

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им.И.РАЗЗАКОВА**

Кафедра Технологии машиностроения

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ НАЛАДКАМ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

**Методическое пособие для выполнения курсового проекта
студентами направления 552900
(Раздаточный материал)**

Бишкек, 2007

Рекомендовано
на заседании кафедры
«Технология машиностроения»
Прот.№ 2 от 02.10.06 г.

Одобрено
Методической Комиссией
ФТиМ
Прот.№ 2 от 26.11.06

УДК.629.09

Составители: Омуралиев У.К., Тутлис В.П., Стародубов И.И., Трегубов А.В.

Курсовое проектирование по технологическим наладкам производственных систем. Методическое пособие для выполнения курсового проекта студентами направления 552900 /КГТУ им. И.Раззакова/; Сост. Омуралиев У.К., Тутлис В.П., Стародубов И.И., Трегубов А.В., Б.: ИЦ «Текник», 2007. – 54 с.

Приведены методика и порядок выполнения курсового проекта по наладкам производственных систем. Предназначено для студентов машиностроительных специальностей любой формы обучения. Может быть использовано студентами при выполнении практических работ, курсовых и дипломных проектов. Методическое пособие к курсовому проекту является раздаточным материалом.

Табл.51, Рис.6. Библиогр.: 9 наименов.

Рецензент к.т.н., доц. Самсонов В.А.

© КГТУ им.И.Раззакова
© Омуралиев У.К., Тутлис В.П.,
Стародубов И.И., Трегубов А.В., 2007

1. Состав курсового проекта

1.1. Цель и задачи курсового проектирования

Курсовое проектирование должно способствовать закреплению, углублению и обобщению знаний, полученных студентами за время обучения, и применению этих знаний к комплексному решению конкретной инженерной задачи. Системой курсовых проектов студент подготавливается к выполнению более сложной инженерной задачи - дипломного проектирования. Наряду с этим курсовое проектирование должно научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, едиными нормами и расценками, таблицами, номограммами, типовыми проектами и справочниками укрупненных производственных и сметных норм соответствующих ведомств.

Курсовое проектирование должно также прививать студентам навыки выполнения расчетов, составления бизнес-планов и проектов [1].

1.2. Тематика проекта

Курсовой проект посвящен проектированию наладок технологического оснащения (станочного приспособления, металлорежущего и вспомогательного инструмента) производственных систем.

1.3. Задание на проектирование

Задание определяет ведущий преподаватель и включает в себя:

- чертеж (эскиз) изделия (детали);
- типовой технологический процесс механической обработки изделия;
- перечень технологического оборудования;
- объем выпуска N штук в год;
- номенклатура одного наименования изделия в год;
- количество выпускаемых изделий по неизменным чертежам N штук.

1.4. Организация проектирования

Содержание образования по специальностям определяется вузом на основе требований государственных образовательных стандартов, соблюдение которых обязательно [1].

Курсовой проект выполняется студентами дневной и дистантной форм обучения соответственно в 9-м и 11-м семестрах. Проект должен быть выполнен и защищен до начала экзаменационных сессий в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта.

Учебным планом предусматриваются групповые (по расписанию аудиторных занятий) и индивидуальные консультации (вне расписания аудиторных занятий) студентов по курсовому проекту изучаемой дисциплины.

По результатам защиты курсового проекта студент допускается к экзамену по изучаемой дисциплине.

1.5. Состав и объем проекта

Курсовой проект содержит расчетно-пояснительную записку на 35-50 страницах и графическую часть на 4-5 листах формата А1.

1.6. Содержание разделов проекта

А. Расчетно-пояснительная записка.

Техническое задание на курсовое проектирование.

Введение.

1. Технологическая часть.

1.1. Исходная информация.

1.1.1. Эскиз детали и исходная информация.

1.1.2. Типовой технологический процесс.

1.2. Циклограмма типового технологического процесса.

1.2.1. Штучное время типового технологического процесса.

1.2.2. Циклограмма типового технологического процесса.

1.2.3. Основные направления повышения производительности механической обработки изделия.

1.3. Наладки производственных систем.

1.3.1. Настроечные размеры при выполнении операций технологического процесса.

1.3.2. Расчет настроечного размера при обработке одной из поверхностей изделия (как правило, наиболее точной).

2. Конструкторская часть.

2.1. Разработка технологической оснастки.

2.1.1. Приспособление для механической обработки изделия.

2.1.2. Инструментальное обеспечение технологического процесса.

2.2. Наладка режущего инструмента (приспособления) на настроечный размер.

2.2.1. Выбор схемы наладки инструмента (приспособления).

2.2.2. Описание работы приспособления для наладки инструмента.

Литература.

Приложение.

Б. Графическая часть.

1. Исходная информация и ее анализ – 1 лист формата А1 (А3 в электронном варианте).

2. Типовой технологический процесс и циклограмма оперативных времен операций ТП – 1 лист формата А1 (А3 в электронном варианте).

3. Режущий и вспомогательный инструмент для одной из технологической операции – 1 лист формата А1 (А3 в электронном варианте).

4. Наладка инструмента или приспособление для механической обработки изделия (по рекомендации ведущего преподавателя) – 1 – 2 листа формата А1 (А3 в электронном варианте).

1.7. Оформление курсового проекта

А. Пояснительная записка, набранная на компьютере должна отвечать следующим требованиям [2]:

а) компьютерный набор: редактор Microsoft Word –97,98,2000, межстрочный интервал – «одинарный», шрифт №14 «Times New Roman Cyr»;

б) шрифт документа должен быть одинаковым на протяжении всего оригинала;

в) поля страниц рукописи на листе формата А4 должны быть:

- слева – 25 мм; - сверху – 25мм;
- справа – 15 мм; - снизу – 25мм;
- нижний колонтитул – 20 мм;

г) размер текстовой рамки или печатный текст должен входить в рамку 17х25см (включая номер страницы).

Б. Графическая часть выполняется в «Solid Works», либо другом программном обеспечении САД в формате А1. Распечатка может быть представлена в формате А3.

Г. По разрешению ведущего преподавателя возможно оформление пояснительной записки вручную на листах формата А4, а графической части на листах формата А1.

1.8. Библиографический список

1. Нормативно-методическое обеспечение работы кафедры вуза /Сост.: Н.Ф. Петров, Б.Т. Торобеков. – Бишкек: ИЦ "Текник", 2005. - 174 с.
2. Монолдорова Т.А., Курманалиев Б.К.. Печатные и электронные издания: Руководство по подготовке печатных, электронных учебников и изданий. /КГТУ; – Бишкек: ИЦ "Текник", 2005.
3. Омуралиев У.К., Тутлис В.П., Стародубов И.И.. Методические указания по выполнению курсового проекта по технологии машиностроения/КГТУ; – Бишкек: ИЦ "Текник", 2006.
4. Обработка металлов резанием /Справочник технолога /Под ред. А.А.Панова; - М.: Машиностроение, 1986.
5. Справочник технолога машиностроителя. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова; - М.: Машиностроение, 1985.
6. Справочник технолога машиностроителя. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова; - М.: Машиностроение, 1985.
7. Станочные приспособления/Справочник / Под ред. Вардашкина Б.А, Т.1. - М.: Машиностроение, 1981.
8. Лурье Г.Б.. Наладка и подналадка режущего инструмента на размер. - М.: Высшая школа, 1981.

9. Трегубов А.В., Тутлис В.П.. Технологическая наладка металлорежущих станков с ЧПУ /Методические указания к практическим занятиям по курсу «Технологическая наладка производственных систем»/КТУ; –Бишкек: ИЦ "Текник", 2004.

2. Методические указания к выполнению разделов курсового проекта

На начальном этапе проектных работ анализируются исходные данные (раздел 1.1), на основе которых принимаются те или иные решения и направления работы.

Анализ начинается с проектирования эскиза детали и нумерации обрабатываемых поверхностей, а также необрабатываемых, принимаемых в качестве технологических баз. Подробно эта часть описана в методических указаниях [3].

Заполняется таблица описания детали (табл.2.1).

Правила заполнения большинства граф таблицы описаны в методических указаниях [3].

При выборе технологических баз выявляются функции поверхностей детали. Из курса основ технологии машиностроения известно, что в качестве технологических баз при обработке заготовки целесообразно выбирать основные базы детали. Другие поверхности для технологических баз рекомендуется выбирать тогда, когда основные по разным причинам не могут быть технологическими базами. Исходя из этого, на первой операции обрабатывают основные базы с тем, чтобы на последующих операциях их использовать в качестве технологических. На последующих операциях выполняются основные принципы базирования.

Таблица 2.1

Исходные данные проекта

№ пов	Модель детали			Техн. базы	Виды обраб.	Число перех.	Режущий инструмент	Мод. станка
	P-р	IT	Ra					
1								
2								
3								
...								
i								

По каждому переходу назначается режущий инструмент с указанием материала инструментальной пластинки.

В таблице приводятся предварительные сведения, которые затем в процессе выполнения проекта уточняются. При этом возможно изменение группы, типа и модели оборудования; типа металлорежущего инструмента и

его характеристик; технологический маршрут; последовательность операций, переходов и их совмещение.

В разделе 1.1.2 проекта приводится заданный типовой технологический процесс в виде графов по операциям и переходам в последовательности их выполнения [3, 4].

При помощи циклограмм (раздел 1.2) технология анализируется по производительности с синхронизацией, как операций, так и ее составляющих. В курсовом проекте циклограмма строится для одной операции, содержащей наибольшее число переходов.

Построение циклограммы ведется следующим образом:

1) определяется основное (машинное) время на обработку по переходам (Приложение 1);

2) определяется штучное время на обработку (Приложение 1);

3) для оборудования с ЧПУ рассчитывается машинно-вспомогательное время [5];

4) строится диаграмма, где по оси абсцисс откладывается оперативное время (основное и вспомогательное по элементам), а по оси ординат снизу вверх располагаются номера переходов начиная с первого. Начало действия каждого последующего перехода совпадает с окончанием предшествующего. При одновременном выполнении переходов (например, обработка комбинированным инструментом, наладкой или при обратном ходе инструмента, а другого - прямым) и совмещении тем самым времен, что должно наглядно отражаться на диаграмме.

В разделе 1.2.3 курсового проекта разрабатываются основные направления повышения производительности технологического процесса. Фактически это является результатом анализа циклограммы типовой технологии. Диаграмма наглядно отражает затраты оперативного времени, из которой видны необходимость и возможность согласования и совмещения отдельных переходов, а значит и применения перспективного инструмента или инструментальной наладки. Эти предложения принимаются для детальной разработки в проекте.

В разделе 2.1 курсового проекта на самую точную операцию технологического процесса рассчитывается настроечный размер.

При наладке в условиях серийного и массового производства центр рассеяния размеров должен быть расположен в той части установленного поля допуска, чтобы иметь возможность использовать все поле допуска для компенсации размерного износа инструмента и для сокращения количества подналадок за период стойкости режущего инструмента.

Ожидаемое поле рассеяния размеров может быть определено $\omega = k\sigma$, где σ – среднеквадратическое отклонение, коэффициент «к» принимается равным 6 (± 3) или 4 (± 2) с соответствующей долей риска.

По данным НИИТАвтопром станки, на которых $\sigma = 0,02 \dots 0,03$ мм применяют для черновых, $\sigma = 0,01 \dots 0,02$ мм используют для неответственных чистовых и $\sigma \leq 0,01$ мм - для чистовых операций.

При использовании предварительно налаживаемого инструмента без дополнительной подналадки величина погрешности H_n (табл.П.4.1, Приложение 4), вызываемая неточностью наладки, определяется по формуле

$$H_n = \sqrt{\Delta_u^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2},$$

где Δ_n – допуск на точность наладки инструмента вне станка, Δ_y – погрешность установки при каждой смене его на станке, Δ_n – погрешность первичной наладки оснастки на станке.

Погрешность установки Δ_y включает в себя погрешность базирования и закрепления инструмента (ориентировочно величина Δ_y принимается по табл.П4.2, Приложение 4).

Совокупная погрешность обработки $H = \sqrt{H_c^2 + H_n^2}$, обеспечиваемая различными методами наладки инструмента в зависимости от рассеяния размера обрабатываемой детали на станке для степени надежности операции, соответствующей $\omega=6\sigma$ (без запаса на размерный износ инструмента) представлена в табл. П4.3 (Приложение 4).

Погрешности, вызванные размерным износом инструмента, характеризуются изменением положения вершины режущей кромки относительно обрабатываемой поверхности в результате износа кромки в процессе резания.

