целом, способствует снижению удельной металлоемкости машин и уменьшению отходов.

Наиболее распространенные в машиностроении методы получения заготовок (литье, штамповка и др.) могут быть реализованы разными способами (литье в кокиль, литье по выплавляемым моделям; штамповка на ГШП, штамповка на ГKM и т. д.), выбор которых требует технико-экономического обоснования.

В рамках курсовой работы студент должен осуществить двух этапный выбор способа получения заготовки. На первом этапе производится предварительная качественная оценка методов и способов получения заготовки. На втором этапе – два-три преимущественных способа сравниваются по экономической эффективности, таким образом, выбирается оптимальный способ.

Основными факторами, определяющими выбор метода и способа получения заготовок, являются нижеследующие.

1. *Форма и размеры заготовки.* Наиболее сложные по конфигурации заготовки получают различными способами литья. Для заготовок, получаемых методом пластического деформирования характерна более простая конфигурация, отсутствие отверстий и полостей. Для самых простых по форме деталей заготовкой является металлургический прокат в виде прутков различного сечения и труб, а также прокат периодического сечения, изготавливаемого на специализированном оборудовании.

2. *Точность формы, размеров и качество поверхностного слоя заготовок.* Требуемая точность геометрических форм и размеров заготовок существенно влияет на их себестоимость. Чем выше требования к точности отливок, штамповок и других заготовок, тем выше стоимость их изготовления. Это определяется главным образом увеличением стоимости формообразующей оснастки (модели, штампы, пресс-формы), уменьшением допуска на ее износ, применением оборудования с более высокими параметрами точности (и, следовательно, более дорогого), увеличением расходов на его содержание и эксплуатацию. Качество поверхностного слоя заготовки сказывается на возможности ее последующей обработки и на эксплуатационных свойствах детали, таких как усталостная прочность, износостойкость и др. Оно формируется практически на всех стадиях изготовления заготовки. Технологический процесс определяет не только микрогеометрию поверхности, но и физико-механические свойства поверхностного слоя.

3. *Технологические свойства материала.* Методы получения заготовок накладывают вполне определенные ограничения на использование тех или иных конструкционных материалов, которые определяются по доста-

точности литейных свойств, пластичности, свариваемости и других характеристик. При наличии достаточного комплекса всех этих свойств у материала его выходные механические характеристики могут сильно различаться у заготовок, полученными всеми возможными методами. Так, известно, что литые заготовки имеют крупнозернистое строение, неоднородность механических свойств и химического состава по сечению отливки. Пластически деформированный металл обладает ярко выраженной текстурой в виде волокнистого строения мелких зерен; анизотропией механических свойств в зависимости от направления волокон; наклепом. В целом же, пластически деформированные заготовки обладают более высокими прочностными свойствами по сравнению с литыми.

4. *Объем выпуска продукции.* Количество предполагаемых к изготовлению изделий определяет выбор способа изготовления заготовок, поскольку наиболее технически и экономически совершенные способы требуют больших начальных затрат на приобретение оборудования и технологической оснастки. С увеличением количества выпускаемых изделий удельные затраты на единицу продукции снижаются и возможно использование более прогрессивных способов получения заготовок.

5. *Производственные возможности предприятия.* Наличие технической базы позволяет организовать выпуск новой продукции с минимальными затратами времени на подготовку и освоение производства. Поэтому, проектирование нового технологического процесса необходимо увязывать с возможностями действующего производства, загрузкой его оборудования. В то же время, при ориентации на использование новых способов получения заготовок необходима тщательная технологическая подготовка производства, приобретение и изготовление нового оборудования и оснастки, что существенно удлиняет сроки подготовки производства. В рамках курсового проекта отсутствует привязка к конкретному предприятию, поэтому при выборе метода и способа получения заготовки данный критерий можно не учитывать.

6. *Сроки освоения производства.* Данный критерий характеризует промежуток времени, необходимый предприятию на освоение нового для себя способа получения заготовок.

Сроки освоения производства определяются сложностью изготавливаемого изделия, характером применяемых технологических процессов и типом производства. Чем больше количество и сложность используемого оборудования и оснастки, тем больше сроки освоения производства.

Предварительно выбор заготовки может быть осуществлен на основе комплексного анализа указанных выше факторов с помощью матрицы их влияния (табл. 2) [4, 5].

Оценка осуществляется путем суммирования баллов, присвоенных каждому из возможных способов получения заготовки по перечисленным выше факторам. Возможность использования того или иного способа по

конкретному фактору оценивается знаками плюс «+» или минус «-». Лучшим является способ, набравший наибольшее число баллов.

Анализ матрицы, представленной в табл. 2, показал, что равное наибольшее количество баллов (4) набрали три способа получения заготовок.

Однако отсутствие необходимых технологических свойств материала для использования метода литья ограничивает этот выбор до двух способов штамповки. Качественное сравнение этих вариантов не дает явного преимущества тому или иному способу, поэтому необходимо укрупненное проектирование обеих заготовок и технологических маршрутов их обработки.

На втором этапе выбора способа получения заготовки производим укрупненный расчет себестоимости способов, набравших наибольшее количество баллов при качественном сравнении.

Таблица 2 Матрица влияния факторов (пример) [4, 5]

Методы и способы получения заготовок	Факторы выбора метода и способа получения заготовки					Сумма факторов
	Форма и размеры заготовок	Точность формы, размеров и качество поверхностного слоя заготовок	Технологические свойства материала	Объем выпуска продукции	Сроки освоения производства	
<i>Литье:</i>						
под давлением	+	+	-	-	-	2
по выплавляемым моделям	+	+	-	+	+	4
в кокиль	+	+	-	-	+	3
<i>Ковка</i>	+	-	+	-	+	3
<i>Штамповка:</i>						
на молотах	+	-	+	+	+	4
на ГКМ	+	+	+	+	-	4

Себестоимость заготовки из проката упрощенно можно определить по затратам на материал, необходимого для ее получения. Затраты на материал определяются по массе проката, требующегося на изготовление детали, и массе сдаваемой стружки. При этом необходимо учитывать стандартную длину прутков и отходы в результате некратности длины заготовок этой стандартной длине:

$$M = \left[ QS - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000} \right] k_{инф}, \quad (7)$$

где  $Q$  – масса заготовки, кг;  $S$  – цена 1 кг материала заготовки, р.;  $q$  – масса готовой детали, кг;  $S_{отх}$  – цена 1 т отходов, р.;  $k_{инф}$  – инфляционный коэффициент, необходимый для приведения уровня цен к современным условиям (применительно к 2013 – 2014 гг.  $k_{инф} = 1,06$ , его величина может корректироваться руководителем курсового проекта).

Стоимость некоторых металлов и заготовительные цены на стружку черных и цветных металлов приводятся в табл. 1 и 2 приложения В.

Стоимость заготовок, получаемых такими способами, как литье в обычные земляные формы и кокиль, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением; горячая штамповка на молотах, прессах, ГКМ, КГШП, а также электровысадкой, можно с достаточной для курсовой работы точностью определить по формуле [3]:

$$S_{заг} = \left[ \left( \frac{C_i}{1000} Q k_m k_c k_v k_M k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{отх}}{1000} \right] k_{инф}, \quad (8)$$

где  $C_i$  – базовая стоимость 1 т заготовок, р.;  $k_m, k_c, k_v, k_M, k_{II}$  – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

Для отливок, полученных литьем в песчано-глинистые формы и кокили, рекомендуется пользоваться нижеприведенными данными [3].

Базовая стоимость 1 т отливок  $C1 = 75000$  р. (отливки из серого чугуна марок СЧ10; СЧ15; СЧ18 массой 1 – 3 кг, 3-го класса точности по ГОСТ 26645–85, 3-й группы сложности и 3-й группы серийности).

Коэффициенты выбираются по следующим данным [3].

В зависимости от точности отливок значения коэффициента  $k_m$ :

- для отливок из черных металлов:

1-й класс точности  $k_m = 1,1$ ;

2-й класс точности  $k_m = 1,05$ ;

3-й класс точности  $k_m = 1,0$ ;

- для отливок из цветных металлов:

4-й класс точности  $k_m = 1,1$ ;

5-й класс точности  $k_m = 1,05$ ;

6-й класс точности  $k_m = 1,1$ .

