



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

**М. П. Кульгейко, В. Ф. Соболев, Е. Э. Дмитриченко**

## **ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для студентов специальности  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2010**

УДК 621.002:378.046.2(075.8)  
ББК 34.5я73  
К90

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 5 от 30.03.2009 г.)*

Рецензент: гл. технолог фил. Гомельского завода самоходных комбайнов РУП ГЗСХМ  
«Гомсельмаш» *А. А. Митрахович*

**Кульгейко, М. П.**  
К90      **Дипломное проектирование : метод. указания для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / М. П. Кульгейко, В. Ф. Соболев, Е. Э. Дмитриченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 44 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.**  
ISBN 978-985-420-936-4.

Приведены общие требования, основные этапы и последовательность выполнения дипломного проекта. Изложены основные требования к выполнению разделов проекта. Представлены методические рекомендации по разработке отдельных вопросов дипломного проектирования.

Для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 621.002:378.046.2(075.8)  
ББК 34.5я73**

**ISBN 978-985-420-936-4**

© Кульгейко М. П., Соболев В. Ф.,  
Дмитриченко Е. Э., 2010  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2010

## **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Дипломный проект является комплексной работой, которая выполняется с целью обобщения, систематизации, углубления и закрепления знаний по технологии машиностроения и проектированию технологических процессов, выработки навыков самостоятельного проектирования рациональных технологических процессов, работы со справочной, нормативной и технической литературой для решения конкретных технологических и конструкторских задач.

При работе студента над дипломным проектом роль руководителя состоит в том, чтобы помочь ему овладеть методикой разработки технологических процессов механической обработки заготовок и сборки машин, проектирования средств технологического оснащения, установить объем проекта, указать на допущенные ошибки, рекомендовать литературные источники. Подпись руководителя на материалах проекта только удостоверяет, что решения, принятые в проекте, принципиально правильные и выполнены студентом самостоятельно.

Дипломный проект не должен быть повторением заводских процессов, где технологии разрабатывались к имеющемуся в цехах оборудованию. В проекте должны разрабатываться совершенные и экономически эффективные технологические процессы обработки и сборки изделий на основе последних достижений науки и техники. В них должны найти отражения вопросы механизации и автоматизации процессов, использования современного высокопроизводительного оборудования и режущего инструмента, проектирования технологической оснастки.

При работе над проектом предпочтительно использовать средства автоматизации конструкторского и технологического проектирования и программирования механической обработки и сборки с помощью персонального компьютера.

## **ТЕМАТИКА ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ**

Темой дипломного проекта является проект участка с разработкой технологического процесса механической обработки детали (деталей) или сборки изделия с заданным годовым объемом выпуска.

Задание на дипломное проектирование оформляется на бланке установленного образца, выдается студенту во время преддипломной практики и содержит исходные данные, необходимые для проектирования.

Задание подписывается студентом, где обязательно ставится дата о начале исполнения проекта, затем подписывается руководителем проекта и утверждается заведующим кафедрой.

Срок выполнения проекта определяется учебным планом и указывается в задании. После получения задания студент обязан сразу же приступить к выполнению проекта, регулярно посещать консультации и представлять руководителю проделанный объем работы.

К защите допускаются студенты, выполнившие проект в установленном объеме согласно полученного задания. Все графические листы проекта и пояснительная записка должны быть подписаны студентом, консультантами разделов, руководителем дипломного проекта, нормоконтролером и заведующим кафедрой.

Дипломный проект защищается перед комиссией. По результатам защиты студенту выставляется оценка с учетом:

- качества выполнения проекта, оригинальности и самостоятельности решений;
- знаний студента по объекту проектирования, включая знания теоретических положений;
- умения излагать результаты работы, обосновать принятые решения и отвечать на заданные вопросы.

## **СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ПРОЕКТА**

Дипломный проект состоит:

- 1) из пояснительной записки на 80–100 страницах рукописного текста (включая формулы, таблицы, графики, рисунки);
- 2) комплекта технической документации на технологический процесс механической обработки (маршрутные и операционные карты, карты эскизов, карты контроля, карты кодирования информации) и спецификаций, которые брошюруются вместе с запиской;
- 3) графической части в объеме 9–10 листов формата А1 (ГОСТ 2.301–68).