Размерный износ инструмента A за определенный промежуток времени может быть определен по формуле $A = \Delta R_n + \Delta y$, где ΔR_n – изменение положения режущей кромки в результате износа, Δy – изменение положения режущей кромки, вызванное отжимом в результате увеличения сил резания при износе. По данным НИИТАвтопром, Δy при чистовой обработке не превышает 10% от ΔR_n , а при черновой обработке может возрасти до 20% и более.

Интенсивность размерного износа на участке установившегося процесса характеризуется относительным (удельным) износом и определяется по формуле

$$U_o = \frac{1000U_2}{l_2},$$

где U_o – удельный размерный износ на 1000 м пути резания, мкм; U_2 – размерный износ на участке установившегося процесса износа, мкм; l_2 – длина пути резания на участке установившегося процесса износа (табл.П4.4, Приложение 4).

Отношение общей стойкости инструмента по его режущей способности T к размерной стойкости T_p показывает, сколько подналадок n надо произвести за период стойкости:

$$n = \frac{T}{T_p} - 1.$$

Методика назначения настроечного размера следующая.

1) из уточненного технологического процесса (раздел 1.2.3) устанавливается величина допуска на самую точную обрабатываемую поверхность;

2) исходя из величины допуска по табл. П4.1 – П4.3 (Приложение 4) выбирается способ настройки и контроля инструмента;

3) предварительно назначается настроечный размер (без учета размерного износа). Эта величина соответствует координате середины поля допуска при совмещении ее с центром группирования;

4) рассчитывается величина износа инструмента за период его размерной стойкости (стойкость принимается по справочнику [6]). По размерной стойкости и основному времени (Приложение 1) для перехода технологического процесса определяется путь резания L . Погрешность размерного износа определится по формуле

$$\Delta U = \frac{L}{1000} U_0,$$

где U_0 – удельный износ принимается по табл.П4.4 (Приложение 4);

5) настроечный размер с учетом размерного износа определится приращением погрешности износа к координате середины поля допуска (см.п.3 данной методики) в соответствии с наружной или внутренней обработкой поверхности изделия.

Во второй части проекта (конструкторской) в табличном виде (табл.2.2) представляется уточненное технологическое оснащение.

Таблица 2.2

Технологическое оснащение

№ операции	№ перехода	Станочное приспособление	Режущий инструмент
005	1		
	2		
	3		
	...		
	n		
...			
i	1		

В разделе 2.1.1 из таблицы 2.2 выбирается приспособление для одной из операций механической обработки изделия.

При конструировании оснастки проводится проверочный расчет выбранного приспособления на усилие закрепления заготовки при высоких нагрузках, то есть при наибольших глубинах резания, подаче и малой скорости резания.

Порядок укрупненных расчетов следующий:

1) составляется схема действия и расчетная формула сил закрепления [7];

2) тангенциальная сила резания принимается равной $P_z = 10000 \cdot t \cdot s$, Н. Здесь t – глубина резания в мм, s – подача в мм/об;

3) определяется сила закрепления по принятой формуле, где коэффициент запаса принимается равным 1,5 – 2,0;

4) по силе закрепления определяются конструктивные параметры привода приспособления и зажимные механизмы;

5) по принятой схеме базирования в уточненном типовом технологическом процессе принимаются установочные элементы приспособления;

6) вычерчивается приспособление (предпочтительно типовое);

7) разрабатываются технические требования и составляется спецификация.

В разделе 2.1.2 из таблицы 2.2 в пояснительной записке в табличном виде (табл.2.3) приводится режущий инструмент с указанием стандарта.

Таблица 2.3

№ операции, переход	Режущий инструмент		Материал режущей пластинки инструмента
	Наименование	Обозначение и стандарт	
005. XXX		XXX	XXX
...			
...			
n. i			

Раздел 2.2 курсового проекта посвящен наладке режущего инструмента или приспособления на настроенный размер. Пользуясь [4, 5, 8, 9] выбирается схема наладки технологического оснащения с последующим описанием работы приспособления.

Ниже приводится пример выполнения пояснительной записки курсового проекта, где нумерация разделов соответствует нумерации приведенной структуре данных методических указаний (см.раздел 1.6).

3. Пример выполнения курсового проекта

Задание на курсовой проект:

- чертеж планки [4, с.404];
- типовой технологический процесс механической обработки планки [4, с.404];
- перечень технологического оборудования: абразивно-отрезной автомат 8В262, вертикально-фрезерный 6Т12, горизонтально-фрезерный 6Т82Г, плоскошлифовальный 3П722ДВ, расточно-сверлильно-фрезерный 2254ВМФ-4, вертикально-сверлильный 2Н125-1, вибромашина ВМПВ-100 [4, с.404];
- объем выпуска 100 штук в год;
- номенклатура одного наименования - 70 изделий в год;
- количество выпускаемых изделий по неизменным чертежам - 1000 штук.

1. Технологическая часть

1.1. Исходная информация

1.1.1. Эскиз детали и исходная информация

Для проектирования технологического процесса проводим подготовительную часть, связанную с эскизом и нумерацией поверхностей обрабатываемой планки. Для этих целей разрабатывается эскиз детали, где количество видов, разрезов и сечений дает полное представление о детали, ее габаритах и геометрии конструкции.

Подготовка на этой стадии включает два этапа работы:

- определение положения детали в базовой системе координат оборудования, на котором будет проводиться механическая обработка заготовки;

- нумерация поверхностей (в основном обрабатываемых).

При решении первой задачи, располагаем заготовку таким образом, чтобы установочная база, лишаящая трех степеней свободы располагалась в плоскости ZOX . Направляющая база, лишаящая деталь двух степеней свободы располагается в плоскости ZOY и опорная база, лишаящая деталь одной степени свободы лежит в плоскости XOY .

Выбранная система координат согласуется с направлениями, рекомендуемыми при установке заготовки на станках с ЧПУ.

Эскиз и нумерация поверхностей детали показана на рисунке 1.1.

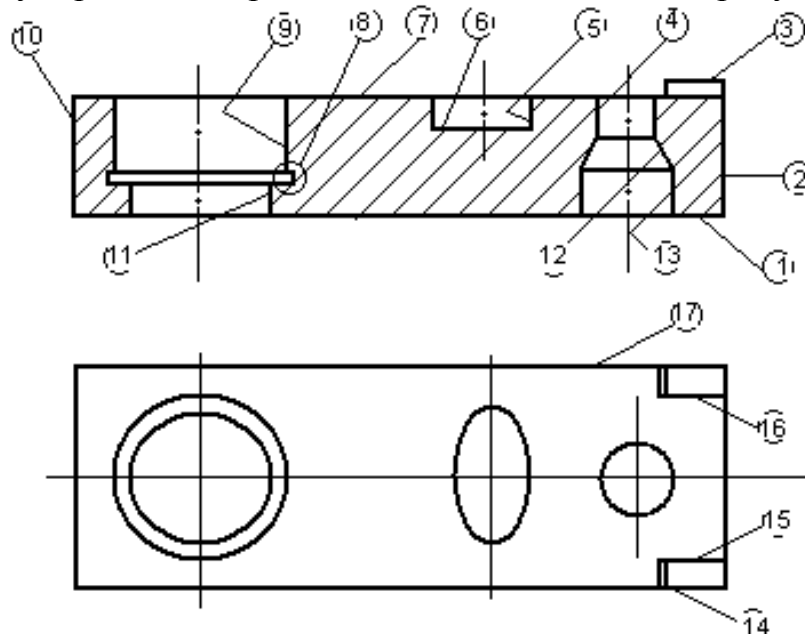


Рис.1.1. Эскиз планки

Исходная информация для разработки технологического процесса планки представлена в табличном виде (табл. 1.1).

Здесь вынесены номера поверхностей планки в соответствии с эскизом (рис. 1.1). Далее представлена модель детали, которая дает полное представление о конструкции детали, ее размерах, показателях точности и

требований качества. Немаловажным является выявление технологических баз при выполнении технологического процесса. В этой графе приняты следующие условные обозначения:

- У – установочная технологическая база;
- Н - направляющая технологическая база;
- О – опорная технологическая база.

Таблица 1.1

Исходные данные проекта

№ пов	Модель детали			Базы	Вид обработки	i	Реж.инст	Станок
	P-p	IT	Ra					
1	100	h14	1,25	У	фрезер.,шлифов.	2	Фр,шлиф.кру г	6Т12,8В26 2
2	250	h14	5	О	фрезеровать	1	Торцев.фреза а	6Т12
3	110	h14	5		без обработки	-		
4	Ф20	H11	5		сверлить	1	Сверло	2254ВМФ4
5	Ф30х50	h14	5		фрезеровать	1	Сверло,фреза а	2254ВМФ4
6	20	H14	10		фрезеровать	1	Конц. фреза	2254ВМФ4
7	100	h14	1,25		фрезер.,шлифов.	2	Фр,шлиф.кру г	6Т12,8В26 2
8	Ф64х3	H14	10		расфрезеровать	1	Фреза	2254ВМФ4
9	Ф60	H9	1,25		сверл.расточить, развернуть	3	Сверло,резец, развертка	2254ВМФ4
10	250	h14	5		фрезеровать	1	Торцев.фреза а	6Т12
11	Ф56	H9	10		сверл.расточить, развернуть	3	Сверло,резец, развертка	2254ВМФ4
12	Ф20хФ26	H14	5		зенкеровать	1	Зенкер	2254ВМФ4
13	Ф26	H14	5		зенкеровать	1	Зенкер	2254ВМФ4
14	90	h14	10		фрезеровать	1	Торцев.фреза а	6Т12
15	15	h14	10		фрезеровать	1	Торцев.фреза а	6Т12
16	15	h14	10		фрезеровать	1	Торцев.фреза а	6Т12
17	90	h14	5	Н	фрезеровать	1	Торцев.фреза а	6Т12

Анализ таблицы исходных данных позволил сказать о том, что модель детали представлена не полностью - на чертеже недостаточно сведений о точности, а именно по расположению поверхностей относительно основных конструкторских баз (они же являются технологическими) и взаимного положения, а также отсутствуют сведения о точности формы обрабатываемых поверхностей.

1.1.2. Типовой технологический процесс изготовления планки

Тип детали - «Планка»; материал – сталь 40; тип производства – среднесерийный; метод получения заготовки – прокат (вид - полоса).

В основном конструкция планки технологична, так как:

- обработку большинства отверстий можно производить с одного станка с применением агрегатных станков и много инструментальными наладками;

- часть отверстий обрабатывается напроход;

- конструкция детали соответствует требованиям, предъявляемым к заготовкам, полученных из проката;

- предложенный конструктором материал детали – сталь 40 удовлетворяет основному требованию металла для получения деталей методом проката.

Анализ технических требований чертежа свидетельствует о том, что требования, предъявляемые к детали, в основном обеспечиваются технологическим процессом и применяемыми средствами технологического оснащения.

Типовой технологический процесс изготовления планки включает следующие этапы:

- 1) заготовительный;
- 2) черновую обработку;
- 3) чистовую обработку;
- 4) отделочную обработку.

При проектировании типового технологического процесса учитывалось влияние многих факторов на точность механической обработки, одним из которых является погрешность установки при частой смене баз и в связи с этим желательно механическую обработку проводить с одной установки на станках с ЧПУ. Совмещая координаты детали с координатами оборудования, осуществляем базирование, а затем и установку детали.

Геометрия конструкции планки позволяет выполнять механическую обработку на универсальном оборудовании и станках с ЧПУ.

Типовой технологический процесс представлен в виде графов, где показана последовательная обработка поверхностей, номера которых приняты из рис. 1.1.

Операция 005. Заготовительная. Отрезать заготовку от полосы.

Операция 010. Навесить бирку с номером детали.

Операция 015. Фрезерная. Оборудование 6Т12.

{3 – 10 - 14} ==> 1(фрезеровать)

{1 – 2 - 17} ==> 7(фрезеровать)

{1 – 14 - 10} ==> 17(фрезеровать)

{1 – 17 - 10} ==> 14(фрезеровать)

Операция 020. Фрезерная. Оборудование 6Т82Г.
 {1 - 14} ==> 10(фрезеровать) - 2(фрезеровать)

Операция 025. Зачистная.

Операция 030. Шлифовальная. Оборудование 3П722ДВ

{7 - 17 - 10} ==> 1(шлифовать)

{1 - 17 - 10} ==> 7(шлифовать)

Операция 035. Зачистная.

Операция 040. Программно - комбинированная. Оборудование 2254ВМФ4.

{1 - 17 - 10} ==> 3(фрезеровать) - 15(фрезеровать) - 16(фрезеровать) - 11и 5(центрировать главное отверстие) - 11 (сверлить) - 5(сверлить) - 9(расточить главное отверстие) - 8 (расфрезеровать отверстие) - 5 (расфрезеровать глухое отверстие) - 11(расточить главное отверстие) - 9(развернуть главное отверстие) - 11(развернуть главное отверстие)

{7 - 17 - 10} ==> 4(сверлить) - 12 и 13(зенкеровать)

Операция 045. Зачистная.