В зависимости от марки материала значения коэффициента  $k_m$  следующие:

- для чугуна:

СЧ10, СЧ15, СЧ18-1, СЧ20, СЧ25, СЧ30  $k_m = 1,04$ ;

СЧ35, СЧ40, СЧ45  $k_m = 1,08$ ;

ВЧ45-5, ВЧ50-2  $k_m = 1,19$ ;

КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10  $k_m = 1,12$ ;

- для стали:
- углеродистой  $k_m = 1,22$ ;
- низколегированной  $k_m = 1,26$ ;
- легированной  $k_m = 1,93$ ;
- для сплавов цветных металлов:
- алюминиевых  $k_m = 5,94$ ;
- медноцинковых  $k_m = 5,53$ ;
- бронзы оловянисто-свинцовой  $k_m = 1,04$ ;

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок  $k_c$ , массы отливок  $k_v$  и объема производства  $k_p$  определяются по табл. 3 Приложения Г.

Для определения коэффициента  $k_p$  необходимо сначала установить группу серийности по табл. 4 Приложения Г, затем на основании группы серийности по табл. 3 Приложения Г найти значения  $k_p$ .

Для отливок, полученных литьем по выплавляемым моделям, за базовую принята стоимость 1 т.  $C_2 = 95000$  р. (отливки из углеродистой стали массой 0,1 – 0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности) [3].

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

- а) независимо от точности отливок коэффициента  $k_m$  равен 1.
- б) в зависимости от материала отливок значения коэффициента  $k_m$  следующие:

- для стали:
- углеродистой – 1,
- низколегированной – 1,08,
- высоколегированной – 1,1;
- медных сплавов – 2,44;
- бронзы:
- безоловянистой – 2,11,
- оловянистой – 2,4.

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок  $k_c$  и массы  $k_v$ , принимаются по табл. 5 Приложения Г.

Коэффициент  $k_p$  для отливок, получаемых по выплавляемым моделям, определяется независимо от марки материала отливки. Группа серийности, на основании которой выбираются значения коэффициента  $k_p$  приведена в табл. 4 Приложения Г.

Значения коэффициента  $k_p$  в зависимости от группы серийности составляют:

- 1-я группа серийности – 0,83;
- 2-я группа серийности – 1;
- 3-я группа серийности – 1,23.

Для отливок, полученных литьем под давлением, в качестве базовой принята стоимость 1 т отливок  $C_3 = 160000$  р. (отливки из алюминиевых

сплавов, массой 0,1 – 0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности) (<http://www.flagman-klg.ru/>).

Коэффициенты выбираются по следующим данным [3]:

а) независимо от класса точности значения коэффициента  $k_m$  принимают равными 1;

б) в зависимости от материала отливок коэффициент  $k_m$  принимается: для алюминиевых сплавов – 1; медных – 1,11; цинковых – 1,29.

Значения коэффициентов  $k_c$ ,  $k_v$  и  $k_p$  для отливок, полученных литьем под давлением, приведены в табл. 6 Приложения Г. Группа серийности принимается по табл. 4 Приложения Г.

Отливки к той или иной группе сложности можно отнести по следующим признакам.

I группа – удлиненные детали типа тел вращения, которые можно отливать не только стационарным, но и центробежным способом. К ним относятся простые и биметаллические вкладыши, некоторые втулки и гильзы, трубы, цилиндры, некоторые типы шпинделей с фланцами, коленчатые и распределительные валы и др. Отношение длины к диаметру у таких деталей больше единицы.

II группа – детали типа дисков: маховики и основные диски муфт сцепления, шкивы, диски, корпуса подшипников.

III группа – простые по конфигурации коробчатые плоские детали, для формовки которых не требуется большого количества стержней. К этой группе относятся передние, боковые и нижние крышки двигателей; крышки коробок скоростей, передних бабок и других корпусных деталей; суппорты станков; кронштейны; планки; вилки; рычаги.

IV группа – закрытые корпусные детали коробчатого типа, внутри которых монтируются механизмы машин. Это – блоки и головки цилиндров автомобильных, тракторных и других двигателей; корпуса коробок передач; картеры двигателей; корпуса мостов автомобилей и тракторов; картеры рулевого управления; передние бабки, коробки подач и фартуки токарных станков, коробки скоростей и подач сверлильных станков и другие детали сложной формы, для изготовления которых требуется значительное количество стержней при формовке.

V группа – крупные и тяжелые коробчатые детали, на которых обычно монтируются узлы и механизмы машин. К ним можно отнести коробчатые литые рамы тракторов и сельскохозяйственных машин, станины металлорежущих станков и литейных машин, а также прессов, компрессоров и др. Внутри таких деталей обычно не монтируются какие-либо механизмы, т. е. они служат как несущие конструкции.

Стоимость горячештампованных заготовок (полученных на молотах, прессах, горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) и электровысадкой) определяется следующим образом. За базу принимается стоимость 1 т штамповок  $C_4 = 40100$

р. (штамповки из конструкционной углеродистой стали массой 2,5 – 4 кг, класса точности Т4 по ГОСТ 7505-89 [14], 3-й группы (степени) сложности, 2-й группы серийности) [6].

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от класса точности штамповок по ГОСТ 7505-89 значения коэффициента  $k_t$  принимаются:

классы точности Т1, Т2 – 1,1;

класс точности Т3 – 1,05;

классы точности Т4, Т5 – 1,0;

б) в зависимости от марки материала штамповки значения коэффициента  $k_m$  составляют:

для углеродистых сталей 08...85 – 1;

сталей 15Х...50Х – 1,13;

сталей 18ХГТ...30ХГТ – 1,21;

стали ШХ15 – 1,77;

сталей 12ХНЗА...30ХНЗА – 1,79.

Значения коэффициентов  $k_s$  и  $k_v$  приведены в табл. 7 Приложения В.

Коэффициент  $k_p$  определяется из условия: если объем производства заготовок больше значений, указанных в табл. 8 приложения Г, принимают  $k_p = 0,8$ , в остальных случаях  $k_p = 1,0$ . Группа (степень) сложности определяется по ГОСТ 7505-85.

## 5.5 Выбор технологических баз

На основе анализа чертежей детали и заготовки необходимо предварительно определить возможные схемы базирования, которые могут быть уточнены в дальнейшем при разработке маршрутного технологического процесса.

*Базирование* – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

*Опорная точка* – точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат.

*Базой* называется поверхность или выполняющее эту функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию используемая для базирования.

*Комплект баз* – совокупность трех баз, образующих систему координат заготовки или изделия.

Базы классифицируют по назначению, лишаемым степеням свободы характеру проявления.

*Конструкторская база* – база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

*Основная база* – конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения ее положения в изделии.

*Вспомогательная база* – конструкторская база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и используемая для определения положения присоединяемых деталей (сборочных единиц) относительно данной детали (сборочной единицы).

*Технологическая база* – база, используемая для определения относительного положения заготовки (изделия) в процессе изготовления или ремонта.

*Измерительная база* – база, используемая для определения относительного положения заготовки или детали и средств измерения.

Основными и вспомогательными могут быть только конструкторские базы. В то же время основная конструкторская база может являться измерительной или технологической.

*Установочная база* – база, лишаящая заготовку (изделие) 3-х степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

*Направляющая база* – база, лишаящая заготовку (изделие) двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой.

*Опорная база* – база, лишаящая заготовку (изделие) одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

*Двойная направляющая база* – база, лишаящая заготовку (изделие) четырех степеней свободы – перемещения вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

*Двойная опорная база* – база, лишаящая заготовку (изделие) двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей.

*Явная база* – база заготовки (изделия) в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

*Скрытая база* – база заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

Полное и краткое наименование баз по нескольким классификационным признакам ведется в следующем порядке: по назначению, по лишаемым степеням свободы, по характеру проявления. Например, «технологическая направляющая скрытая база», «измерительная опорная явная база», «конструкторская основная установочная явная база» и т.д.

При выборе технологических баз необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. В качестве технологической базы желательно выбирать конструкторскую базу.

2. На первой операции технологическую базу следует выбирать с учетом решения одной из двух задач: равномерного распределения припуска

между обрабатываемыми поверхностями детали или обеспечения размерной связи между поверхностями, подлежащими обработке и поверхностями необрабатываемыми.

3. В качестве установочной технологической базы следует выбирать поверхность, имеющую наибольшую протяженность в 2-х взаимно перпендикулярных направлениях.

4. В качестве направляющей технологической базы необходимо выбирать поверхность, имеющую наибольшую протяженность в одном направлении.

5. В качестве опорной технологической базы необходимо выбирать поверхность, имеющую наименьшие габариты.

6. Поверхности, которые будут использованы в качестве технологической базы в дальнейшем, должны быть обработаны на первой операции, желательно за один установ детали.