Примерный состав графической части:

- чертежи детали и заготовки – 1–2 листа;
- технологические операционные эскизы – 2–3 листа. На каждом из листов должно быть показано, как правило, не менее шести наиболее оригинальных технологических операций (позиций, переходов), в том числе измененных в результате разработки проектируемого варианта техпроцесса;
- сборочный чертеж (общий вид) станочного (сборочного) приспособления – 3–4 листа;

- сборочный чертеж (общий вид) контрольного приспособления – 1 лист;
- сборочный чертеж (общий вид) средств механизации и автоматизации – 1 лист;
- результаты научно-исследовательской работы – 1 лист;
- сборочный чертеж (общий вид) режущего инструмента – 0,5–1 лист;
- планировка участка цеха – 1–1,5 листа;
- основные технико-экономические показатели – 1 лист.

Выбор листов графической части из этого перечня определяется руководителем проекта. В задании каждый чертежный лист должен носить конкретный характер. Например, «Приспособление для фрезерования поверхности в размер  $25 \pm 0,1$ », «Приспособление для контроля параллельности плоскостей» и т. д.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Введение обязательно должно быть увязано с темой проекта: в нем отмечаются основные цели и мероприятия, связанные с дальнейшим повышением технического уровня производства, принятые при разработке измененного варианта технологического процесса (ТП) механической обработки детали, заданной для проектирования. Изменения могут вноситься с целью снижения материалоемкости, повышения степени механизации, роста производительности труда, уменьшения себестоимости и в случае изменения типа производства, существовавшего на предприятии, для реорганизации производства.

Во введении отражаются перспективы развития той отрасли машиностроения, для которой разрабатывается проект.

## **1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **1.1 Назначение и конструкция обрабатываемой детали**

В этом разделе дается краткая характеристика сборочной единицы и ее служебное назначение. Указываются конструктивные особенности и дается краткая характеристика основных эксплуатационных параметров машины, в которую входит обрабатываемая деталь, характеризуется

роль и значение машины в народном хозяйстве. Затем формулируется служебное назначение детали, приводится функциональное назначение основных ее поверхностей, вытекающих из служебного назначения сборочной единицы (исполнительные, основные и вспомогательные поверхности, конструкторские базы и т. п.). Приводятся основные характеристики материала детали: химический состав, механические свойства материала до и после термической обработки, если она производится [3], [23]. Эти данные сводятся в таблицы.

Исходя из служебного назначения детали, производится анализ технических условий, указанных в чертеже.

Описание должно быть выполнено в соответствии с рекомендациями [13].

## 1.2 Определение типа производства и его характеристика

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций.

Коэффициент закрепления операции (по ГОСТу 3.1121–84)

$$K_{3.0} = \frac{\sum_{n_0} O_i}{\sum P_i}, \quad (1)$$

где  $O_i$  – число различных операций за один месяц по участку, закрепленных за рабочим местом, шт.;  $P_i$  – число рабочих мест, шт.;  $n_0$  – число механических операций в технологическом процессе, шт.

Если коэффициент закрепления операции  $K_{3.0} \leq 1$ , то производство массовое;  $1 < K_{3.0} \leq 10$ , то производство крупносерийное;  $10 < K_{3.0} \leq 20$ , то производство среднесерийное;  $20 < K_{3.0} \leq 40$ , то производство мелкосерийное; в единичном производстве коэффициент закрепления операции не устанавливается.

Число операций, закрепленных за рабочим местом, выполняемых на одном станке в течение одного месяца при работе в одну смену, шт.

$$O_i = \frac{K_{3.н}}{K_{3.ф_i}}, \quad (2)$$

где  $K_{з.н}$  – планируемый нормативный коэффициент загрузки оборудования для крупно-, средне- и мелкосерийного производства. Он соответственно равен  $K_{з.н} = 0,75; 0,8; 0,9$  [13], [17], [42], [43], [47];  $K_{з.ф_i}$  – фактический расчетный коэффициент загрузки оборудования на  $i$ -ой планируемой операции.

Фактический расчетный коэффициент загрузки  $K_{з.ф_i}$  определяется следующим образом:

$$K_{з.ф_i} = \frac{C_{р_i}}{C_{пр_i}}, \quad (3)$$

где  $C_{р_i}$  – расчетное число рабочих мест (число единиц технологического оборудования), шт.;  $C_{пр_i}$  – принятое число рабочих мест (число единиц технологического оборудования), шт.