Операция 050. Промыть деталь.

Операция 055. Контрольная.

Операция 055. Химическое оксидирование.

Операция 060. Нанести антикоррозийное покрытие.

1.2. Циклограмма типового технологического процесса

1.2.1. Штучное время типового технологического процесса

Основное время (Приложение 1) на обработку планки, выполняемой на универсальном оборудовании, сведено в таблицу (табл.1.2).

Таблица 1.2

Основное время обработки планки на универсальных станках

Операции	T _о , мин
1	2
015 Фрезерная	
Переход 1	0,006·250 = 1,5
Переход 2	0,006·250 = 1,5
Переход 3	0,006·250 = 1,5
Переход 4	0,006·250 = 1,5

Продолжение таблицы 1.2

1	2
020 Фрезерная	

Переход 1	$0,006 \cdot 90 = 0,54$
Переход 2	$0,006 \cdot 90 = 0,54$
030 Шлифовальная	
Переход 1	$0,001 \cdot 250 = 0,25$
переход 2	$0,001 \cdot 250 = 0,25$

Укрупненные значения штучного времени по этим же операциям (Приложение 1) также сведены в таблицу 1.3 .

Таблица 1.3

Штучное время обработки планки на универсальных станках

Операции	$T_{шт}$, мин
015 Фрезерная	1,04
020 Фрезерная	1,98
030 Шлифовальная	1,1

На операцию 040 Программно-комбинированную, выполняемую на станках с ЧПУ, рассчитывается машинно-вспомогательное время (Приложение 3)

Для этого в первую очередь следует назначить режимы резания табличным способом (Приложение 2) и свести в карты (табл.1.4).

Таблица 1.4

Вспомогательное время (T_v) 040 операции

Приемы	T_v , мин
Установка	0,8
Перемещение стола	3,1
Ускоренные перемещения	2,8
Подвод инструмента	0,44
Смена инструмента	2,8
T_v	9,94

Штучное время на операции равно:

040. Программно – комбинированная - $T_{шт} = 1,15 \cdot (T_0 + T_v) = 1,15 \cdot (13,44 + 9,94) = 24,87$ мин

1.2.2. Циклограмма технологического процесса

Циклограмма строится не на весь технологический процесс планки, а только на операцию, выполняемую на станке с ЧПУ – 040 Программно-комбинированную. Циклограмма представлена в Декартовой системе координат, где по оси ординат располагаются переходы операции, а по оси абсцисс – время, затрачиваемое на выполнение работ по элементам (рис.1.2).

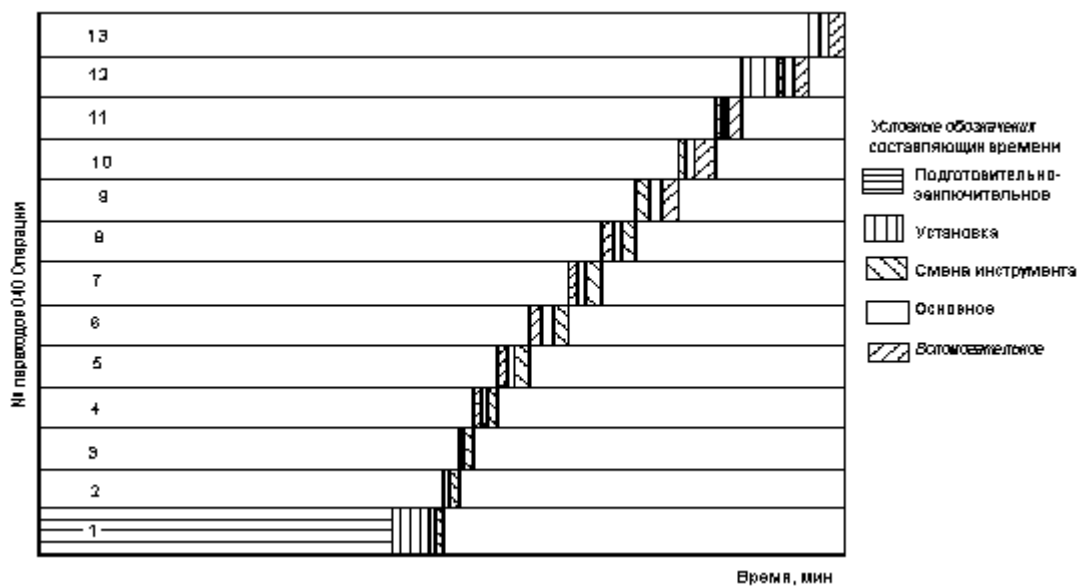


Рис.1.2 Циклограмма 040 Программно-комбинированной операции

1.2.3. Основные направления повышения производительности механической обработки изделия

Механическая обработка на станках типа ОЦ характерна последовательным выполнением переходов, где после обработки каждой поверхности одним инструментом происходит смена его при обработке последующей поверхности, либо той же поверхности с уточнением параметров качества.

Как видно из рис.1.2, почти половина времени затрачивается на подготовительно-заключительное. Это время равномерно распределяется между заготовками в партии. Поэтому следует обработку планок вести партиями исходя из годовой программы ($N=100$ шт. в год). При равномерном изготовлении и поставках изделий следует назначить партию в количестве 15 штук исходя из сменной загрузки оборудования. Тогда штучно-калькуляционное время на обработку одной заготовки на операции 040 будет равно $T_{шт-к} = (7+10 \cdot 0,7)/15 + 24,87 = 25,8$ мин.

Здесь в подготовительном времени на установку приспособления на стол станка расходуется 7 мин и на установку 10 инструментов в магазин - $10 \cdot 0,7$, т.е. 7 мин.

Обращает на себя также повышение затрат времени на переустановку заготовки на 12-м переходе. При использовании приспособления типа стойки возможно повышение производительности за счет исключения переустановки в процессе выполнения операции.

Таблица 1.4

Операция, переход	Станок	Диаметр (ширина) D(B), мм	Глубина рез. t, мм	Подача S, мм/об	Скорость расч. V _p м/мин	Частота расч. n _p , об/мин	Частота действ. n _p , об/м	Скорость действ. V _T м/мин	Время, мин		
									Основное T _о	Вспомог. T _в	Штучное T _{шт}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
040. Программно комбинированная	2254В МФ4										
1. Фрезеровать плоскость 3		100	3,0	430 мм/мин	80	254,77	260	81,64	0,4		
2. Фрезеровать плоскость под паз 15 и 16		50	3,0	200 мм/мин	50	318,47	315	49,46	1,8		
3. Центровать отв. 11 и 5		6	3,0	0,1	21	1114,64	1100	20,72	0,04		
4. Сверлить отверстие 11		20,0	10,0	0,3	17	270,7	270	16,96	1,14		
5. Рассверлить отверстие 11		38,0	9,0	0,3	17	142,47	140	16,7	1,73		
6. Расточить отверстие 9		38,6	1,0	0,3	110	907,56	910	110,29	0,18		
7. Фрезеровать канавку 8		30	5	150 мм/мин	40	424,628	420	39,564	1,06		
8. Расточить отверстие 11		38,6	1,0	0,3	110	907,56	910	110,29	0,18		
9. Развернуть отверстие 9		60	0,5	2,0	9	68	63	8,56	1,3		
10. Развернуть отверстие 11		56	0,5	2,0	9	68	63	8,56	1,3		
11. Переустановить заготовку											
12. Сверлить отверстие 4		15,0	7,5	0,3	19	403,39	400	18,84	0,28		
13. Зенкеровать отв. 12 и 13		20	5,5	0,07	42	668,789	670	42,076	0,75		

1.3. Наладки производственных систем

1.3.1. Настроечные размеры при выполнении операций технологического процесса.

Самой точной поверхностью, обрабатываемой на 040 операции является 9 – Ф60Н9, Ra1,25. Инструмент, используемый для растачивания – расточной резец, предварительно настраиваемый на размер вне станка.

Величина допуска на самую точную обрабатываемую поверхность равна $T = 62$ мкм.

Исходя из величины допуска на размер отверстия Ф60Н9 (+ 0,062) по табл. П4.1 - П4.3 (Приложение 4) выбирается способ настройки и контроля инструмента:

- повышенная точность наладки;
- величина ручной наладки за один импульс A_p : - наибольшая 0,020 мм, - наименьшая 0,010 мм;
- погрешность ручной подналадки Δ_p составит 0,005 мм;
- ожидаемая суммарная погрешность наладки $H_n = \sqrt{\Delta_p^2 + \Delta_n^2} = 0,0112$ мм;
- погрешность настройки резца, установленного на размер вне станка с помощью индикатора или миниметра составляет 20-30 мкм.

Эти параметры даже при повышенной точности наладки значительно превышают заданный допуск, так как суммарная величина погрешности наладки не должна превышать 10% допуска выполняемого размера, на что акцентировалось внимание в данном руководстве, в учебной и справочной литературе по технологии машиностроения.

В связи с этим, для наладки инструмента на выполняемый размер применим ручную настройку вне станка при использовании индуктивного датчика с погрешностью измерения ± 1 мкм (измерительная система БВ).

1.3.2. Расчет настроечного размера обработки одной поверхности изделия.

Предварительно назначается настроечный размер (без учета размерного износа). Эта величина соответствует координате середины поля допуска при совмещении ее с центром группирования и равна Ф60,031 мм.

Рассчитывается величина износа инструмента за период его размерной стойкости (стойкость равна $T = 60$ мин [6]). По размерной стойкости и основному времени (Приложение 4) для растачивания отверстия Ф60Н9 путь резания

$$L = \frac{\pi D l}{S} = \frac{\pi 60 \cdot 105,5}{0,14} = 141972,82 \text{ м} = 141,98 \text{ км},$$

где D – диаметр обрабатываемого отверстия, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

S – подача инструмента на оборот, мм/об.

Погрешность размерного износа определится по формуле

$$\Delta U = \frac{L}{1000} U_0 = \frac{141,98}{1000} 7 = 0,99 \approx 1 \text{ мкм},$$

где U_0 – удельный износ принимается по табл.П4.4 (Приложение 4);

Тогда настроечный размер с учетом размерного износа равен $\Phi 60,031 + 0,001 = \Phi 60,032 \pm 0,03 \text{ мм}$.

2. Конструкторская часть

2.1. Разработка технологической оснастки

2.1.1. Приспособление для механической обработки изделия

Многоцелевой станок 2254ВМФ4 с вертикальным расположением шпинделя, крестовым столом размером 400х630 с Т-образными пазами и магазином, включающих 30 инструментов.

Схема действия (рис.2.1) и расчетная формула сил закрепления принимается по справочнику [7, с.375].

Расчетная формула сил закрепления [7, с.376] следующая

$$P_3 = KR,$$

где P_3 – силы закрепления заготовки,

R – силы сдвига заготовки.

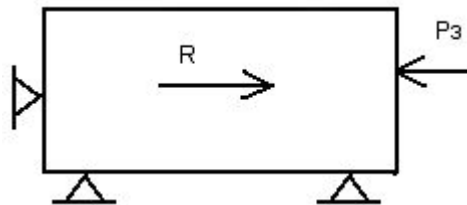


Рис.2.1. Расчетная схема сил закрепления заготовок

Тангенциальная сила резания принимается равной

$$P_z = 10000 \cdot t \cdot S = 10000 \cdot 0,5 \cdot 0,14 = 700 \text{ Н}.$$

Здесь t – глубина резания в мм, s – подача в мм/об.

Силы закрепления заготовки с учетом коэф.запаса K равны

$$P_3 = KR = 2 \cdot 700 = 1400 \text{ Н}.$$

По схеме действия сил резания и закрепления заготовки принимаю в качестве приспособления тиски с винтовым механизмом и ручным приводом. Расчет винтового механизма ведется по справочнику [7, с.384]:

- 1) при известной $G = 1400 \text{ Н}$ по табл.4 принимаем резьбу М20, шаг 2,5 мм, $d_1 = 17,294 \text{ мм}$, $d_2 = 18,376 \text{ мм}$ и $\sigma_B = 78 \text{ Мпа}$;
- 2) принимается $\beta = 30^\circ$, $\varphi_{пр} = 6^\circ 40'$ и вычисляется $\alpha = \arctg 2,5 / (\pi 18,4) = 2^\circ 30'$;
- 3) из условия отсутствия вмятин по табл.5 выбираем конец винта под пятю планки;
- 4) по табл.5 вычисляем $\eta = \text{tg} 2^\circ 30' / [\text{tg}(2^\circ 30' + 6^\circ 40') + 2 \cdot 16 / 18,4 \cdot 0,15 \text{ctg} 118^\circ / 2] = 0,13$. Винтовой элементарный зажимной механизм надежен против отвинчивания.
- 5) по табл.5 вычисляем момент $M = 1400 [0,5 \cdot 18,4 \text{tg}(2^\circ 30' + 6^\circ 40') + 0,15 \cdot 16 \cdot \text{ctg} 118^\circ] = 2203,6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$;

6) пользуясь табл.6 находим, что выбранная головка соответствует требованиям эргономики при длине рукоятки $L \geq 2203,6:147 = 14,99$ мм по ГОСТ 13447-68. Принимаем $L = 200$ мм;

7) зная материал и твердость нажимной гайки, по табл.7 находим $[\sigma_p] = 150 \dots 1170$ Мпа. Таким образом, прочность винтового механизма, обеспечивается, так как $[\sigma_p] = 150 \dots 170 > 78$ Мпа.