*Под принципом единства баз* понимается использование одних и тех же поверхностей в качестве базирующих на подавляющем большинстве операций технологического процесса. Классическим примером использования принципа единства баз является обработка детали в центрах, при которой на всех операциях, кроме первой, используются одни и те же базы.

Необходимо отметить, что правила выбора баз и принцип единства баз часто противоречат друг другу. Например, при обработке детали в центрах выполняется принцип единства баз, но не соблюдается правило выбора баз (конструкторская база не совпадает с технологической). В результате вместо одного размера (диаметра) необходимо выдерживать два размера (два радиуса). В зависимости от конкретных условий выполняем соответствующие требования теории базирования.

*Смена баз* – это преднамеренная или случайная замена одних баз другими с сохранением их принадлежности к конструкторским, технологическим или измерительным базам. Различают организованную и неорганизованную смену баз.

*Под организованной (преднамеренной) сменой баз* понимается такая смена, при которой соблюдаются определенные правила (пересчет размеров, увязка старой и новой базы, и т. д.). Организованная смена баз является управляемой.

*Под неорганизованной (случайной) сменой баз* понимается смена баз без соблюдения вышеперечисленных правил. Неорганизованная схема баз является неуправляемой.

Каждая смена баз сопровождается появлением дополнительной погрешности, так как увеличивается число звеньев в размерной цепи, появляется звено, которое «связывает» вновь избранную базу с предыдущей.

Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы все поверхности заготовки обрабатывались от одних и тех же технологических баз, т. е. соблюдался *принцип единства баз*.

Схема базирования – схема расположения опорных точек на базах заготовки или изделия. Типовые схемы базирования деталей приведены в [9].

При составлении схем базирования необходимо соблюдать следующие правила.

1. Все опорные точки на схеме базирования изображают условными обозначениями (рис. 1) и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек. В качестве примера на рис. 2 представлена схема базирования призматической детали.

2. При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую изображается одна точка и около нее проставляются номера совмещенных или совпавших точек (например, на рис. 2 точки 1 и 3, 4 и 5 на виде слева).

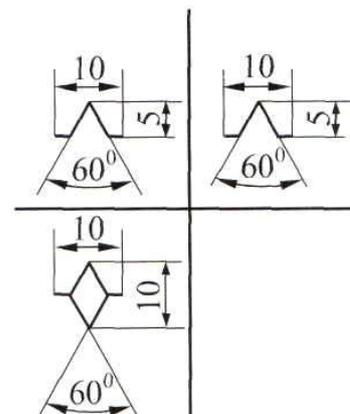


Рисунок 1 – Условное обозначение опорной точки

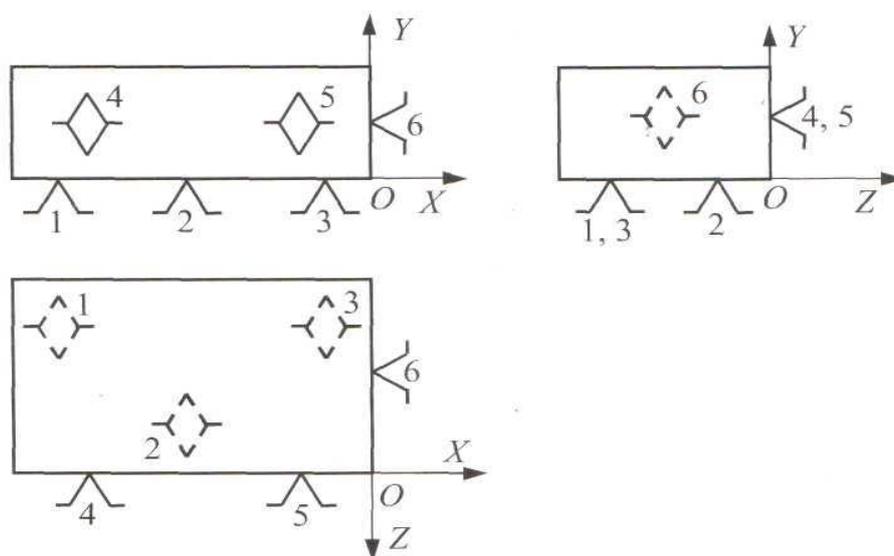


Рисунок 2 – Схема базирования призматической детали

3. Число проекций заготовки или изделия обозначение опорной точки на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о расположении опорных точек.

В рассматриваемом разделе пояснительной записки необходимо привести схемы базирования с указанием названий технологических баз и лишаемых степеней свободы. Так, например, на рис. 2:

1, 2, 3 – установочная явная база, лишает деталь 3-х степеней свободы (перемещений вдоль оси  $OY$  и вращений вокруг осей  $OX$  и  $OZ$ );

4, 5 – направляющая явная база, лишает деталь 2-х степеней свободы (перемещений вдоль оси  $OZ$  и вращений вокруг оси  $OY$ );

б – опорная явная база, лишает деталь 1 степени свободы (перемещение вдоль оси ОХ).

### 5.6 Выбор вариантов технологических маршрутов обработки поверхностей детали

Проектирование технологического процесса механической обработки начинают с выявления и нумерации элементарных поверхностей детали, подлежащих обработке. На рис. 3 показан пример детали типа «вал».

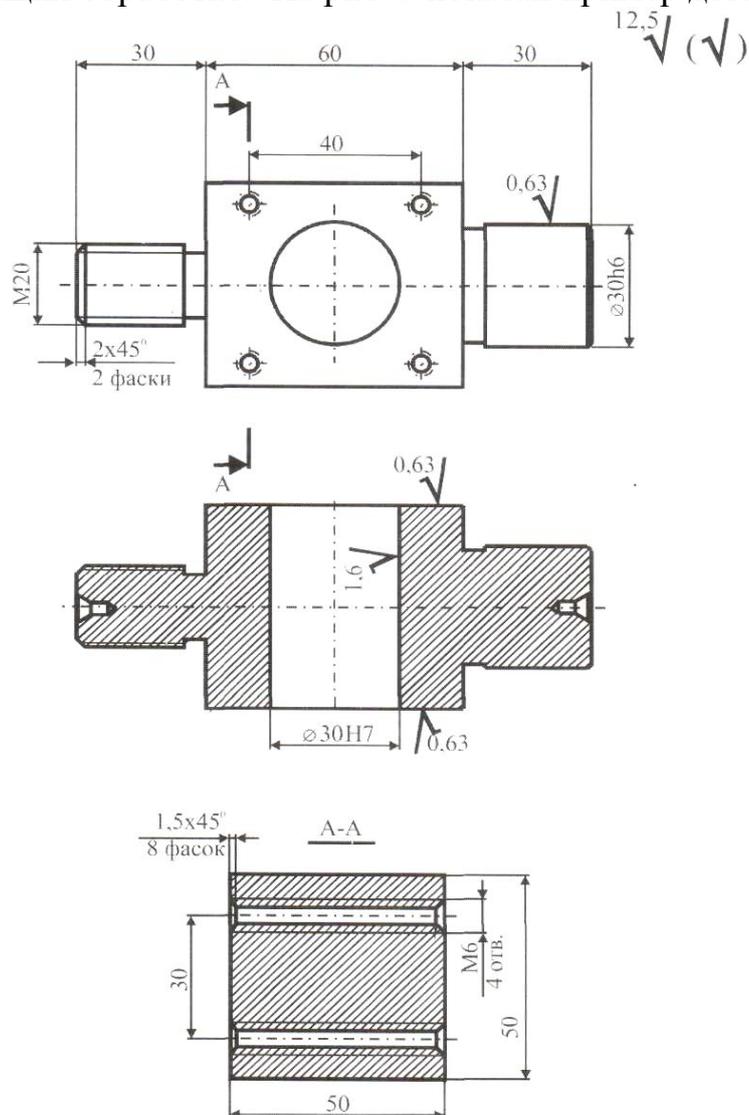


Рисунок 3 - Вал

На рис. 4 приведен пример обозначения элементарных поверхностей вала (рис.3), подлежащих обработке.