Расчетное число единиц технологического оборудования  $C_{р_i}$ , шт., необходимого для выполнения  $i$ -ой операции определяется формулой

$$C_{р_i} = \frac{T_{шт.-к_i} \cdot N_M}{60 \cdot \Phi_M \cdot K_B} = \frac{T_{шт.-к_i}}{\tau \cdot K_B}, \quad (4)$$

где  $T_{шт.-к_i}$  – штучно-калькуляционное время выполнения  $i$ -й операции, мин;  $N_M$  – месячная программа выпуска при работе в одну смену, шт.:

$$N_M = N/12; \quad (5)$$

$\Phi_M$  – месячный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч:

$$\Phi_M = \Phi_d/12; \quad (6)$$

$K_B$  – коэффициент выполнения норм ( $K_B = 1,0-1,3$  [13], [42], [47]);  $\tau$  – такт выпуска изделий, мин/шт.:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_M}{N_M}. \quad (7)$$

Полученное значение расчетного числа станков  $C_{р_i}$  округляем до ближайшего большего целого числа в сторону увеличения, получая при этом расчетное принятое число станков  $C_{пр_i}$  для данной операции.

Используя данную методику и методику, изложенную в литературе [13], [17], [42], [43], [47], осуществим расчет типа производства на основании следующих данных:

– деталь	«Водило 54-60177А»;
– объем выпуска $N$ , шт./г.	3000;
– режим работы производства	односменный;
– действительный фонд времени работы технологического оборудования $\Phi_{д}$ , ч (по данным производственного календаря РУП «Гомсельмаш» за 2008 г.)	2024;
– станкоемкость изготовления детали «Водило 54-60177А» $T_{шт.-к}$ , мин (по данным базового технологического процесса механической обработки)	см. таблицу 1.1.

Расчетное число единиц технологического оборудования  $C_{р1}$ , шт., необходимого для выполнения первой операции

$$C_{р1} = \frac{T_{шт.-кi} \cdot N_{м}}{60 \cdot \Phi_{м} \cdot K_{в}} = \frac{5,528 \cdot 250}{60 \cdot 168,7 \cdot 1,0} = 0,137 \text{ шт.} \quad (8)$$

Месячная программа выпуска при работе в одну смену  $N_{м}$ , шт.:

$$N_{м} = 3000 : 12 = 250 \text{ шт.} \quad (9)$$

Месячный фонд времени работы оборудования в одну смену  $\Phi_{м}$ , ч:

$$\Phi_{м} = 2024 : 12 = 168,7 \text{ ч.} \quad (10)$$

Полученное значение расчетного числа станков  $C_{р1}$  округляем до большего ближайшего целого числа в сторону увеличения, получая при этом расчетное принятое число станков  $C_{пр1} = 1$  для первой операции.

Фактический расчетный коэффициент загрузки для первой операции

$$K_{з.ф1} = 0,137 : 1,0 = 0,137. \quad (11)$$

Число операций, закрепленных за первым рабочим местом, выполняемых на станке в течение одного месяца при работе в одну смену

$$O_1 = 0,8 : 0,137 = 7 \text{ шт.} \quad (12)$$

Число операций округляется до целого числа в сторону уменьшения.

Аналогично определяем число операций, закрепленных за рабочими местами по всем операциям базового технологического процесса. Данные по расчетам приведены в табл. 1.1.



Таблица 1.1 – Ведомость расчета числа операций, закрепленных за одним рабочим местом (базовый вариант)

Наименование операции	Модель оборудования	$T_{шт.-к_i}$ , мин	$C_{p_i}$ , шт.	$C_{пр_i}$ , шт.	$K_{з.ф_i}$	$O_i$ , шт.
010 Автоматная токарная	1К282	5,528	0,137	1	0,137	7
020 Вертикально-протяжная	7Б66	1,076	0,027	1	0,027	30
090 Агрегатная	АМ15605	5,689	0,141	1	0,141	6
100 Алмазно-расточная	КК1035	5,217	0,129	1	0,129	6
150 Торцевкруглошлифовальная	3Т161ЕН	1,938	0,048	1	0,048	17
<b>Итого</b>	–	<b>18,488</b>	<b>0,482</b>	<b>5</b>	<b>0,482</b>	<b>66</b>

Коэффициент закрепления операций

$$K_{з.о} = 66 : 5 = 13,2, \quad (13)$$

что согласно ГОСТу 3.1121–84 соответствует среднесерийному типу производства ( $10 < K_{з.о} < 20$ )\*.