На операции 040 принята схема базирования – по трем плоскостям: установочной (основание планки), направляющая (боковая сторона планки) и опорная (торец планки). Установка заготовки осуществляется в тисках (рис.2.2).

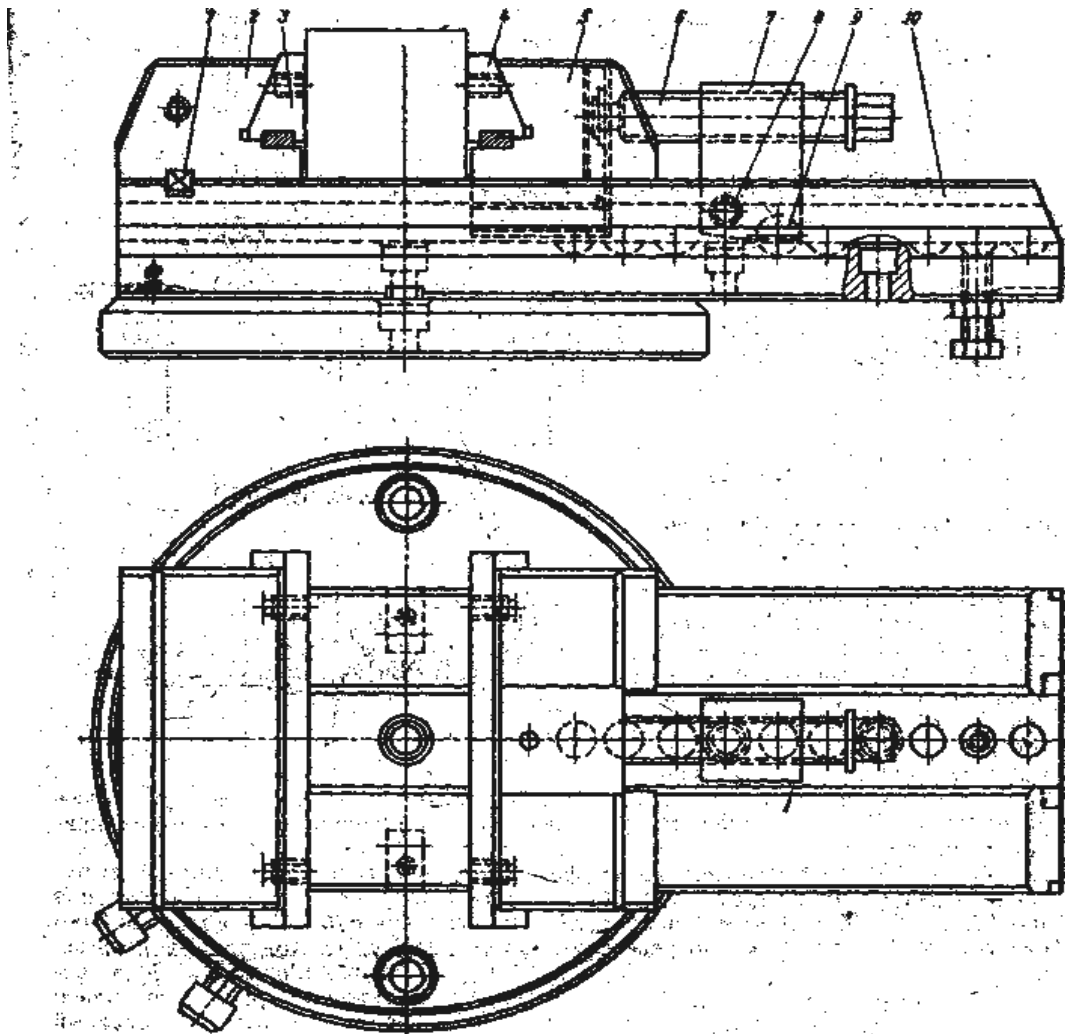


Рис.2.2. Тиски переналаживаемые

Тиски состоят из основания 10 с продольным Т-образным пазом, к которому посредством шпонки 1 и двух винтов прикреплена неподвижная губка 3. В подвижной губке 5 выполнен вертикальный Т-образный паз, в который входит сферический конец винта 6, установленного в стойке - 7. Последняя посредством шаровой опоры 9 контактирует с одним из гнезд, выполненных в дне Т-образного паза основания тисков. На выступающих концах запрессованного в стойку штыря 8 выполнены лыски. Быстрая переналадка подвижной губки осуществляется наклоном стойки влево. При этом шаровая опора выходит из гнезда основания, после чего стойку с подвижной губкой перемещают в требуемое положение, и шаровая опора входит в соответствующее гнездо основания. При завинчивании винта подвижная губка 5 перемещается, закрепляя обрабатываемую заготовку. При этом стойка поворачивается относительно шаровой опоры, и лыски штыря 8 заклиниваются на направляющих Т-образного паза основания 10. Накладные губки 3 и 4 контактируют с неподвижной 2 и подвижной 5 губками по наклонным плоскостям, что обеспечивает при укреплении заготовки прижим последней к опорной поверхности тисков.

2.1.2. Инструментальное обеспечение технологического процесса

Режущий инструмент, обеспечивающий операцию 040 «Программно-комбинированную» сведен в таблицу (табл.2.1).

Таблица 2.1

Режущий инструмент 040 операции

№ операции, переход	Режущий инструмент		Материал режущей пластинки инструмента
	Наименование	Обозначение и стандарт	
1	2	3	4
040			
1 переход	Фреза торцевая	2214-0005 ГОСТ 24359-80	T5K10
2 переход	Фреза концевая	01.3.0036.000-03 ТУ2 035.7-75	P6M5
3 переход	Сверло для центrovания	035-2300-1073 ОСТ2 И20-1-80	P6M5
4 переход	Сверло	2301-4113 ГОСТ 2092-77	P6M5
5 переход	Сверло	2301-3516 ГОСТ 12121-77	P6M5
6 переход	Расточной блок	6310-5163-000 Ивановского СПО	T15K6
7 переход	Фреза прорезная	2250-051 ГОСТ 8543-77	P6M5

1	2	3	4
8 переход	Расточной блок	6310-5165-000 Ивановского СПО	T15K6
9 переход	Развертка	035-2363-1019 ОСТ 1426-1-74	P6M5
10 переход	Развертка	035-2363-1021 ОСТ 1426-1-74	P6M5
11 переход	-	-	-
12 переход	Сверло	2301-3516 ГОСТ 12121-77	P6M5
13 переход	Зенкер	035-2323-0512 ОСТ 1422-1-80	P6M5

Инструментальная система для оборудования с ЧПУ представлена на рис.2.3.

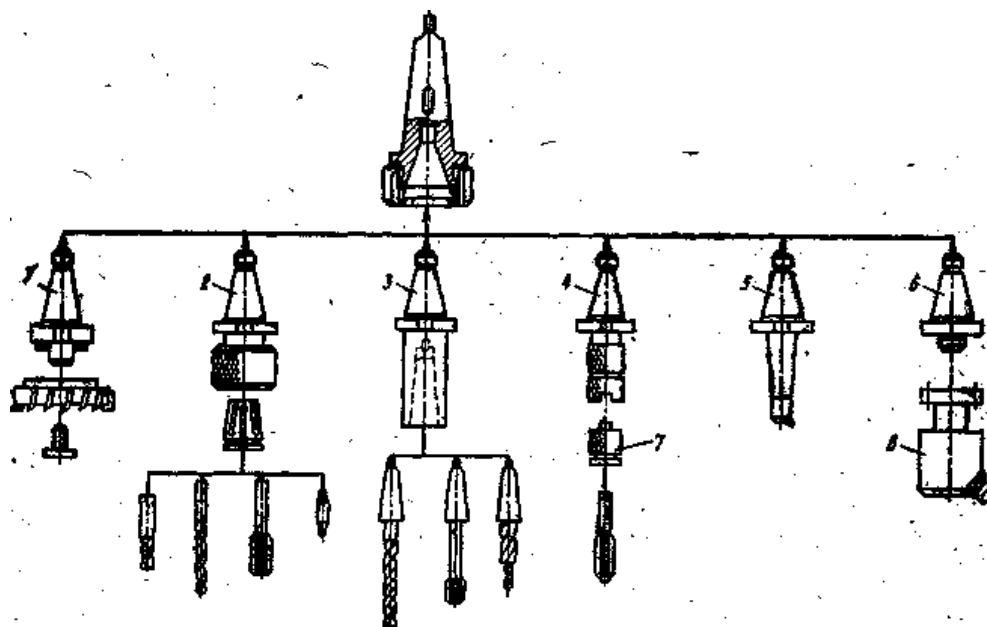


Рис.2.3. Инструментальная система для станка 2254ВМФ4. Обозначение: 1- оправка для торцовых насадочных фрез; 2 – цанговый патрон; 3 - переходная втулка; 4 - резьбонарезной патрон; 5 – расточная оправка; 6 - хвостовик; 7 - вставки к резьбонарезному патрону; 8 - насадная расточная оправка

2.2. Наладка режущего инструмента на настроенный размер

2.2.1. Выбор схемы приспособления для настройки инструмента

Схему наладки инструмента выберем по справочнику [4,8].

Прибор предварительной наладки расточного инструмента вне станка для чистовой и отделочной обработки представлен на рис.2.4.

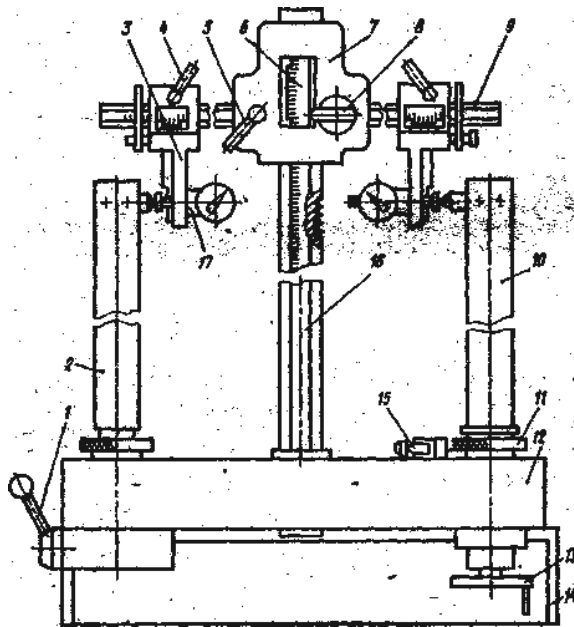


Рис. 2.4. Устройство для размерной настройки инструмента мод. 8580-400

2.2.2. Описание работы приспособления для настройки инструмента

Устройство для размерной настройки инструмента мод. 8580-400 разработано Рязанским станкостроительным заводом (рис. 2.4). Размерная настройка режущего инструмента проводится вне станка. При наладке резца, величину радиуса отсчитывают по горизонтальной шкале устройства, а для точных работ - отсчитывают размер, набранный из концевых мер. При настройке по длине отсчитывают длину вылета инструмента по нониусу 6. Устройство имеет конусные гнезда для инструментов с конусами 7:24 и Морзе № 6. Инструменты с оправками с конусами Морзе № 5, 4 и 3 и др. настраивают, применяя переходные втулки. Устройство имеет плиту 12, в которой расположены два конических гнезда втулок 11 с конусами Морзе № 6 и конусностью 7:24. Между гнездами расположена вертикальная стойка 16 с поперечной штангой 9, закрепленной в кронштейне 7, который перемещается по вертикальной стойке при помощи зубчатой передачи от рукоятки 8 и зажимается рукояткой 5. На поперечной штанге имеются кронштейны 3 с измерительными головками 17, зажимаемые рукоятками 4. Оправки в гнезде с конусностью 7:24 закрепляются при помощи специального устройства от рукоятки 13. При зажиме и отжиме оправки 2 к 10 фиксируются фиксатором 15. Выталкивание оправки из гнезда с конусностью Морзе № 6 производится специальным эксцентриковым устройством при помощи рукоятки 1. Приспособление монтируется на специальной сварной подставке 14.