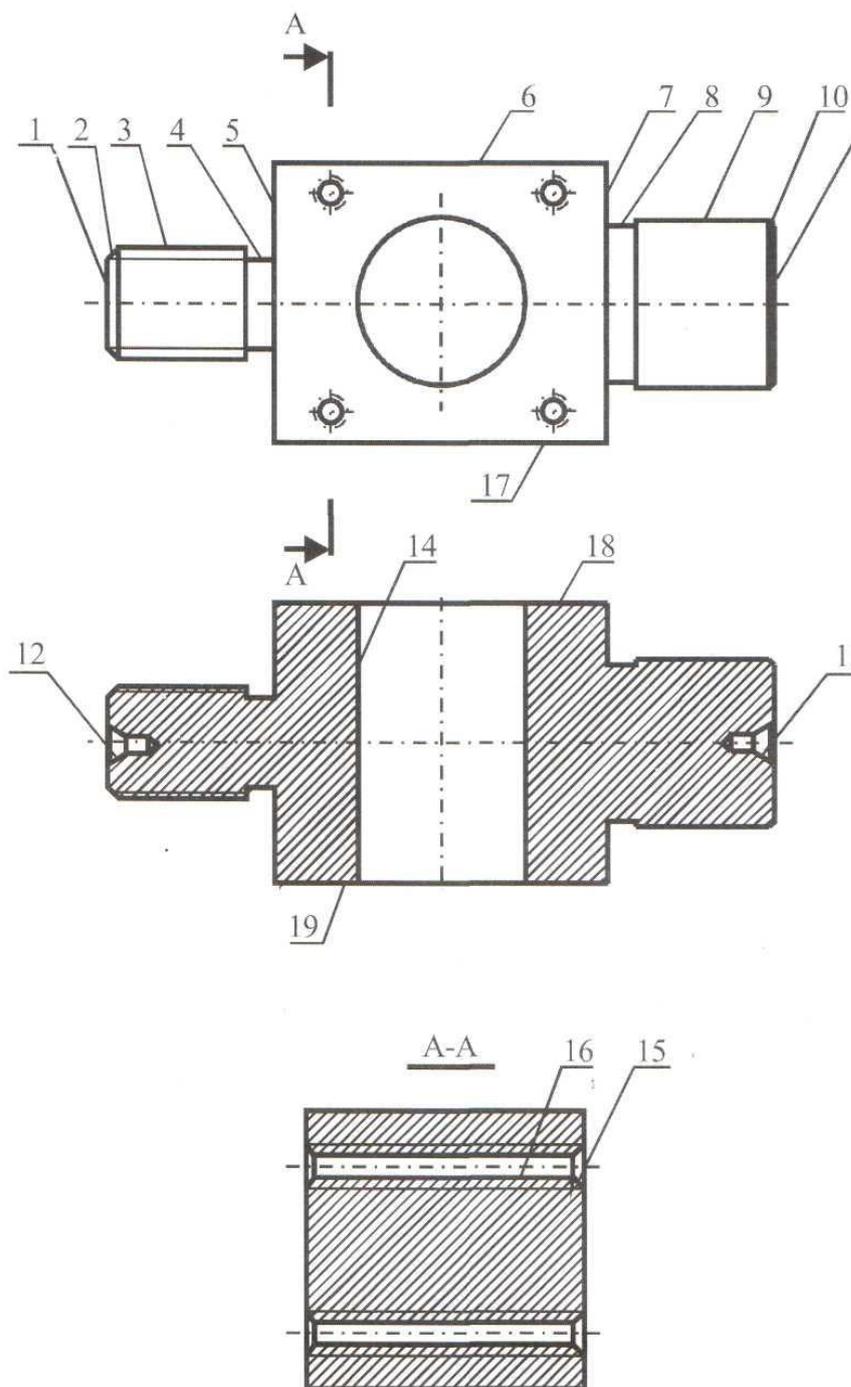


Рисунок 4 – Элементарные поверхности, обрабатываемые на валу

Далее определяются методы и виды обработки для каждой элементарной поверхности. Результаты выбора заносятся в табл. 3.

Таблица 3 - Назначение методов и видов обработки поверхностей

Номер и название поверхности	Шероховатость поверхности по чертежу (Ra, мкм)	Точность размера поверхности по чертежу, (IT качество)	Метод обработки	Вид обработки (стадия)	Шероховатость, достигнутая данным видом обработки (Ra, мкм)	Точность, достигнутая данным видом обработки (IT качество)
1. Торец	2,5	14	Обтачивание с поперечной подачей	Получистовое	12,5	14
...	...	...	...	...	...	...
19.Плоскость	0,63	14	Фрезерование торцевой фрезой	Черновое	12,5	14
				Чистовое	6,3	14
			Шлифование плоское	Чистовое	1,6	14
				Тонкое	0,63	14

Примечание. В табл. 3 в качестве примера показаны маршруты обработки двух элементарных поверхностей вала (рис.3).

После назначения методов и видов обработки всех поверхностей детали определяются этапы проектируемого технологического процесса (табл. 4). Далее каждый этап разбивается на технологические операции. Обработка детали производится сначала на операциях черного (получистового) этапа, затем – чистового, тонкого и отделочного.

Таблица 4 - Этапы (стадии) обработки поверхностей в зависимости от требований к поверхности по точности и шероховатости

Требуемые качество точности и шероховатость поверхности, IT/ Ra, мкм	Этапы (стадии) обработки
12 / 12,5	1
10 / 6,3	1,2
7 / 1,25	1,2,3
6 / 0,63	1,2,3,4
Примечание: в числителе – качество точности, в знаменателе – шероховатость; цифрами обозначены стадии обработки: 1 – черновая, 2 – чистовая, 3 – тонкая, 4 – отделочная.	

## **5.7 Разработка маршрутной технологии.**

### **Построение операций**

При разработке маршрута механической обработки детали следует учитывать, что на первой технологической операции необходимо обработать те поверхности, которые будут в дальнейшем использоваться в качестве технологических баз. В первую очередь необходимо также обработать те поверхности, на которых могут обнаружиться пороки заготовки (раковины, трещины, рыхлоты и т.д.), чтобы не затрачивать понапрасну труд на обработку остальных поверхностей.

Дальнейшую последовательность обработки устанавливают в зависимости от требуемой точности. Чем точнее поверхность, тем позднее она должна обрабатываться, так как обработка последующей поверхности может вызвать погрешности ранее обработанной. Это происходит из-за перераспределения внутренних напряжений, деформаций детали после снятия каждого нового слоя металла.

Последними должны обрабатываться наиболее точные поверхности, а также поверхности с наименьшими шероховатостью и волнистостью.

Процесс механической обработки должен укладываться в следующие этапы.

1. Обработка поверхностей, образующих установочные базы для всех последующих операций.

2. Черновая обработка основных поверхностей детали.

3. Чистовая обработка основных поверхностей детали.

4. Черновая и чистовая обработка второстепенных поверхностей.

5. Термическая обработка детали, если она предусмотрена чертежом и техническими требованиями.

6. Выполнение второстепенных операций, связанных с термической обработкой.

7. Выполнение отделочных операций основных поверхностей.

8. Выполнение доводочных операций основных поверхностей.

Переходы, в которых удельный вес машинного времени достаточно велик, следует формировать в операции с расчётом возможности обслуживания одним рабочим нескольких станков или даже различных видов оборудования.

При большой программе выпуска экономично использовать наиболее производительные виды оборудования с максимальной концентрацией переходов в одной операции и максимальным совмещением их во времени. Здесь уместны три «много»: многоместная, многоинструментальная, многопозиционная обработка.

С уменьшением количества деталей формирование операций ведут путём включения в них переходов, при помощи которых решаются аналогичные задачи у разных деталей.

Из сформированных операций составляют технологический маршрут обработки детали. При этом необходимо в самых широких пределах использовать типовые технологические процессы, опыт предприятий, справочную и периодическую литературу.

## **5.8 Выбор оборудования и средств технологического оснащения**

*Выбор станочного оборудования* является одной из важнейших задач при разработке технологического процесса механической обработки заготовки. От правильного его выбора зависит производительность изготовления детали, экономное использование производственных площадей, механизации и автоматизации ручного труда, электроэнергии и в итоге себестоимость изделия.

В зависимости от объёма выпуска изделий выбирают станки по степени специализации и высокой производительности, а также станки с числовым программным управлением (ЧПУ), многоцелевые станки (МЦС), способные совмещать в одной технологической операции разнообразные методы и виды обработки.

Выбор каждого вида станка должен быть экономически и технически обоснован.

При выборе необходимо дать краткое описание моделей станков, применяемых в технологическом процессе, указать предпочтение выбранной модели станка по сравнению с другими аналогичными.

Характеризуя выбранные модели станка, можно ограничиваться краткой их технической характеристикой. Если выбранные станки специальные или специализированные, то следует описать их принципиальную схему.