Средний коэффициент загрузки оборудования

$$K_{з.ср} = \frac{\sum K_{з.ф_i}}{\sum C_{пр_i}} = \frac{0,482}{5} = 0,096. \quad (14)$$

Обобщение практических материалов показывает, что при  $0,05 \leq K_{з.ср} \leq 0,2$  целесообразно создание групповой поточной линии [26], [28]. Метод групповой технологии представляет собой способ унификации технологии производства, при котором для групп однородных по конструктивным или технологическим признакам деталей устанавливаются однотипные технологические прогрессивные методы обработки с использованием быстропереналаживаемых оборудования, инструмента и оснастки. Групповая технология является важнейшим звеном в общей цепи подготовки современного машиностроительного производства *конструирование–технология–организация–экономика* и создает предпосылки для организации группового производства [26]. За участком закрепляют несколько типов деталей, обрабатываемых на одинаковом оборудовании с использованием однотипных приспособлений и однотипного инструмента. Это делается для того, чтобы средний коэффициент загрузки  $K_{гр.ср_i}$  был равен [28]:

\*По согласованию с руководителем дипломного проекта может быть использована другая методика определения типа производства.

$$K_{\text{гр.ср}_i} = \sum^m K_{\text{з.ср}_i} \geq 0,75, \quad (15)$$

где  $m$  – число наименований деталей, закрепленных за участком, шт.

Количество деталей разного типоразмера (число наименований деталей)  $m$ , шт., которые можно обрабатывать на данном оборудовании [47]:

$$m = \frac{K_{\text{з.н}}}{K_{\text{з.ср}}} = \frac{0,8}{0,096} = 8 \text{ шт.} \quad (16)$$

При групповой форме организации производства запуск изделий производится партиями с определенной периодичностью.

Количество деталей в партии для одновременного запуска  $n_{\text{о.з}}$ , шт., определяется упрощенным способом [13], [42], [43], [47]:

$$n_{\text{о.з}} = \frac{N \cdot a}{D_p} = \frac{3000 \cdot 5}{254} = 59 \text{ шт.}, \quad (17)$$

где  $a$  – периодичность запуска, дн.;  $a = 2,5, 5, 11, 22$  и  $66$  дн. [47] (принимается  $a = 5$  дн.);  $D_p$  – число рабочих дней в году, дн. (по данным производственного календаря РУП «Гомсельмаш» за 2008 г.  $D_p = 254$  дн.).

Размер партии должен быть скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. Корректировка размера партии состоит в определении расчетного числа смен  $c$  на обработку всей партии детали на рабочих местах, смен:

$$c = \frac{T_{\text{шт.-к.ср}} \cdot n_{\text{о.з}}}{K_{\text{з.н}} \cdot \Phi_{\text{д.с}}} = \frac{3,898 \cdot 59}{0,8 \cdot 460,2} = 0,62 \text{ смены}, \quad (18)$$

где  $T_{\text{шт.-к.ср}}$  – среднее штучно-калькуляционное время по основным операциям механической обработки, мин:

$$T_{\text{шт.-к.ср}} = \frac{\sum^{n_o} T_{\text{шт.-к}_i}}{n_o K_B} = \frac{18,488}{5 \cdot 1,0} = 3,898 \text{ мин}; \quad (19)$$

$\Phi_{\text{д.с}}$  – действительный фонд времени работы оборудования в одну смену, мин:

$$\Phi_{\text{д.с}} = 60 \cdot \Phi_c = 60 \cdot 7,67 = 460,2 \text{ мин}; \quad (20)$$

$\Phi_c$  – продолжительность смены, ч (по данным производственного календаря РУП «Гомсельмаш» за 2008 г.  $\Phi_{д.с} = 7,67$  ч).

Расчетное число смен округляем до целого числа и принимаем  $c_{пр} = 1$  смена, затем определяем число деталей в партии  $n$ , шт.:

$$n = \frac{\Phi_{д.с} \cdot K_{з.н} \cdot c_{пр}}{T_{шт.-к.ср}} = \frac{460,2 \cdot 0,8 \cdot 1}{3,898} = 94,4 \text{ шт.} \quad (21)$$

Принимаем  $n = 95$  шт.

### 1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Совершенство конструкции машины характеризуется ее соответствием современному уровню техники, экономичностью и удобствами в эксплуатации, а также тем, в какой мере учтены возможности использования наиболее экономичных и производительных технологических методов ее изготовления применительно к заданному выпуску и условиям производства. Конструкцию машины, в которой эти возможности полностью учтены, называют *технологичной*.