Заключение

Применение в курсовом проекте перспективных технологий и средств производства позволило достичь поставленной цели. Использование в процессе изготовления планки предполагает обязательного использования метода автоматического получения размера на предварительно настроенных станках, в том числе станка ОЦ.

Выполнение курсового проекта позволило сделать следующие выводы.

1. Проведенный анализ исходной информации планки, циклограммы времени при обработке на станке с ЧПУ позволил уточнить структуру технологического процесса с соблюдением основных правил проектирования технологий и разработать основные направления проекта.

2. Рассчитан настроечный размер для достижения необходимого качества самой точной поверхности.

3. Применено перспективное быстроперенастраиваемое станочное приспособление.

4. Выбраны стандартные режущие и вспомогательные инструменты.

5. Определена схема размерной оснастки и выбран прибор для наладки концевого инструмента для расточки точных отверстий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Приближенные формулы для норм времени по обрабатываемой поверхности

Основное время T_0 , мин

- Черновая обточка за один рабочий ход – $0,00017dl$
Чистовая обточка по 10 качеству точности – $0,00010dl$
Чистовая обточка по 9 качеству точности – $0,00017dl$
Черновая подрезка торца $Ra10$ - $0,000037(D^2 - d^2)$
Чистовая подрезка торца $Ra2,5$ - $0,000052(D^2 - d^2)$
Отрезание - $0,00019D^2$
Черновая и чистовая обточка фасонным резцом - $0,00063(D^2 - d^2)$
Шлифование грубое по 10 качеству точности – $0,00007dl$
Шлифование чистовое по 8 качеству точности – $0,0001dl$
Шлифование чистовое по 6 качеству точности – $0,00015dl$
Растачивание отверстий на токарном станке - $0,00018dl$
Сверление отверстий - $0,00052dl$
Рассверливание отверстий $d = 20 - 60$ - $0,00031dl$
Зенкерование - $0,00021dl$
Развертывание черновое - $0,00043dl$
Развертывание чистовое - $0,00086dl$
Внутреннее шлифование отверстий по 8 качеству точности – $0,0015dl$
Внутреннее шлифование отверстий по 7 качеству точности – $0,0018dl$
Черновое растачивание отверстий за один рабочий ход $Ra20$ – $0,0002dl$
Черновое растачивание под развертку – $0,0003dl$
Развертывание плавающей разверткой по 9 качеству точности – $0,00027dl$
Развертывание плавающей разверткой по 7 качеству точности – $0,00052dl$
Здесь: d - диаметр обрабатываемой поверхности;
 l – длина обрабатываемой поверхности;
 $D - d$ – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемой поверхности;
Протягивание отверстий и шпоночных канавок - $0,0004l$
Здесь l – длина протяжки.
Строгание черновое на продольно-строгальных станках – $0,000065Bl$
Строгание чистовое под шлифование или шабрение – $0,000034Bl$
Фрезерование черновое торцевой фрезой:
за проход – $0,006l$;
чистовое – $0,004l$;
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой – $0,007l$
Шлифование плоскостей торцом круга - $0,0025l$
Здесь: B - ширина обрабатываемой поверхности;
 l – длина обрабатываемой поверхности;
Фрезерование зубьев червячной фрезой - $0,0022 Db$
Обработка зубьев червячных колес - $0,0603 D$

Здесь: D – диаметр зубчатого колеса;

b – длина зуба;

Фрезерование шлицевых валов методом обкатки - $0,009lz$

Шлицешлифование - $0,0046lz$

Здесь: l – длина шлицевых валов;

z – число шлицев;

Нарезание резьбы на валу - $0,019 dl$

Нарезание резьбы метчиком - $0,0004 dl$.

Штучно-калькуляционное (штучное) время равно $T_{шт} = \varphi T_0$

Таблица П1.1

Величина коэффициента φ

Оборудование	Тип производства	
	Единичное и среднесерийное	Крупносерийное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарные полуавтоматы	-	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально- сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	-
Шлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	-
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ, ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ И ФРЕЗЕРОВАНИИ

1. Методика выбора режимов резания

Выбор режимов резания проводится при проектировании операции после разработки структуры технологического маршрута, где предварительно выбран станок и определена технология обработки отдельных поверхностей.

- 1) По оборудованию принимаем вид режущего инструмента и его тип;
- 2) Выбирается материал (табл.2.1) и геометрия режущей части инструмента (табл.2.2);
- 3) По таблицам назначаются режимы резания при стойкости инструмента $T=60$ мин..

Структура таблиц режимов резания принципиально отличается от существующих на пространстве СНГ. Введена более четкая градация обрабатываемого материала по механическим характеристикам (табл.П2.1). В таблицах представлена строгая последовательность выбора режимов: обрабатываемый материал → характер обработки → подача S → глубина резания t → скорость резания V → мощность резания N .

Таблица.П2.1

Механические свойства сталей

Марка стали	σ_b , Н/мм ²	НВ	Марка стали	σ_b , Н/мм ²	НВ
08	430	131	20Х	590	179
10	440	137	30Х	70	187
15	480	143	35Х	750	197
20	520	150	40Х	800	230
25	560	170	50Х	1100	229
30	600	179	30ХМА	950	229
35	640	187	35ХМ	1600	241
40	680	217	18ХГ	900	187
45	710	241	30ХГС	1100	229
50	740	249	45ХН	1050	207
60	790	255			
70	830	269			

2. Выбор режимов резания при токарной обработке

2.1. Токарный инструмент

2.1.1. Типы резцов

При выборе режимов резания, в первую очередь, выбирается режущий инструмент, начиная с типа державки. Режущий инструмент принимаем исходя

от вида работы на токарной операции и направления подачи. Комплект резцов, применяемый на токарной операции, должен обеспечить обработку поверхностей:

- 1 – резцы проходные прямые или отогнутые для центральной или патронной обработки деталей типа тел вращения, которые обеспечивают наружную обработку, проточку торцов, канавок, выточек, снятие фасок (например, ГОСТ 21151-75, типы 1 и 4);
- 2 – резцы контурные с $\varphi = 92 - 95^{\circ}$, которые позволяют производить обточку деталей по цилиндру, конусу с углом спада до 30° , обрабатывать радиусные поверхности, галтели и торцы при движении инструмента от центра к периферии. Можно обрабатывать канавки для выхода режущего инструмента (например, ГОСТ 20873 – 80; ГОСТ 20872 – 80, тип 3);
- 3 - резцы контурные с $\varphi = 63 - 65^{\circ}$, которые позволяют производить обработку полусферических поверхностей и конусов с углом спада до 57° (например, ГОСТ 20872 – 80, тип 2 и 4);
- 4 – резцы резьбовые (например, ГОСТ 22207 – 75, тип 1);
- 5 - резцы расточные с $\varphi = 95^{\circ}$, для растачивания сквозных отверстий и обработки выточек;
- 6 - резцы расточные с $\varphi = 92 - 95^{\circ}$, для растачивания отверстий диаметром от $\Phi 22$ мм и более (например, ГОСТ 21151 – 75, тип 4);
- 7 - резцы прорезные и отрезные.

2.1.2. Материал пластинки режущего инструмента

Для инструмента, где технологически сложно применять твердосплавные пластинки, используются пластинки из быстрорежущей стали Р6М5, как наиболее применяемую. В остальных случаях предпочтительно использовать пластинки из твердого сплава (табл.П2.2).

Таблица.П2.2

Выбор инструментального материала

Характер обработки	Твердый сплав при обработке			
	Сталь углеродистая и легированная	Чугун		Цветные материалы
		НВ 240	НВ 400-700	
Черновая	T5K10	BK8	BK8	BK8
	T5K12	BK8B	BK8B	BK6
	T14K8			BK4
Чистовая	T14K8	BK6	BK6	BK6
	T15K6	BK4	BK4	BK4
Тонкая	T15K6	BK4	BK4	BK4
	T30K4	BK3	BK3	BK3
				BK3M

2.1.3. Геометрические параметры режущей части инструмента

Геометрические параметры режущей части инструмента, оснащенного пластинками из твердого сплава приведены в табл.П2.3.

Табл.П2.3

Геометрические параметры режущей части инструмента

Наименование и размеры углов в град.		Условия работы
Главный угол в плане ϕ	30	Точение с малыми глубинами в условиях особо жесткой технологической системы
	45	Точение в условиях жесткой технологической системы
	60-75	Точение и растачивание при нежесткой технологической системе
	90	Точение и растачивание ступенчатых поверхностей в упор. Подрезка
Вспомогательный угол в плане ϕ_1	0	Чистовое точение с дополнительной режущей кромкой
	5-10	Чистовая обработка
	10-15	Черновая обработка
Передний угол γ	10-15	Обработка стали $\sigma=700 \text{ Н/мм}^2$ и чугуна HB220
	0-5	Обработка чугуна HB>220
Задний угол α	5-6	Обработка стали и чугуна

Радиус закругления при вершине r выбирается в зависимости от характера обработки.

Для черновой обработки:

- радиус закругления при вершине r принимается наибольшим, чтобы обеспечить высокую прочность вершины инструмента;
- большой радиус закругления при вершине r допускает большие подачи, а значит и высокую производительность;
- если имеется риск появления вибраций при механической обработке, радиус закругления при вершине r выбирается меньшим.

Радиус закругления при вершине имеет значения $r = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$.

Для чистовой обработки радиус закругления при вершине r выбирается в соответствии с качеством поверхности после механической обработки:

- при $Ra = 6,3 \text{ мкм}$ - радиус закругления при вершине $r = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$;
- при $Ra = 3,2 \text{ мкм}$ - радиус закругления при вершине $r = 1,5; 2,0$.

2.2. Выбор режимов резания

Глубина резания t :

- на черновой операции назначается максимальной из величины снимаемого припуска из условий мощности станка и прочности режущего инструмента и его элементов (для станка типа 16К20 – t не более 2,5 – 3,0 мм);
- на чистовой и отделочной операциях назначается из условия обеспечения необходимого качества поверхности и поверхностного слоя ($t \approx 0,5$ мм - на чистовых и $t \approx 0,1$ мм - на отделочных операциях).

Подача S выбирается также в соответствии с характером обработки:

- при черновой обработке подачи приведены в таблице П2.4;
- при чистовой обработке подачи приведены в таблице П2.5.

Таблица П2.4

Подачи при черновой обработке

Обрабатываемый материал	При суммарной глубине t резцами, установленными на одном суппорте в мм				
	3	5	10	20	40
	Подача S мм/об				
Сталь	0,6	0,4	0,3	0,25	0,2
Чугун	0,8	0,6	0,45	0,35	0,3

Таблица П2.5

Подачи при чистовой обработке

Шероховатость поверхности R_a , мкм	При радиусе закругления вершины резца, мм			
	0,5	1,0	1,5	2,0
	Подача S мм/об			
6,3	0,3	0,35	0,4	0,45
3,2	0,1	0,15	0,2	0,25

Скорость резания V и эффективная мощность резания N при точении инструментами, приведенными в разделе 2.1.1, выбирается по табл. П2.6-2.11.