При выборе станочного оборудования необходимо учитывать следующее:

- характер производства;
- методы достижения заданной точности при обработке;
- необходимую сменную (или часовую) производительность;
- соответствие станка размерам детали;
- мощность станка;
- удобство управления и обслуживания станка;
- габаритные размеры и стоимость станка;
- возможность оснащения станка высокопроизводительными приспособлениями и средствами автоматизации и механизации;
- кинематические данные станка (диапазоны подачи, частота вращения шпинделя и т.д.).

При выборе станочного оборудования необходимо также учитывать современные достижения отечественного и мирового станкостроения.

*Выбор приспособления.* При разработке технологического процесса механи-

ческой обработки заготовки необходимо правильно выбрать приспособления, которые должны реализовывать назначенную ранее схему базирования с заданной точностью, способствовать повышению производительности труда, ликвидации предварительной разметки заготовки и выверки их при установке на станке.

Применение станочных приспособлений и вспомогательных инструментов при обработке заготовок даёт ряд преимуществ: повышает качество и точность обработки деталей; сокращает трудоёмкость обработки заготовок за счёт резкого уменьшения времени, затрачиваемого на установку, выверку и закрепление; расширяет технологические возможности станков; создаёт возможность одновременной обработки нескольких заготовок, закреплённых в общем приспособлении.

Выбор станочного приспособления должен быть основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса в установленный промежуток времени при заданном числе заготовок. Правила выбора технологической оснастки предусматривают шесть систем технологической оснастки, которые предназначены для выполнения различных видов работ в зависимости от типа производства.

К системам технологической оснастки относятся следующие:

- системы неразборной специальной оснастки (НСО);
- системы универсально-наладочные оснастки (УНО);
- системы универсально-сборной оснастки (УСО);
- системы сборно-разборной оснастки (СРО);
- системы универсально - безналадочной оснастки (УБО);
- системы специализированной наладочной оснастки (СНО)

*Выбор режущего инструмента.* При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качеством обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Правильный выбор режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки. Для обработки стали рекомендуется применять инструмент, режущая часть которого изготовлена из титановольфрамовых твёрдых сплавов (Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т15К6Т, Т30К4), быстрорежущих инструментальных сталей (Р18, Р9, Р9Ф4, Р14Ф4), вольфрамовых твёрдых сплавов (ВК2, ВК3М, ВК4, ВК8) и др. Для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов используют инструмент из вольфрамовых твёрдых сплавов.

Выбор материала для режущего инструмента зависит от формы и размеров инструмента, материала обрабатываемой заготовки, режимов резания и типа производства.

Режущий инструмент необходимо выбирать по соответствующим стандартам и справочной литературе в зависимости от методов обработки деталей.

Если технологические особенности детали не ограничивают применение высоких скоростей резания, то следует применять высоко производительные конструкции режущего инструмента, оснащённого современными СТМ (сверх твердыми материалами), учитывая следующие рекомендации:

- твердый сплав не рекомендуется для обработки материалов твердостью выше 50 HRC;

- керамика применима для обработки деталей твердостью 50-60 HRC и при отсутствии высоких требований к качеству обработанной поверхности: СС670 - от черновой до получистовой обработки, допускается прерывистое резание; СС6050 - получистовая обработка, непрерывное резание;

- пластины со вставками из кубического нитрида бора (CBN), как известно, наилучший инструментальный материал для твердого точения. Единственное существующее ограничение связано с твердостью обрабатываемой стали, она не должна быть ниже 48 HRC. Современные многогранные пластины могут иметь до 8 режущих вершин, закрепленных по технологии Safe - Lock на пластине без задних углов. Рекомендации по выбору: СВ7015 - для непрерывного резания, допускаются легкие удары; СВ7025 - для прерывистого резания – легкие и тяжелые удары; СВ7050 - для обработки в нестабильных условиях с тяжелым ударом.

В пояснительной записке необходимо сделать анализ выбранного режущего инструмента на операцию или переход.

При выборе режущего инструмента необходимо анализировать материалы отечественных и зарубежных производителей инструментов, имеющиеся на соответствующих Internet сайтах и технической литературе.

*Выбор методов контроля.* Метод контроля должен способствовать повышению производительности труда контролёра и станочника, создавать условия для улучшения качества выпускаемой продукции и снижения её себестоимости.

В единичном и серийном производствах обычно применяется универсальный измерительный инструмент (штангенциркуль, штангенглубиномер, микрометр, угломер, индикатор и т. д.).

В массовом и крупносерийном производствах рекомендуется применять предельные калибры (скобы, пробки, шаблоны и т. п.) и методы активного контроля, которые получили широкое распространение во многих отраслях машиностроения.

В пояснительной записке необходимо дать объяснение применяемого метода контроля и краткую техническую характеристику измерительного

инструмента или контрольного приспособления на данную технологическую операцию.

### 5.9 Расчет припусков на обработку и операционных размеров

В курсовой работе подробный расчет припусков выполняется на две (наружную и внутреннюю) самые точные поверхности и поверхности, определяющие габаритные размеры заготовки.

Исходными данными, которые записываются перед началом расчета, являются:

- метод получения заготовки;
- размер поверхности по чертежу детали;
- маршрут обработки поверхности.

При расчете для каждой поверхности приводится расчетная таблица и схема графического расположения припусков и допусков. Все расчеты заканчиваются проверкой правильности их выполнения.

Все расчетные формулы, справочные сведения и примеры расчетов приведены в учебном пособии [2].

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначаются: для поковок – по ГОСТ 7505-89, для отливок – по ГОСТ 26645-85.

Значения всех припусков сводятся в таблицу.

Для расчета припусков используются формулы:

- для асимметричных припусков при последовательной обработке плоских поверхностей

$$z_{i \min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + |\Delta_{i-1} + \varepsilon_i|;$$

- для симметричных припусков при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения

$$2z_{i \min} = 2 \left[ (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right].$$

В дальнейших размерных, силовых расчетах используются понятия номинального, среднего, максимального припуска и допуска на пропуск

$$z_{i \text{ ном}} \equiv z_{i \min};$$

$$z_{i \text{ ср}} = (z_{i \max} + z_{i \min}) / 2;$$

$$2z_{i \max} = 2 \left[ z_{i \min} + (T_{i-1} - T_i) \right];$$

$$T_{iz} = z_{i \max} - z_{i \min}.$$

Здесь  $Rz_{i-1}$  – высота неровностей на предшествующем переходе;

$h_{i-1}$  – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой);  $\Delta_{i-1}$  – суммарные отклонения расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционное) и в некоторых случаях отклонения формы поверхности (отклонения от плоскостности, прямолинейности на предшествующем переходе);  $\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе;  $T_{i-1}$  или  $T_i$  – допуски на предшествующем и выполняемом переходах.

Нормативные материалы для значений  $Rz_{i-1}$ ,  $h_{i-1}$ ,  $\Delta_{i-1}$ ,  $\varepsilon_i$ ,  $T_{i-1}$  и  $T_i$  даны в литературе [8, 2]. Расчет промежуточных и общих припусков на обработку производят для определения расчетных размеров обрабатываемой поверхности по всем технологическим переходам от готовой детали до исходной заготовкой.

В проекте припуски определенные расчетно-аналитическим методом, рекомендуются сравнивать с табличным с заполнением таблицы.

Таблица 5 - Припуски и предельные отклонения на обрабатываемые поверхности вала, мм

Размер детали	Припуск		Предельные отклонения
	табличный	расчетный	
Ø 55 k6	—	2 · 2,5	+ 1,8
Ø 60 h8	—	2 · 2,2	+ 1,8
45 <sub>-0,62</sub>	2 · 1,8	—	+ 1,3
220 <sub>-1,15</sub>	2 · 2,0	—	+ 2,4
			- 1,2

### 5.10 Расчет режимов резания

В курсовой работе подробно назначаются режимы резания на четыре разнохарактерные операции: на две операции – по аналитическим формулам теории резания металлов, на две другие – по нормативам.

Расчет режимов резания с использованием аналитических формул выполняется по справочникам [8, 9].

Для расчета режимов резания могут быть использованы нормативы [13].

Расчет режимов резания для всех операций начинается с описания исходных условий обработки, которые включают:

- номер и наименование операции;
- краткое содержание операции;
- наименование и модель станка;

- наименование режущего инструмента, его размеры, марка материала режущей части.

Далее определяется глубина резания с учетом величины припуска и маршрутной технологии обработки поверхности (черновая, чистовая, окончательная и т.д.). При этом на чистовую и отделочную обработку оставляется, как правило, 20...30 % общего припуска.