Улучшением технологичности конструкции можно увеличить выпуск продукции при тех же средствах производства. Опыт машиностроения показывает, что путем повышения технологичности конструкции машины можно получить дополнительно сокращение ее трудоемкости на 15–25 % и более, а себестоимость их изготовления – на 5–10 % [8], [51]. По отдельным деталям эти показатели можно повысить еще больше. Недооценка технологичности конструкции часто приводит к необходимости корректировки рабочих чертежей после их составления, удлинению сроков подготовки производства и дополнительным издержкам производства.

Вопрос создания технологичных конструкций машин и их деталей необходимо рассматривать как комплексный. Технологичная машина не представляет собой арифметическую сумму деталей технологичной конструкции. При технологической обработке конструктивных форм отдельных деталей необходимо их рассматривать во взаимосвязи с другими и решать задачу комплексно.

По ГОСТу 14.201–83 [85] обеспечение технологичности конструкции изделия является функцией подготовки производства, предусматривающей взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и

сокращение времени на производство, в том числе монтаж вне предприятия-изготовителя, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Отработку конструкции на технологичность рекомендуется проводить в следующем порядке: подобрать и проанализировать исходные материалы, требующиеся для оценки технологичности конструкции; уточнить объем выпуска; проанализировать показатели технологичности базовой конструкции; определить показатели технологичности обрабатываемой детали; провести сравнительную оценку и расчет уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия; разработать мероприятия по улучшению показателей технологичности.

Оценка технологичности конструкции может быть двух видов: качественной и количественной. *Качественная* оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя и допускается на всех стадиях проектирования как предварительная. *Количественная* оценка технологичности конструкции изделия выражается числовым показателем и рациональна в том случае, если эти показатели существенно влияют на технологичность рассматриваемой конструкции.

### ***1.3.1 Качественный анализ технологичности конструкции детали [8], [51]***

При анализе конструкции по геометрической форме поверхности необходимо убедиться в рациональности выбора их формы и качества с учетом возможности применения высокопроизводительного оборудования и инструмента. Следует предусматривать как можно большее количество поверхностей детали без последующей механической обработки. Обрабатываемые поверхности должны быть более простыми, т. е. представлять собой плоскости, наружные и внутренние цилиндры, конусы и винтовые поверхности, т. к. точность и стабильность обработки в значительной степени определяются простотой конструктивных форм. Конструктивное оформление детали не должно препятствовать выбору наиболее выгодного раскроя материала и возможности использования отходов.

Оценка технологичности конструкции по простановке размеров связана с анализом нанесения размеров на чертеже детали, определением размерных связей между конструкторскими, технологическими и измерительными базами и возможностью их совмещения. Особое внимание обращается на обоснованность значений допустимых предельных отклонений размеров детали. Размеры, определяющие ее рабочие поверхности, могут иметь широкие допуски, а сами поверх-

ности – большую шероховатость. Следует помнить, что чрезмерные требования к точности размеров и шероховатости поверхностей ведут к увеличению трудоемкости и перерасходу средств на изготовление деталей.

Анализируя технологичность конструкции по материалам, следует обратить внимание на обрабатываемость, стоимость и дефицитность материалов, изучить возможности применения легкого, но более прочного материала или повышения физико-механических свойств имеющегося.

Технологичность заготовки характеризуется возможностью ее получения наиболее рациональным для данных производственных условий способом с максимально возможным приближением ее формы и размеров к форме и размерам готовой детали при условии обеспечения технологичности дальнейшей механической обработки заготовки. Окончательное решение о рациональности способа получения заготовки в ряде случаев можно принять лишь после расчета себестоимости деталей по сравниваемым вариантам. Качественная оценка технологичности конструкции характеризуется следующими показателями: хорошо – плохо, допустимо – недопустимо.

### ***1.3.2 Количественный анализ технологичности конструкции***

Количественная оценка технологичности конструкции детали может быть выполнена при внесении изменений в конструкцию детали. Так как в дипломном проекте заданием оговорена конструкция конкретной детали, не предполагающей изменений в конструкции детали, то в качестве количественных показателей рассматриваются следующие [11], [42]:

– коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей

$$K_{\text{пс}} = \Pi_{\text{ос}} / \Pi_{\text{мо}}, \quad (22)$$

где  $\Pi_{\text{ос}}$ ,  $\Pi_{\text{мо}}$  – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным и унифицированным инструментом, и всех поверхностей, подвергаемых механической обработке по базовому технологическому процессу, шт.