Таблица П2.6

Обрабатываемый материал		Сталь НВ 210				
Характер обработки		Чистовая	Черновая	Обдирочная		
Подача S , мм/об		0,1-0,3	0,4-1,0	>1,0		
Глубина резания t , мм		0,5-2,0	2,0-4,0	4,0-8,0		
Материал инструментальной пластинки: Твердый сплав (см.табл.2.1)						
Подача S , мм/об	Скорость резания V , м/мин	При глубине резания t , мм				
		1,0	2,0	3,0	5,0	7,0
		Необходимая эффективная мощность резания N , кВт				
0,1	165	0,4	1,0	1,6	2,8	4,4
0,2	155	0,7	1,6	2,75	3,6	7,4
0,3	145	1,1	2,3	3,6	6,25	9,2

0,4	115	1,45	2,8	4,7	7,8	11,0
0,5	95	1,7	3,9	5,5	9,1	13,1
0,6	80	1,9	4,4	6,3	10,4	15,6
0,8	74	2,45	4,8	7,7	13,1	18,8
1,0	65	3,0	6,4	9,4	15,6	23,9

Таблица П2.7

Обрабатываемый материал	Сталь НВ 220-270					
Характер обработки	Чистовая		Черновая		Обдирочная	
Подача S, мм/об	0,1-0,3		0,4-1,0		>1,0	
Глубина резания t, мм	0,5-2,0		2,0-4,0		4,0-8,0	
Материал инструментальной пластинки: Твердый сплав (см.табл.2.1)						
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм				
		1,0	2,0	3,0	5,0	7,0
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт				
0,1	150	0,6	1,2	1,8	3,0	4,6
0,2	140	0,9	1,8	3,0	4,9	7,6
0,3	130	1,3	2,6	4,0	6,7	10,2
0,4	100	1,7	3,4	5,0	8,3	11,6
0,5	85	2,0	4,0	5,9	9,8	13,8
0,6	70	2,2	4,5	6,7	11,0	16,1
0,8	62	2,8	5,6	8,3	14,0	19,5
1,0	54	3,3	6,6	10,0	16,5	24,4

Таблица П2.8

Обрабатываемый материал	Чугун					
Характер обработки	Чистовая		Черновая		Обдирочная	
Подача S, мм/об	0,1-0,4		0,5-1,2		>1,2	
Глубина резания t, мм	0,5-2,0		2,0-4,0		4,0-8,0	
Материал инструментальной пластинки: Твердый сплав (см.табл.2.1)						
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм				
		1,0	2,0	3,0	5,0	7,0
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт				
0,1	140	0,5	0,85	1,5	2,5	3,8
0,2	135	0,65	1,3	2,0	3,3	5,1
0,3	130	0,85	1,7	2,5	4,1	5,8
0,4	120	1,0	2,0	2,9	4,9	6,9
0,5	85	1,1	2,5	3,3	5,5	8,1
0,6	75	1,4	2,8	4,1	7,0	9,7
0,8	65	1,65	3,3	5,0	8,3	12,1

1,0	56	1,8	3,6	5,3	8,9	12,5
1,2	46	1,9	3,8	5,5	9,5	13,1

Таблица П2.9

Обрабатываемый материал		Цветные сплавы				
Характер обработки		Чистовая	Черновая		Обдирочная	
Подача S, мм/об		0,1-0,3	0,4-1,0		>1,0	
Глубина резания t, мм		0,5-2,0	2,0-4,0		4,0-8,0	
Материал инструментальной пластинки: Твердый сплав (см.табл.2.1)						
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм				
		1,0	2,0	3,0	5,0	7,0
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт				
0,1	280	0,18	0,36	0,54	0,9	1,5
0,2	225	0,27	0,6	0,9	1,5	2,2
0,3	190	0,4	0,8	1,2	2,0	3,0
0,4	160	0,54	1,0	1,5	2,5	3,5
0,5	130	0,6	1,2	1,8	3,0	4,2
0,6	110	0,66	1,35	2,0	3,3	4,8
0,8	90	0,88	1,68	2,5	4,2	6,0
1,0	70	1,0	2,0	3,0	4,9	7,3

Таблица П2.10

Обрабатываемый материал		Алюминиевые сплавы				
Характер обработки		Чистовая	Черновая		Обдирочная	
Подача S, мм/об		0,1-0,3	0,4-1,0		>1,0	
Глубина резания t, мм		0,5-2,0	2,0-4,0		4,0-8,0	
Материал инструментальной пластинки: Твердый сплав (см.табл.2.1)						
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм				
		1,0	2,0	3,0	5,0	7,0
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт				
0,1	600	0,2	0,4	0,6	1,0	1,5
0,2	530	0,3	0,6	1,0	1,65	2,5
0,3	460	0,44	0,86	1,3	2,26	3,4
0,4	370	0,56	1,13	1,65	2,76	3,9
0,5	300	0,66	1,3	1,96	3,26	4,6
0,6	240	0,73	1,5	2,23	3,6	5,4
0,8	210	0,9	1,9	2,8	4,6	5,6
1,0	170	1,1	2,2	3,3	5,5	8,15

Выбор режимов резания при точении фасонными, прорезными широкими и отрезными резцами осуществляется по табл.П2.11.

Таблица П2.11

Резец	Прорезной шириной до 20 мм		Фасонный				Расточная головка					
Подача S, мм/об	0,12-0,2		0,1-0,18				0,3-0,5					
Резцы	Материал		При подаче S, мм/об									
	режущий	заготовки	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5
			Скорость резания V, м/мин									
Фасонные	Р6М5	Сталь	53	50	42	35	32	27	-	-	-	-
		Чугун	-	-	44	40	36	30	28	23	20	18
Прорезные широкие, отрезные	Твердый сплав	Сталь	-	-	-	100	92	85	77	65	57	52
		Чугун	-	-	-	90	82	72	62	56	49	45
	Р6М5	Цветные сплавы	-	-	-	-	160	130	120	107	92	88

3. Выбор режимов резания при обработке отверстий

3.1. Инструмент для обработки отверстий (сверла, зенкеры и развертки)

3.1.1. Тип инструментов для обработки отверстий

В случае, когда необходимо формировать отверстие в сплошном материале, либо удалить большой припуск без достижения высокой точности, в производстве применяют сверла.

Широкое распространение получили сверла:

- спиральные с цилиндрическим хвостовиком короткой, средней и длинной серии по ГОСТ 4010-77, 10902-77, 888-77, 12122-77, 8034-76;
- спиральные с коническим хвостовиком тех же серий по ГОСТ 10903-77, 2092-77, 12122-77;
- спиральные с цилиндрическим хвостовиком, оснащенные твердым сплавом, по ГОСТ 22739-77, 17273-71, 17274-71, 17275-71;
- спиральные с коническим хвостовиком, оснащенные твердым сплавом, по ГОСТ 17276-71.

После сверления, либо уже имеющиеся в заготовке отверстия обрабатываются зенкерами. Наиболее распространенными являются зенкоры:

- цельные с коническим хвостовиком:
- насадные:

- оснащенные пластинками из твердого сплава.

Эти зенкеры выполнены по ГОСТ 12489-71, 3251-71, 2255-71 и 12510-71.

Окончательно обработать отверстия можно развертками, основные из которых:

- машинные цельные с цилиндрическим или коническим хвостовиком по ГОСТ 1672-80;

- машинные удлиненные по ГОСТ 11172-70;

- машинные со вставными ножами из быстрорежущей стали по ГОСТ 883-80;

- машинные, оснащенные твердым сплавом, выполненные с коническим хвостовиком, а также насадные по ГОСТ 11175-80.

3.1.2. Материал режущей части инструмента

Материалом режущей части инструмента является в основном, быстрорежущая сталь Р6М5 (для инструмента диаметром менее Ф30 мм) и твердый сплав (см.табл.2.1).

3.1.3. Геометрические параметры режущей части инструмента

Геометрия сверл в основном отличается формой заточки и углом в плане 2φ. Из всех форм заточки наиболее распространенной является нормальная, которая применяется практически для любых обрабатываемых материалов. В связи с этим, в таблицах режимов резания приведены сведения для сверл нормальной заточки.

Геометрия зенкеров различна и зависит от обрабатываемого материалов. Рекомендуемые геометрические параметры приведена в таблице П2.12.

Таблица П2.12

Обрабатываемый материал	Углы инструмента				
	Передний γ		Задний α	В плане φ	Наклона λ
	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав			
Сталь НВ 180	15-20	-	8-10	60	25-30
Сталь НВ 180-220	12-15	0			
Сталь НВ 220-270	5-10	0-(-5)			
Сталь >НВ 270	-	(-10)			
Чугун НВ150	10-12	8	8-10	30-60	10
Чугун НВ150-200	6-8	5			
Чугун >НВ200		0			
Цветной сплав	25-30	10-20	10	60	10-20

3.2. Выбор режимов резания при обработке отверстий

3.2.1. Выбор режимов резания при сверлении

Процессы при обработке отверстий сверлением, зенкерованием и, особенно, развертыванием, имеют ряд особенностей по сравнению с токарной

обработкой. Это должно учитываться при назначении режимов резания. С этой целью вводятся три группы подач (табл.П2.13).

Таблица П2.13

Вид обработки	Условия обработки	Группа подач
Сверление	Сверление сверлами из быстрорежущей стали с точностью не ниже 12 квалитета	1
	Сверление сверлами из быстрорежущей стали при пониженной жесткости технологической системы	2
	Сверление под зенкерование, развертывание, нарезание резьбы, наклонных отверстий	3
Зенкерование	Черновое зенкерование	1
	Зенкерование с точностью не ниже 12 квалитета под нарезание резьбы, черновое развертывание	2
	Зенкерование с точностью не ниже 11 квалитета под чистовое развертывание	3

По этим группам назначаются подачи при обработке отверстий (табл.П2.14).

Таблица П2.14

Вид обработки	Группа подач	Диаметр, мм												
		2,5	4	6	10	12	16	20	25	32	40	60	80	100
		Подачи при обработке отверстий в заготовках из стали												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Сверление	1	0,03	0,06	0,12	0,18	0,22	0,28	0,3	0,36					
	2	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,3				
	3	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,16	0,18	0,2				
Зенкерование	1				0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
	2				0,3	0,32	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	3				0,25	0,27	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8
Развертывание	1				0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0
	2				0,35	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,6
		Подачи при обработке отверстий в заготовках чугуна												
Сверление	1	0,5	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,6			
	2	0,04	0,08	0,1	0,12	0,16	0,18	0,22	0,25	0,3				
	3	0,3	0,06	0,08	0,09	0,12	0,15	0,16	0,18	0,22				

Продолжение таблицы П2.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Зенкование	1				0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
	2				0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,8
	3				0,25	0,28	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7
Развертывание	1					1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4	3,6
	2					0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,3
		Подачи при обработке отверстий в заготовках их цветных сплавов												
Сверление	1	0,22	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	1,0			
	2	0,1	0,2	0,27	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,75			
	3	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5			
Зенкование	1						0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	2,2	2,6
	2						0,5	0,6	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9
	3						0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3
Развертывание	1					0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
	2					0,4	0,45	0,5	0,6	0,65	0,7	0,9	1,1	1,2

Глубина резания определяется как $t = \frac{(D-d)}{2}$;

где D - диаметр обрабатываемого отверстия;

d - диаметр ранее обработанного отверстия.

Скорость резания т(в числителе приведены данные для инструмента из быстрорежущей стали, а в знаменателе – из твердого сплава) и эффективная мощность резания назначается по таблицам П2.15-П2.23.

Таблица П2.15

Вид обработки: сверление											
Обрабатываемый материал: сталь НВ < 210											
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм									
		2	3	4	5	6	8	10	12	16	
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт									
0,06	30/76	0,1	0,2	0,25	0,33						
0,1	28/74	0,14	0,24	0,28	0,35	0,42					
0,15	27/72		0,35	0,41	0,51	0,64	0,84	1,0	1,28	1,63	
0,2	25/68			0,48	0,6	0,74	0,96	1,21	1,5	1,97	
0,3	23/62					1,0	1,36	1,68	2,1	2,6	
0,4	21/56						1,7	2,13	2,7	3,4	

Таблица П2.16

Вид обработки: сверление										
Обрабатываемый материал: сталь НВ = 210 – 270										
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм								
		2	3	4	5	6	8	10	12	16
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт								
0,06	27/66	0,11	0,22	0,27	0,29					
0,1	25/66	0,15	0,25	0,28	0,38	0,46				
0,15	24/65		0,38	0,45	0,56	0,71	0,92	1,1	1,4	1,8
0,2	22/60			0,54	0,66	0,81	1,1	1,3	1,6	2,2
0,3	20/56					1,1	1,5	1,85	2,3	2,86
0,4	18/50						1,87	2,34	2,97	3,74

Таблица П2.17

Вид обработки: сверление										
Обрабатываемый материал: чугун НВ 210										
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм								
		2	3	4	5	6	8	10	12	16
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт								
0,06	32/80	0,14	0,24	0,31	0,39					
0,1	26/74	0,19	0,32	0,36	0,46	0,74				
0,15	22/72		0,35	0,48	0,58	0,8	1,1	1,17	1,46	1,88
0,2	19/68			0,55	0,66	0,83	1,25	1,27	1,5	1,97
0,3	17/62					1,1	1,36	1,44	1,8	2,2
0,4	15/56						1,4	1,84	2,0	2,56

Таблица П2.18

Вид обработки: сверление										
Обрабатываемый материал: цветные сплавы										
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм								
		2	3	4	5	6	8	10	12	16
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт								
0,1	81/200	0,17	0,25	0,32	0,39					
0,15	69/172		0,35	0,38	0,44	0,52				
0,2	62/155		0,45	0,57	0,68	0,76	0,95	1,18	1,35	1,89
0,3	56/140			0,74	0,9	1,05	1,37	1,6	1,7	2,26
0,3	53/132				1,1	1,3	1,69	1,94	1,98	2,86
0,6	48/120					1,83	2,2	2,6	3,2	3,86