Подача на оборот  $S_o$  (подача на зуб  $S_z$  при фрезеровании) выбирается в зависимости от глубины резания по справочникам. Справочные значения подачи корректируются и принимаются окончательно по паспортным данным станка выбранной модели.

Скорость резания  $V_p$  рассчитывается по формулам теории резания или нормативам. По полученному значению скорости определяется расчетная частота вращения шпинделя

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi \cdot D},$$

где  $D$  – диаметр детали или инструмента.

Полученное значение частоты вращения корректируется (принимается меньшее) по паспорту станка и принимается окончательно. По принятой частоте вращения определяется действительная скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

Таблица 6 - Сводная таблица режимов резания

Номер операции	Наименование операции, перехода	Глубина резания $t$ , мм	Длина резания $l_{рез}$ , мм	Подача $S_o$ , мм/об		Скорость $V$ , м/мин.		Частота вращения, мин <sup>-1</sup>		Минутная подача $S_m$ , мм/мин	Основное время, $t_o$ , мин
				расчетная	принятая	расчетная	принятая	расчетная	принятая		
05	Токарная с ЧПУ 1. Точить поверхность: -Ø40; -Ø50	2,0	25	0,4	0,36	118	100	939	800	288	0,1
		1,5	40	0,4	0,36	118	98,9	751	630	227	0,19
10	Сверлильная 1. Сверлить отв. Ø 10	5	16	0,18	0,16	19	18,2	605	580	92,8	0,24

В заключение рассчитывается эффективная мощность резания  $N_c$  и сравнивается с мощностью главного привода станка  $N_{ст}$  с учетом его КПД.

Аналогично рассчитываются режимы резания (в пояснительной записке расчеты не приводятся) на все остальные операции и записываются в операционные карты и сводную таблицу режимов резания (табл. 6).

### 5.11 Расчет норм времени операций техпроцесса

Расчет норм времени выполняется для всех операций техпроцесса.

В крупносерийном и массовом производстве рассчитывается норма штучного времени:

$$t_{шт} = t_o + t_v + t_{обс} + t_{отд},$$

где  $t_o$  – основное время;  $t_v$  – вспомогательное время;  $t_{обс}$  – время на обслуживание рабочего места;  $t_{отд}$  – время на отдых.

В мелко- и среднесерийном производстве рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени

$$t_{шт.-к} = t_{шт.} + \frac{t_{пз.}}{n},$$

где  $t_{пз.}$  – подготовительно-заключительное время;  $n$  – размер партии деталей.

Основное время рассчитывается по формуле:

$$t_o = \frac{L_{рез} + y}{S_0 \cdot n} i,$$

где  $L_{рез}$  – длина резания;  $y$  – величина врезания и перебега;  $i$  – количество рабочих ходов.

Вспомогательное время  $t_v$  состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$t_v = t_{ус.} + t_{з.о.} + t_{уп} + t_{из},$$

где  $t_{ус.}$  – время на установку и снятие детали;  $t_{з.о.}$  – время на закрепление и открепление детали;  $t_{уп}$  – время на приемы управления станком;  $t_{из}$  – время на измерение детали.

Оперативное время рассчитывается по формуле:

$$t_{оп} = t_o + t_v.$$

Время на обслуживание и отдых ( $t_{обс}$  и  $t_{отд}$ ) в серийном производстве по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени  $t_{оп}$  [8].

В массовом производстве время на отдых  $t_{отд}$  задается в процентах от оперативного времени.

Время на обслуживание  $t_{обс}$  в массовом и крупносерийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание  $t_{орг}$  и времени на техническое обслуживание  $t_{тех}$ :

$$t_{обс} = t_{орг} + t_{тех}.$$

Подготовительно-заключительное время состоит из:

- времени на наладку станка и установку приспособления;
- времени перемещений и поворотов рабочих органов станков;
- времени на получение инструментов и приспособлений до начала и сдачи их после окончания обработки и др.

Расчеты норм времени по всем операциям сводятся в таблицу (табл. 7) и записываются операционные карты.

Таблица 7 - Сводная таблица норм времени, мин

Номер операции	Наименование операции	Основное время, $t_0$	Вспомогательное время, $t_в$	Оперативное время, $t_{оп}$	Время обслуживания $t_{обс}$	Время на отдых, $t_{отд}$	Штучное время, $t_{шт}$	Подготовит, -закл. время, $t_{п.з.}$	Величина партии, $n$	Штучно-калькуляцион. время, $t_{шт-к.}$
----------------	-----------------------	-----------------------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------	--------------------------------------	----------------------	-----------------------------------------

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении курсового проекта необходимо кратко отразить качественные и количественные результаты выполненной работы. Отразить положительные и отрицательные моменты и привести рекомендации по устранению недостатков.

### Список рекомендуемой литературы

1. Безъязычный В. Ф., Корнеев В. Д., Чистяков Ю. П., Аверьянов И. Н. Технология машиностроения: Учебное пособие. – Рыбинск: РГАТА, 2004. – 141 с.
2. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособие для машиностр. спец. вузов/Я. М. Радкевич, В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, М. С. Островский; Под ред. В. А. Тимирязева. – М.: Высш. школа, 2004. – 282 с.
3. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Минск: Высшая школа, 2007. – 256 с.
4. Безъязычный В. Ф., Семенов А. Н., Волков С. А. Лабораторный практикум по курсу «Проектирование и производство заготовок» для студентов специальностей 12.01, 13.02.03. – Рыбинск: РГАТА, 2002. – 155 с.
5. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие / П. А. Руденко. – Киев: Выща школа, 1991. – 247 с.
6. Базров Б. М. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
7. Суслов А. Г. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 2004. – 400 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х томах/ Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2001, – Т.1. – 912 с.; Т.2. – 944 с.
9. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Панов А. А., Аникин В. В., Кирсанов С. В. и др. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
10. Колесов И. М. Основы технологии машиностроения. Учебник для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 591 с.
11. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов/ И. П. Филонов, Г. Я. Беляев, Л. М. Кожуро и др. / Под общ. Ред. И. П. Филонова. – М.: УП, Технопринт, 2003. – 910 с.
12. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. – М., 1974.
13. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Изд. – М., 1974 - 1978.

**Приложение А**  
(обязательное)

## Форма титульного листа курсовой работы

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»  
(КубГТУ)

Кафедра машиностроения и автомобильного транспорта

### КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Основы технологии машиностроения»

на тему \_\_\_\_\_

Выполнил(а) студент(ка) группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(ф.и.о.)

Допущен к защите

Руководитель (нормоконтролер) работы \_\_\_\_\_

Защищен « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г. Оценка \_\_\_\_\_

Члены комиссии \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(подпись, дата, расшифровка подписи)

Краснодар  
20...

**Приложение Б**  
(обязательное)

## Форма задания на курсовое проектирование

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»  
(КубГТУ)

Кафедра машиностроения и автомобильного транспорта

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой, профессор  
\_\_\_\_\_ В. В. Иосифов

### ЗАДАНИЕ на курсовое проектирование

студенту \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_  
факультета \_\_\_\_\_  
специальности \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (код и наименование специальности)

Тема работы \_\_\_\_\_

Содержание задания \_\_\_\_\_

Объем работы:

а) пояснительная записка \_\_\_\_\_ стр.

б) графическая часть \_\_\_\_\_ листа формата А1

Рекомендуемая литература: \_\_\_\_\_

Срок выполнения курсовой работы: с «\_\_\_» \_\_\_ по «\_\_\_» \_\_\_ 20\_\_ г.

Срок защиты: «\_\_\_» \_\_\_ 20\_\_ г.

Дата выдачи задания: «\_\_\_» \_\_\_ 20\_\_ г.

Дата сдачи проекта на кафедру: «\_\_\_» \_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель проекта \_\_\_\_\_

(подпись)

Задание принял студент \_\_\_\_\_

(подпись)

Краснодар

20...

### Приложение В

(справочное)

## **Пример оформления реферата**

### **Реферат**

Курсовая работа: 30 с., 8 рис., 12 табл., 15 источников, 3 приложения, графическая часть – 2 листа формата А1.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, МАРШРУТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ**

Объект: плита 06 0101.003 перекидного кондуктора 06 01 01.000.

Цель: разработка нового единичного технологического процесса изготовления детали - плиты, обеспечивающего выполнение требований к точности размеров, формы и взаимного положения поверхностей детали, заданных показателях их качества при минимальных затратах на производство и максимальной производительности.

Выполнен анализ конструкции детали, классификация поверхностей по назначению и сложности выполняемых функций. Проведена оценка технологичности по качественным и количественным показателям.

На основании оценки стоимости вариантов получения заготовки детали выбран наиболее эффективный вариант.

Назначены технологические базы, обеспечивающие выполнение основных принципов базирования.

При выборе вариантов технологических маршрутов обработки поверхностей детали использованы наиболее эффективные методы формообразования.

В технологическом процессе применены современные станки, технологическая оснастка, режущие и измерительные инструменты.

Принимаемые решения обоснованы расчетами припусков, межоперационных размеров, режимов резания и норм времени.

**Приложение Г**

(справочное)

Таблица 1 – Оптовые цены некоторые металлы  
(<http://www.skladmetalla.ru/price/> на 14.02.2014 г.)

Наименование	Профиль, размер, мм	Марка	Вид	Цена за тону в руб.
Сталь	Круг Ø14...45	Ст 3	Горячекатаный	21990...21590
	Круг Ø10...300	Сталь 40Х	Горячекатаный	27090...33590
	Круг Ø10...300	Сталь 20, 35, 45	Горячекатаный	25390...31590
	Круг Ø10...230	Сталь 65Г	Горячекатаный	30090...29690
	Квадрат □8...80	Ст 3	Горячекатаный	27100...40100
	Квадрат □16...30	Сталь 20	Горячекатаный	28100...28800
	Квадрат □16...55	Сталь 45	Горячекатаный	32100...37100
	Квадрат □16...50	Сталь 35	Горячекатаный	43100...34100
	Полоса 2...120	Ст 3 сп	Горячекатаный	44100...15500
	Полоса 12	Сталь 35, 45	Горячекатаный	44100
	Лист 1,5...90	Ст 3 пс5	Горячекатаный	22490...22690
	Круг Ø 3...53	А-12	Калиброванный	64560...44990
	Круг Ø 3...60	Сталь 10	Калиброванный	48090...40990
	Круг Ø 3...60	Сталь 20	Калиброванный	46790...40190
	Круг Ø 3...53	Сталь 35	Калиброванный	46790...40190
Круг Ø 3...56	Сталь 45	Калиброванный	47190...45200	
Сталь нержавеющая	Круг Ø 8...300	12Х18Н10Т		18500...16880
	Круг Ø12...200	14Х17Н2		14400...17700
	Квадрат □10...50	AISI 304		202000
Алюминий	Круг Ø8...190	АМГ6		220000...185000
Дюраль	Круг Ø6...350	Д16Т		223300...156200
Медь	Круг Ø5...50	М1тр		340000...330300
	Лист 3...12	М1тр		343000
Бронза	Круг Ø16...140	БРАЖМу10-3-15		350000
	Круг Ø20...250	БРОЦС5-5-5		285000...295000
Латунь	Круг Ø4...45	ЛС59-1п		239000...235000

Таблица 2 - Заготовительные цены на стружку черных и цветных металлов (<http://interlom.ru/struzhka/> - февраль 2014 г.)

Вид стружки	Стоимость (р./т)
Чугунная	4000...6000
Стальная	4000...6180
Латунная	90000
Бронзовая	144000
Алюминиевая	35000
Примечание. Меньшие значения цен следует принимать для стружки, содержащей меньший процент дорогостоящих легирующих элементов	

Таблица 3 - Определение коэффициентов  $k_c$ ,  $k_e$ ,  $k_n$  для отливок, полученных литьем в песчано-глинистые формы и кокили [3]

Материал отливки		$k_c$				
		Группы сложности				
		1	2	3	4	5
Чугун, сталь		0,7	0,83	1	2,2	1,45
Алюминиевые сплавы		0,82	0,89	1	1,1	1,22
Медные сплавы и бронза		0,97	0,98	1	1,02	1,04
Масса		$k_e$				
		Материал отливки				
		чугун	сталь	алюминиевые сплавы	медные сплавы и	
до 1		1,1	1,07	1,05	1,01	
св. 1 до 3		1	1	1	1	
св. 3 до 10		0,91	0,93	0,96	0,99	
св. 10 до 20		0,84	0,87	0,92	0,97	
св. 20 до 50		0,80	0,82	0,89	0,95	
св. 50 до 200		0,74	0,78	0,85	0,93	
св. 200 до 500		0,67	0,74	0,82	0,90	
Материал отливки		$k_n$				
		Группы сложности				
		1	2	3	4	5
Чугун		0,52	0,76	1	1,2	1,44
Сталь		0,50	0,77	1	1,2	1,48
Алюминиевые сплавы		0,77	0,90	1	1,11	1,22
Медноцинковые сплавы и бронза		0,91	0,96	1	1,05	1,08

Таблица 4 - Группы серийности отливок в зависимости от способа получения и объема производства [3]

Масса отливки, кг	Объем производства (тыс. шт./год) при группах серий-		
	1	2	3
1	2	3	4
<i>Литье в песчано-глинистые формы и кокиль</i>			
до 1	свыше 500	от 100 до 500	менее 100
св. 1 до 3	свыше 350	от 75 до 350	менее 75
св. 3 до 10	свыше 200	от 30 до 200	менее 30
св. 10 до 20	свыше 100	от 15 до 100	менее 15
св. 20 до 50	свыше 60	от 10 до 60	менее 10
св. 50 до 200	свыше 40	от 7,5 до 40	менее 7,5
св. 200 до 500	свыше 25	от 4,5 до 25	менее 4,5
<i>Литье по выплавляемым моделям</i>			
от 0,1 до 0,2	свыше 400	от 300 до 400	менее 300
от 0,2 до 0,5	свыше 300	от 225 до 300	менее 225
от 0,5 до 1	свыше 15	от 11 до 15	менее 11

от 1 до 2	свыше 12	от 9 до 12	менее 9
1	2	3	4
от 2 до 5	свыше 10	от 7 до 10	менее 7
от 5 до 10	свыше 4	от 3 до 4	менее 3
свыше 10	свыше 3	от 2 до 3	менее 2
<i>Литье под давлением</i>			
от 0,1 до 0,2	свыше 600	от 450 до 600	менее 450
от 0,2 до 0,5	свыше 500	от 375 до 500	менее 375
от 0,5 до 1	свыше 400	от 300 до 400	менее 300
от 1 до 2	свыше 300	от 225 до 300	менее 225
от 2 до 5	свыше 200	от 150 до 200	менее 150
от 5 до 10	свыше 100	от 75 до 100	менее 75
свыше 10	свыше 50	от 35 до 50	менее 35

Таблица 5- Определение коэффициентов  $k_c$  и  $k_v$  для отливок, полученных литьем по выплавляемым моделям [3]

$k_c$					
Материал отливки	Группы сложности				
	1	2	3	4	5
Сталь углеродистая	0,86	0,92	1	1,12	1,24
Сталь низколегированная	0,86	0,93	1	1,11	1,23
Сталь высоколегированная	0,85	0,90	1	1,12	1,26
Медные сплавы	0,865	0,925	1	1,15	1,26
Бронза безоловянистая	0,9	0,95	1	1,08	1,19
Бронза оловянистая	0,92	0,95	1	1,10	1,15
$k_v$					
Масса отливки, кг	отливки Материал				
	сталь углеродистая и низколегированная	сталь высоколегированная	медный сплав	бронза безоловянистая	бронза оловянистая
от 0,05 до 0,10	1,37	1,31	1,20	1,30	1,30
от 0,10 до 0,20	1	1	1	1	1
от 0,20 до 0,50	0,75	0,78	0,95	0,79	0,83
от 0,50 до 1	0,70	0,74	0,89	0,76	0,80
от 1 до 2	0,62	0,63	0,86	0,71	0,76
от 2 до 5	0,50	0,53	0,82	0,64	0,70
от 5 до 10	0,45	0,48	0,78	0,61	0,67
свыше 10	0,38	0,40	0,72	0,57	0,64

Таблица 6 - Определение коэффициентов  $k_c$ ,  $k_b$ ,  $k_n$  для отливок, полученных литьем под давлением [3]

$k_c$				
Материал отливки	Группы сложности			
	1	2	3	4
Алюминиевые сплавы	0,88	0,94	1	1,07
Медные сплавы	0,90	0,95	1	1,07
Цинковые сплавы	0,88	0,93	1	1,07
$k_n$				
Масса отливки, кг	Материал отливки			
	алюминиевые сплавы	медные сплавы	цинковые	
от 0,1 до 0,2	1	1	1	
от 0,2 до 0,5	0,90	0,89	0,91	
от 0,5 до 1	0,81	0,81	0,82	
от 1 до 2	0,75	0,75	0,75	
от 2 до 5	0,69	0,71	0,70	
от 5 до 10	0,64	0,67	0,63	
свыше 10	0,62	0,65	0,61	
$k_n$				
Материал отливки	Группы сложности			
	1	2	3	
Алюминиевые сплавы	0,92	1	1,09	
Медные сплавы	0,93	1	1,07	
Цинковые сплавы	0,93	1	1,07	