Таблица П2.19

Вид обработки: зенкерование					
Обрабатываемый материал: сталь НВ < 210					
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм			
		0,5	1,0	2,0	4,0
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт			
0,1	46/116	0,33	0,65	0,8	1,5
0,15	38/92	0,4	0,8	1,1	2,3
0,2	33/78	0,55	1,0	1,65	3,0
0,3	30/73	0,7	1,3	2,1	3,95
0,4	26/68	0,9	1,8	2,75	4,9
0,6	24/65	1,25	2,1	3,65	5,4
0,8	21/58	1,5	2,6	4,3	7,9
1,0	19/50	1,75	3,1	5,35	9,4

Таблица П2.20

Вид обработки: зенкерование					
Обрабатываемый материал: сталь НВ 220-270					
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм			
		0,5	1,0	2,0	4,0
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт			
0,1	42/104	0,36	0,71	0,88	1,65
0,15	34/82	0,44	0,88	1,2	2,5
0,2	29/70	0,6	1,1	1,8	3,3
0,3	27/65	0,77	1,4	2,3	4,3
0,4	23/61	0,99	1,76	3,0	5,4
0,6	22/58	1,31	2,3	4,0	7,0
0,8	19/50	1,65	2,86	4,7	8,7
1,0	17/45	1,9	3,4	5,88	10,3

Таблица П2.21

Вид обработки: зенкерование					
Обрабатываемый материал: чугун					
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм			
		0,5	1,0	2,0	4,0
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт			
0,1	50/125	0,26	0,34	0,71	0,84
0,15	45/112	0,3	0,48	0,8	1,2
0,2	39/98	0,34	0,6	1,0	1,8
0,3	35/88	0,55	0,76	1,65	2,3
0,4	32/80	0,75	1,0	1,76	3,1
0,6	27/68	0,83	1,18	2,0	3,6
0,8	24/60	0,9	1,34	2,1	4,5
1,0	21/52	1,0	1,5	2,3	4,8

Таблица П2.22

Вид обработки: зенкерование					
Обрабатываемый материал: цветные сплавы					
Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм			
		0,4	0,6	0,75	1,0
		Необходимая эффективная мощность резания N, кВт			
0,1	130/325	0,05	0,07	0,08	0,1
0,15	110/275	0,08	0,17	0,12	0,15
0,2	98/245	0,1	0,14	0,17	0,2
0,3	90/225	0,14	0,17	0,22	0,28
0,4	78/135	0,18	0,25	0,29	0,36
0,6	64/160	0,25	0,34	0,4	0,5
0,8	52/130	0,32	0,38	0,46	0,68
1,0	49/122	0,38	0,5	0,5	0,75

Скорость резания при развертывании представлена таблицей П2.23.

Таблица П2.23

Инструментальный материал: быстрорежущая сталь/твердый сплав		
Точность (квалитет)	Шероховатость Ra, мкм	Скорость резания V, м/мин
Обработка заготовок из стали		
8-9	3,2-1,6	4-8/25-40
7-8	2,5-1,25	4-6/15-20
7	1,25-0,8	2-4/8-12
Обработка заготовок из чугуна		
8-9	3,2-1,6	12-14/30-40
7-8	2,5-1,25	9-11/25-30
7	1,25-0,8	7-9/15-20
Обработка заготовок из цветных сплавов		
8-9	3,2-2,5	25-45/60-80
7-8	2,5-1,6	15-25/37-60
7	1,6-1,25	8-12/20-30

4. Выбор режимов резания при фрезеровании

4.1. Фрезерный инструмент

4.1.1. Тип фрез

Тип инструмента зависит от операции технологического процесса, геометрии обрабатываемой поверхности и направления подачи.

Комплект основных типов фрез включает в себя:

- цилиндрические фрезы, используемые для обработки плоскостей. Фрезы Ф60-90 применяют при снятии припуска с глубиной резания t до 5 мм, Ф90-110 - t до 8 мм, Ф110-150 - t до 12 мм;
- торцевые фрезы, используемые для обработки плоскостей. В основном эти фрезы сборной конструкции со вставными зубьями;
- дисковые фрезы, используемые как для обработки плоскостей, так и для обработки пазов;
- прорезные и отрезные дисковые фрезы, используемые для прорезания узких пазов и отрезки;
- концевые фрезы, используемые как для обработки плоскостей, пазов и криволинейных наружных и внутренних поверхностей;
- угловые фрезы, используемые для обработки поверхностей, расположенных под углом друг относительно друга (фрезы могут быть одноугловыми и двухугловыми).

4.1.2. Материал режущей части фрез

Режущую часть фрез изготавливают из быстрорежущей стали и твердого сплава. Для фрез диаметром менее Ф40 мм в качестве материала применяют быстрорежущую сталь Р6М5. Выбор твердого сплава осуществляется в соответствии с рекомендациями (табл.П2.2).

4.1.3. Геометрические параметры фрез

Геометрические параметры фрез можно принять по таблице П2.3.

4.2. Выбор режимов резания

При обработке заготовок многозубым инструментом определяющей для является подача на зуб фрезы. Ее выбирают исходя из характера, вида обработки, материала режущей части инструмента и обрабатываемого материала (табл.П2.24).

Таблица П2.24

Твердость обрабатываемого материала	Обрабатываемый материал						
	Сталь			Чугун			Цветные сплавы
	Подача на зуб Sz (мм/зуб) при глубине резания t, мм						
	< 2	2-5	>5	< 2	2-5	>5	< 12
1	2	3	4	5	6	7	8
Торцевые фрезы с пластинками из быстрорежущей стали							
< 220	0,2-0,3	0,15-0,25	0,12-0,2				
220-270	0,15-0,2	0,1-0,12	0,1-0,15				0,25-0,3
>270	0,1-0,15	0,1-0,15	0,07-0,1				
Торцевые фрезы с пластинками из твердого сплава							
< 220	0,15-0,2	0,1-0,2	0,1-0,15	0,2-0,35	0,15-0,2	0,1-0,2	
220-270	0,1-0,15	0,1	0,08	0,1-0,25	0,1-0,2	0,1-0,15	0,2-0,3
>270	0,1	0,08	0,05	0,1-0,15	0,1	0,08	
Дисковые фрезы из быстрорежущей стали							
< 220	0,15-0,25	0,1-0,2	0,1-0,15				
220-270	0,1-0,2	0,1-0,15	0,1				0,1-0,15
>270	0,1	0,1	0,08				
Дисковые фрезы с пластинками из твердого сплава							
< 220	0,1	0,08	0,07	0,1-0,25	0,1-0,2	0,1-0,15	
220-270	0,08	0,06	0,05	0,1-0,2	0,1-0,15	0,08	0,15-0,2
>270	0,06	0,05	0,04	0,1-0,15	0,08	0,05	
Цилиндрические крупнозубые фрезы из быстрорежущей стали							
< 220	0,2-0,3	0,15-0,2	0,1-0,15				
220-270	0,15-0,2	0,1-0,15	0,08				0,2-0,25
>270	0,1-0,15	0,08	0,06				

Продолжение таблицы П2.24

1	2	3	4	5	6	7	8
Дисковые фрезы из быстрорежущей стали при обработке пазов							
< 220	0,07-0,12			0,07-0,12			
220-270	0,05-0,1			0,06-0,1			0,12-0,18
>270	0,03-0,08			0,04-0,06			
Дисковые фрезы с пластинками из твердого сплава при обработке пазов							
< 220	0,06-0,1			0,7-0,12			
220-270	0,04-0,06			0,08-0,1			0,1
0,12>270	0,03-0,05			0,04-0,08			
Прорезные фрезы из быстрорежущей стали							
270	0,02	0,01	< 0,01	0,03	0,02	< 0,01	0,04
Угловые фрезы типа «ласточкин хвост»с пластинками из твердого сплава							
220-270				0,12	0,1	0,08	
Радиусные фрезы из быстрорежущей стали							
220-270	0,05	0,04	0,03	0,07	0,05	0,04	

Данные для скорости резания и эффективной мощности резания на один зуб приведены в таблицах П2.25-П2.36.

Таблица П2.25

Торцевые и дисковые фрезы (обработка плоскостей)				
Обрабатываемый материал: сталь				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб S_z , мм/зуб	0,02-0,05	0,08-0,12	0,15-0,35	
Глубина резания t , мм	0,5-2,0	2,5-5,0	>5,0	
Материал фрезы или пластинки: быстрорежущая сталь				
Подача на зуб S_z , мм/зуб	Скорость резания V , м/мин	При глубине резания t , мм		
		1	3	5
		Эффективная мощность резания на зуб N_z , кВт/зуб		
0,04	55	0,036	0,115	0,23
0,06	47	0,042	0,126	0,254
0,1	42	0,053	0,176	0,353
0,15	37	0,07	0,21	0,412
0,2	33	0,079	0,227	0,455
0,3	27	0,086	0,26	0,52

Таблица П2.26

Торцевые фрезы				
Обрабатываемый материал: сталь				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб Sz, мм/зуб	0,02-0,06	0,08-0,12	0,15-0,3	
Глубина резания t, мм	0,5-2,0	2,5-5,0	>5,0	
Материал фрезы или пластинки: твердый сплав				
Подача на зуб Sz, мм/зуб	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм		
		1	3	5
		Эффективная мощность резания на зуб Nz, кВт/зуб		
0,04	400	0,286	0,84	1,68
0,06	360	0,324	0,97	1,94
0,1	310	0,434	1,3	2,6
0,15	270	0,486	1,46	2,92
0,2	240	0,55	1,656	3,3
0,3	180	0,58	1,73	3,46

Таблица П2.27

Дисковые фрезы (обработка пазов)				
Обрабатываемый материал: сталь НВ < 210				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб Sz, мм/зуб	0,02-0,06	0,08-0,12	0,15-0,25	
Глубина резания t, мм				
Материал фрезы или пластинки: быстрорежущая сталь				
Подача на зуб Sz, мм/зуб	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм		
		5	10	20
		Эффективная мощность резания на зуб Nz, кВт/зуб		
0,02	50	0,05	0,1	0,2
0,04	45	0,056	0,11	0,22
0,06	40	0,06	0,12	0,24
0,1	30	0,066	0,13	0,26
0,15	25	0,1	0,2	0,4
0,2	20	0,12	0,24	0,48

Таблица П2.28

Дисковые фрезы (обработка плоскостей)				
Обрабатываемый материал: сталь				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб S_z , мм/зуб	0,02-0,04	0,05-0,1	0,15-0,25	
Глубина резания t , мм				
Материал фрезы или пластинки: твердый сплав				
Подача на зуб S_z , мм/зуб	Скорость резания V , м/мин	При глубине резания t , мм		
		5	10	20
		Эффективная мощность резания на зуб N_z , кВт/зуб		
0,02	350	0,175	0,35	0,7
0,04	310	0,23	0,46	0,92
0,06	280	0,25	0,5	1,04
0,1	220	0,275	0,55	1,1
0,15	160	0,32	0,64	1,28
0,2	120	0,34	0,68	1,36

Таблица П2.29

Прорезные фрезы					
Обрабатываемый материал: сталь					
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная		
Подача на зуб S_z , мм/зуб	0,02-0,04	0,05-0,08	0,08-0,12		
Глубина резания t , мм					
Материал фрезы или пластинки: быстрорежущая сталь					
Подача на зуб S_z , мм/зуб	Скорость резания V , м/мин	При глубине резания t , мм			
		3	6	12	25
		Эффективная мощность резания на зуб N_z , кВт/зуб			
0,04	34	0,025	0,05	0,1	0,21
0,06	31	0,032	0,064	0,13	0,26
0,1	27	0,04	0,08	0,16	0,34

Таблица П2.30

Цилиндрические крупнозубые фрезы				
Обрабатываемый материал: сталь				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб Sz, мм/зуб	0,02-0,06	0,05-0,1	0,15-0,3	
Глубина резания t, мм				
Материал фрезы или пластинки: быстрорежущая сталь				
Подача на зуб Sz, мм/зуб	Скорость резания V, м/мин	При ширине резания B, мм		
		<40	40-60	>60
		Эффективная мощность резания на зуб Nz, кВт/зуб		
0,04	42	0,36	0,5	0,68
0,06	40	0,4	0,6	0,8
0,1	34	0,48	0,71	0,95
0,15	30	0,6	0,9	1,2
0,2	20	0,66	0,99	1,34
0,3	18	0,76	1,24	1,52

Таблица П2.31

Торцевые и дисковые фрезы (обработка плоскостей)				
Обрабатываемый материал: чугун				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб Sz, мм/зуб	0,04-0,08	0,1-0,15	0,2-0,4	
Глубина резания t, мм	0,5-2,0	2,5-5,0	>5,0	
Материал фрезы или пластинки: быстрорежущая сталь				
Подача на зуб Sz, мм/зуб	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм		
		1	3	6
		Эффективная мощность резания на зуб Nz, кВт/зуб		
0,06	70	0,035	0,105	0,21
0,1	63	0,04	0,12	0,24
0,15	50	0,05	0,15	0,3
0,2	45	0,065	0,18	0,38
0,3	36	0,073	0,21	0,43
0,4	28	0,084	0,26	0,52