Таблица 7 - Определение коэффициентов  $k_c$  и  $k_b$  для заготовок, полученных способами горячей штамповки [3]

$k_c$				
Материал штамповки	Группы сложности			
	1	2	3	4
Сталь углеродистая 08...85	0,75	0,84	1	1,15
Сталь 15Х...50Х	0,77	0,87	1	1,15
Сталь 18ХГТ...30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14
Сталь ШХ15	0,77	0,89	1	1,13
Сталь 12ХН3 А... 3 ОХНЗА	0,81	0,90	1	1,1

Продолжение таблицы 7

$k_6$					
Масса штамповки, кг	Материал штамповки				
	сталь 08...85	сталь 15X...50X	сталь 18ХГТ... 30ХГТ	сталь ШХ15	сталь 12ХНЗА...30ХНЗА
до 0,25	2	2	1,94	1,82	1,62
от 0,25 до 0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
от 0,63 до 1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
от 1,6 до 2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
от 2,5 до 4,0	1	1	1	1	1
от 4,0 до 10	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
от 10 до 25	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
от 25 до 63	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63 до 160	0,70	0,70	0,72	0,65	0,7

Таблица 8 - Примерные маршруты обработки поверхностей [5]

Точность, квалитет	Шероховатость - Ra, мкм	Код материала	Маршрут обработки поверхностей		
			Цилиндрических		Плоских
			наружных	внутренних	
1	2	3	4	5	6
14-12	25,0...6,3	1,2,3	О	С	СТ
		1,2,3	О	З	Ф
		1,2,3	О	РТ	О
		4	О, ТО	С, ТО	СТ,ТО
		4	ТО, Ш	З, ТО	Ф, ТО
		4	ТО, Ш	РТ, ТО	О, ТО
11-10	5,0...2,5	1,2,3	Оп, Оч	С, З, Р	Фп, Фч
		1,2,3	Оп, Оч	С, РТ, Р	Фп, Фч
		1,2	О, Ш	С, РТ, Р	Ф, Шп
		4	Оп, Оч, ТО	С, З, ТО, Ш	Ф, ТО, Шп
		4	Оп, ТО, Ш	С, РТ, ТО	СТ, ТО, Шп
		4	Оп, ТО, Ш	Зп, Зч, ТО, Ш	О, ТО, Шп
9-7	1,25...0,63	1,2,3	Оп, Оч, От	РУ, Р	С, П
		1,2,3	Оп, Оч, От	С, З, Рп, Рч	Ф, П
		1,2,3	Оп, Оч, От	С, РТп, РТч	Ф, П
		1,2,3	Оп, Оч, От	С, З, РТг	Ф, П
		1,2,3	Оп, Оч, От	С, П	Ф, П
		1,2	О, Ш	РТп, РТч, РТг	Ф, Шч
		1	Шп, Шч	РТп, РТч, РТг	Ф, Шч
		4	Оп, Оч, ТО, Ш	С, РТ, ТО, Ш	Ф, ТО, Шч
		4	Шп, ТО, Шч	РТп, РТч, ТО, Ш	СТ, ТО, Шч
		4	Шп, ТО, Шч	С, З, ТО, Ш	О, ТО, Шч
4	Шп, ТО, Шч	РУ, ТО, Х	О, ТО, Шч		

9-7	0,32..0,16	3	Оп, Оч, ПО	РУ, ТО, Х	Фп, Фч, ПОч
		3	Оп, Оч, От, ПО	РУ, ТО, Х	Оп, Оч, ПОч
	0,08...0,04	3	Оп, Оч, От, ПОч, ПОт	РУ, ТО, Х	Оп, Оч, ПОч, ПОт
		4	Оп, Оч, ТО, Шп, Шт, ПО	РУ, ТО, Х	Фп, Фч, ТО, Шп, Шт, ПО
		1,2,3	Оп, Оч, ТО, ПО	РУ, Рп, Рч	СТ, Фт, ШБ
		1,2,3	Оп, Оч, От, ПО	С, З, Рп, Рч	Фп, Фт, ШБ
		1,2,3	Оп, Оч, От, ПО	С, З, Ртч, Ртт	Фп, Фт, ШБ
6	0,32...0,16	1,2,3	Оп, Оч, От, ПО	РТп, Ртч, Ртт	Фп, Фт, ШБ
		1,2,3	Оп, Оч, От, ПО	С, З, П	Фп, Фт, ШБ
		1	О, Ш, СУ	С, З, П	Фп, Фт, ШБ
		1	О, Шп, Шт, П	С, З, П	Фп, Фт, ШБ
		1,2	О, Шп, Шт, П	С, З, П	Фп, Фч, Шч, ПО
		3	О, Шп, Шт, П	С, З, П	Фп, Фч, Шч, ПО
		4	О, Шп, ТО, Шт	РТ, ТО, Ш, Х	Фп, Фч, Шч, ПО
		4	О, Шп, ТО, Шт, СУ	С, З, ТО, Ш, Х	Фп, Фч, ТО, Шч, Д
		4	Оп, Оч, ТО, Шч, СУ	РУ, Р, ТО, Х	Ф, ТО, Шп, Шч, Д О, Шп, ТО, Шч, Д
6	0,16...0,08	3	Оп, Оч, От	РУ, Р, ТО, Х	О, Шп, ТО, Шч, Д
		4	Оп, Оч, ТО, Шч, СУ	РТ, ТО, Ш, Х, Д	СТ, ТО, Шч, Шт, Д
		4	О, Шп, ТО, Шч, Шт, СУ	С, З, ТО, Ш, Х, Д	Ф, ТО, Шч, Шт, Д
		4	О, Шп, ТО, Шч, Д	С, П, ТО, Хп, Хч	Ф, Шп, ТО, Шч, Шт, Д
		4	О, Шп, ТО, Шч, Д	РУ, ТО, Х, Д	О, Шп, ТО, Шч, Шт, Д
		4	О, Шп, ТО, Шч, Д	С, Ртч, Ртт, ТО, Х, Д	О, Шп, ТО, Шч, Шт, Д
5	0,08...0,04	1	Оп, Оч, Шп, Шч, СУп, СУч	С, Ртч, Ртт, ТО, Х, Д	О, Шп, ТО, Шч, Шт, Д
		2	Оп, Оч, Шп, Шч, Суп, СУч	С, З, Р, Х, Дп, Дч	О, Шп, ТО, Шч, Шт, Д
		2	Оп, Оч, Шп, Шч, Суп, СУч	РУ, Х, Дп, Дч	О, Шп, ТО, Шч, Шт, Д
		1,2	Оп, Оч, Шп, Шч, Суп, СУч	РУ, Х, Дп, Дч	Ф, Шп, Шч, Шт, ПО
		4	Оп, Оч, Шч, СУч	РУ, Р, ТО, Х, Дп, Дч	СТ, ТО, Шп, Шч, Шт, ПО
<p>Обозначения: О – обтачивание, Ш- шабрение, СУ- суперфиниширование, ПО – полирование, Д – доводка, ТО – термообработка, С – сверление (рассверливание), З – зенкерование, РУ – ружейное сверление, Р – развертывание, РТ – растачивание, П – протягивание, Х – хонингование, СТ – строгание, Ф – фрезерование, ШБ – шабрение; Стадии обработки: п – предварительная, ч – чистовая, т – тонкая;</p> <p>Обрабатываемые материалы: 1 – незакаленные стали, 2 – чугуны, 3 – цветные металлы и сплавы, 4 – закаленные стали.</p>					

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
Методические указания

Темплан 2014 г.

Составители: Иосифов Валерий Викторович;  
Клокова Наталья Леонидовна

Редактор  
Компьютерная верстка

Н.Л. Клокова

---

Подписано в печать

Формат 60x84 / 16

Бумага офсетная

Офсетная печать

Печ. л. 2

Изд. №

Усл. печ. л.

Тираж 50 экз.

Уч.-изд. л

Заказ №

Цена

руб.

---

Кубанский государственный технологический университет  
350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, кор. А  
Типография КубГТУ: 350058, г. Краснодар, ул. Старокубанская, 88/4