Таблица П2.32

Торцевые фрезы				
Обрабатываемый материал: чугун				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб Sz, мм/зуб	0,04-0,08	0,1-0,15	0,2-0,4	
Глубина резания t, мм	0,5-2,0	2,5-5,0	>5,0	
Материал фрезы или пластинки: твердый сплав				
Подача на зуб Sz, мм/зуб	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм		
		1	3	5
		Эффективная мощность резания на зуб Nz, кВт/зуб		
0,06	150	0,25	0,75	1,6
0,1	130	0,32	0,96	1,91
0,15	120	0,4	1,2	2,4
0,2	110	0,48	1,38	2,76
0,3	100	0,5	1,5	3,0
0,4	90	0,55	1,656	3,3

Таблица П2.33

Дисковые фрезы (обработка пазов)				
Обрабатываемый материал: чугун				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб Sz, мм/зуб	0,02-0,08	0,1-0,15	0,2-0,35	
Глубина резания t, мм				
Материал фрезы или пластинки: быстрорежущая сталь				
Подача на зуб Sz, мм/зуб	Скорость резания V, м/мин	При глубине резания t, мм		
		5	10	20
		Эффективная мощность резания на зуб Nz, кВт/зуб		
0,02	60	0,04	0,08	0,16
0,04	50	0,05	0,1	0,2
0,06	45	0,054	0,11	0,22
0,1	40	0,06	0,12	0,24
0,15	35	0,08	0,16	0,32
0,2	30	0,1	0,2	0,4
0,3	25	0,12	0,24	0,4

Таблица П2.34

Дисковые фрезы (обработка плоскостей)				
Обрабатываемый материал: чугун				
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная	
Подача на зуб S_z , мм/зуб	0,02-0,08	0,1-0,15	0,15-0,35	
Глубина резания t , мм				
Материал фрезы или пластинки: твердый сплав				
Подача на зуб S_z , мм/зуб	Скорость резания V , м/мин	При глубине резания t , мм		
		5	10	20
		Эффективная мощность резания на зуб N_z , кВт/зуб		
0,02	160	0,15	0,3	0,6
0,04	140	0,17	0,35	0,7
0,06	120	0,23	0,46	0,92
0,1	110	0,25	0,5	1,0
0,15	100	0,28	0,56	1,1
0,2	90	0,32	0,64	1,28
0,3	80	0,34	0,68	1,36

Таблица П2.35

Прорезные фрезы					
Обрабатываемый материал: чугун					
Характер обработки	Чистовая	Черновая	Обдирочная		
Подача на зуб S_z , мм/зуб	0,02-0,06	0,06-0,1	0,1-0,15		
Глубина резания t , мм					
Материал фрезы или пластинки: быстрорежущая сталь					
Подача на зуб S_z , мм/зуб	Скорость резания V , м/мин	При глубине резания t , мм			
		3	6	12	25
		Эффективная мощность резания на зуб N_z , кВт/зуб			
0,04	32	0,02	0,06	0,12	0,25
0,06	28	0,03	0,09	0,16	0,36
0,1	25	0,034	1,02	2,04	4,1

Таблица П2.36

Цилиндрические крупнозубые фрезы				
Обрабатываемый материал: чугун				
Характер обработки		Чистовая	Черновая	Обдирочная
Подача на зуб S_z , мм/зуб		0,02-0,08	0,08-0,12	0,15-0,35
Глубина резания t , мм				
Материал фрезы или пластинки: быстрорежущая сталь				
Подача на зуб S_z , мм/зуб	Скорость резания V , м/мин	При ширине резания B , мм		
		<40	40-60	>60
		Эффективная мощность резания на зуб N_z , кВт/зуб		
0,04	40	0,32	0,48	0,64
0,06	34	0,4	0,6	0,8
0,1	32	0,46	0,69	0,92
0,15	25	0,56	0,84	1,12
0,2	20	0,6	0,9	1,2
0,3	18	0,65	0,99	1,34

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Машинно-вспомогательное время $t_{м.в.}$, на $t_{обс}$ обслуживание рабочего места и личные потребности, подготовительно-заключительное время $T_{п-з}$ при работе на станках с ЧПУ

Таблица ПЗ.1

Время	1А616Ф3	1ББ16Ф3	16К20Ф3	МК6064Ф3	РТ725Ф3	1713Ф3	1Б732Ф3	1743Ф3	1512Ф2	1516Ф2
Машинно-вспомогательное $t_{м.в.}$ (мин), затрачиваемое:										
-на одновременное перемещение раб.органов станка по осям Z и X										
-ускоренное (на длине)	0,04 (300)	0,03 (300)	0,03 (300)	0,04 (300)	0,13 (300)	0,12 (500)	0,15 (600)	0,08 (300)	0,06 (100)	0,06 (100)
-установочное	0,08	0,08	0,10	0,10	-	0,16	0,14	0,12	0,12	0,12
-установочное (холостое) в зоне резания	0,05	0,05	0,04	0,05	0,15	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07
-ускоренное поперечины (на длине)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50
-на поворот револьверной головки на одну позицию	0,07	0,07	0,02	0,04	0,15	0,06	0,06	0,10	0,06	0,06
Обслуживание рабочего места и личные потребности $t_{обс}$ в % от оперативного времени	9	9	10	10	10	9	10	12	13	13
Подготовительно-заключительное время $T_{п-з}$ на комплекс приемов, затрачиваемое на выполнение дополнительных работ:										
-при переходе с центровых работ на патронные или наоборот	3	3	4	4	-	-	-	-	-	-
-на растачивание (смену) кулачков при переходе на другой диапазон установочных диаметров заготовок	5	5	5	5	5	-	-	6	6	6
-на установку одного резца в резцедержатель	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5

Таблица ПЗ.2

Время	2P118Ф2	2P135Ф2	243ВМФ2	245ВМФ2	6906ВМФ2	6P11PФ3	6P13PФ3	6520Ф3	6520PФ3	6540PФ3
Машинно-вспомогательное $t_{м.в}$ (мин), затрачиваемое:										
-на одновременное перемещение крестового стола по осям Z и Y:										
-ускоренное (на длине, мм)	0,03 (300)	0,03 (300)	0,07 (300)	0,06 (300)	0,06 (300)	0,04 (100)	0,04 (100)	0,09 (100)	0,09 (100)	0,03 (120)
-установочное	0,10	0,10	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
-на подвод инструмента в зоне резания по оси Z (Y)	0,05	0,05	0,04	0,05	0,15	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07
-ускоренный и установочный поворот стола на 90^0 (180^0)	-	-	0,12	0,12	0,12	-	-	-	-	-
-на смену инструмента из магазина автоматическую (вручную)	-	-	0,4	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2	-	-
Обслуживание рабочего места и личные потребности $t_{обс}$ в % от оперативного времени	8	8	16	16	16	12	12	12	12	12
Подготовительно-заключительное время $T_{п-з}$ на комплекс приемов, затрачиваемое на выполнение дополнительных работ:										
-на установку приспособления вручную (подъемником)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)
-на установку резбонарезного приспособления	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-
-на установку одного инструмента в магазин	0,25	0,25	0,7	0,7	0,7	-	0,5	-	0,5	0,5
-на наладку станка и инструмента	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-
-на получение и сдачу инструмента	-	-	-	-	-	7	7	7	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица П4.1

Ориентировочные данные по наладке инструмента

Виды наладки	Повышенная точность наладки, мм	Нормальная точность наладки, мм
Бесподналадочный инструмент		
Допуск на размер инструмента, выдерживаемый при наладке его вне станка $\Delta_{и}$	0,010	0,020
Допускаемое отклонение от номинала	$\pm 0,005$	$\pm 0,010$
Погрешность размера обрабатываемой детали из-за неточности установки инструмента $\Delta_{у}$	0,010	0,020
Погрешность размера обрабатываемой детали, вносимая наладчиком при наладке на станке (при первичной наладке станка) $\Delta_{н}$	0,010	0,020
Ожидаемая суммарная погрешность наладки $H_{и} = \sqrt{\Delta_{и}^2 + \Delta_{у}^2 + \Delta_{н}^2},$	0,0173	0,0347
Ручная наладка		
Величина ручной наладки за один импульс $A_{р}$:		
- наибольшая	0,020	0,050
- наименьшая	0,010	0,020
Погрешность ручной подналадки $\Delta_{р}$	0,005	0,010
Погрешность размера обрабатываемой детали, вносимая наладчиком при наладке на станке $\Delta_{н}$	0,010	0,020
Ожидаемая суммарная погрешность наладки $H_{н} = \sqrt{\Delta_{р}^2 + \Delta_{н}^2},$	0,0112	0,0225
Автоматическая подналадка		
Величина автоматической подналадки за один импульс $A_{а}$:		
- наибольшая	0,010	0,025
- наименьшая	0,004	0,010
Погрешность осуществления автоматической подналадки $\Delta_{а}$	0,002	0,005
Погрешность размера обрабатываемой детали, вносимая наладчиком при наладке на станке $\Delta_{н}$	0,005	0,010
Ожидаемая суммарная погрешность наладки $H_{н} = \sqrt{\Delta_{а}^2 + \Delta_{н}^2},$	0,0054	0,0112

Таблица П4.2

Средние погрешности установки инструмента

Способ установки	Погрешность, мкм
По эталону	
Закрепление инструмента винтами после касания его эталоном	100-130
Подвод к эталону закрепленного в резцедержателе резца винтом поперечной подачи	20-30
Подвод к эталону закрепленного в резцедержателе резца винтом поперечной подачи и определение его положения с помощью бумажного щупа	7-10
По жесткому упору	20-50
По индикаторному упору	10-20
Установка взаимозаменяемого инструмента со сменой:	
- мерной пластинки в инструменте с механическим креплением	25
- мерного чашечного резца	35-50
- резца, установленного на размер вне станка с помощью индикатора или миниметра	20-30

Таблица П4.3

Совокупная погрешность обработки без учета размерного износа инструмента в мм.

Средне квадратич. отклонение σ	0,00075		0,0015		0,0025		0,005		0,010		0,015		0,020		0,025		0,030		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Поле рассеяние $\omega=6\sigma$	0,0045		0,009		0,015		0,030		0,060		0,090		0,120		0,150		0,180		
Группа точности наладок (см. табл. 1)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
H (соответствует ω) бесподналадочного инструмента	0,018	0,035	0,019	0,036	0,023	0,038	0,035	0,046	0,062	0,069	0,091	0,096	0,121	0,125	0,154	0,180	0,183		
H (соответствует ω) при ручной подналадки инструмента	0,012	0,023	0,014	0,024	0,019	0,027	0,032	0,037	0,061	0,064	0,091	0,093	0,121	0,122	-	-	-	-	-
H (соответствует ω) при автоматической подналадки инструмента	0,007	0,012	0,01	0,014	0,016	0,019	0,03	0,032	0,06	0,061	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Характер операции (по типу оборудования)	Прецизионные операции																		
	Чистовые операции																		
	Получистовые операции																		
Черновые операции																			

Таблица П4.4

Ориентировочные величины относительного (удельного) износа при чистовой обработке

Материал режущей части инструмента	Удельный износ U_0 , мкм/км пути резания			
	Углеродистая сталь	Легированная сталь	Серый чугун HB 187-200	Чугун HB 375-400
T60K6	2-4	2-4	-	-
T30K4	3-4	4-6	-	-
T15K6	5-7	9-10	-	-
T5K10	8	12-13	-	-
BK8	-	17-25	13-14	-
BK6	-	-	14	-
BK4	-	23-30	-	-
BK3	-	9-10	6	16
BK2	-	-	4-6	12
ЦМ-332	0,5-1	1-6	-	9

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ НАЛАДКАМ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

**Методическое пособие для выполнения курсового проекта
студентами направления 552900
(Раздаточный материал)**

**Составители: *Омуралиев У.К., Тутлис В.П.,
Стародубов И.И., Трезубов А.В.***

**Редактор *Мухатаева А.Ш.*
Тех.редактор *Исмаилбеков М.Э.***

Подписано к печати 27.02.2007г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бумага офс. Печать офс. Объем 3,4 п.л. Тираж 50 экз. Заказ 57
Цена 48 с.

г.Бишкек, ул, Сухомлинова, 20. ИЦ “Техник” КГТУ, т.: 56-14-55, 54-29-43
E-mail: ict@ktu.aknet.kg, beknur@mail.ru