По коэффициенту применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей деталь технологична, если  $K_{\text{уэ}} > 0,8$  [11];

– коэффициент шероховатости поверхностей (по ГОСТу 18831–73)

$$K_{ш} = 1/Ш_{ср}, \quad (23)$$

где  $Ш_{ср}$  – среднее значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей:

$$Ш_{ср} = \frac{\sum^n Ш_i n_i}{\sum^n n_i}, \quad (24)$$

где  $Ш_i$  –  $i$ -е значение параметра шероховатости обрабатываемой поверхности, мкм;  $n_i$  – число поверхностей, имеющих шероховатость поверхности, равную  $i$ -му значению.

По коэффициенту шероховатости деталь технологична, если  $K_{ш} < 0,32$  [11];

– коэффициент унификации конструктивных элементов  $K_{уэ}$

$$K_{уэ} = Э_{уэ} / Э_э, \quad (25)$$

где  $Э_{уэ}$ ,  $Э_э$  – соответственно число унифицированных конструктивных элементов детали и общее, шт.

По коэффициенту унификации конструктивных элементов деталь технологична, если  $K_{уэ} > 0,6$  [11];

– коэффициент точности (по ГОСТу 18831–73)

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_{ср}}, \quad (26)$$

где  $T_{ср}$  – средний квалитет точности обработки:

$$T_{ср} = \frac{\sum^n T_i n_i}{\sum^n n_i}, \quad (27)$$

где  $T_i$  –  $i$ -й квалитет точности;  $n_i$  – число размеров  $i$ -го квалитета точности.

По коэффициенту точности деталь технологична, если  $K_{тч} > 0,8$  [11];

– коэффициент обработки поверхностей

$$K_{\text{по}} = 1 - \frac{\Pi_{\text{ос}}}{\Pi_{\text{э}}}, \quad (28)$$

где  $\Pi_{\text{э}}$  – число поверхностей детали, шт.

По коэффициенту обработки поверхностей деталь технологична, если  $K_{\text{по}} > 0,8$  [11].

Если заданный чертеж детали в результате технического контроля и анализа технологичности конструкции детали оставлен без изменений, то уровни технологичности по точности обработки, шероховатости обрабатываемых поверхностей, унификации стандартизованных элементов и обработки поверхностей равны единице ( $K_{\text{уч}} = 1$ ;  $K_{\text{вш}} = 1$ ;  $K_{\text{вэ}} = 1$ ;  $K_{\text{во}} = 1$ ).

Ниже перечисленные уровни технологичности конструкции детали определяются после выполнения соответствующих разделов расчетно-пояснительной записки.

Уровень технологичности конструкции детали по использованию материала

$$K_{\text{ум}} = \frac{K_{\text{им.б}}}{K_{\text{им.п}}}, \quad (29)$$

где  $K_{\text{им.п}}$ ,  $K_{\text{им.б}}$  – соответственно проектируемый и базовый коэффициенты использования материала.

Коэффициенты использования материала

$$K_{\text{им}} = \frac{M_q}{H_m}, \quad (30)$$

где  $M_q$  – масса готовой детали, кг;  $H_m$  – норма расхода, кг:

$$H_m = M_q + M_m, \quad (31)$$

где  $M_m$  – масса технологических отходов (литники, облой и т. п.), кг.

Деталь считается технологичной, если коэффициенты использования материала  $K_{\text{им}}$  не менее [11]:

- 0,75 – для заготовок, полученных литьем;
- 0,65 – для заготовок, полученных горячей штамповкой;
- 0,45 – для заготовок, полученных из проката;
- 0,38 – для заготовок, полученных свободной ковкой.

Уровень технологичности конструкции детали по трудоемкости изготовления

$$K_{\text{ут}} = \frac{\sum_{n_o} T_{\text{шт.-к}_i\text{п}}}{\sum_{n_o} T_{\text{шт.-к}_i\text{б}}}, \quad (32)$$

где  $\sum T_{\text{шт.-к}_i\text{п}}$ ,  $\sum T_{\text{шт.-к}_i\text{б}}$  – соответственно проектируемая и базовая трудоемкость изготовления детали, мин.

#### **1.4 Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки**

Выбор исходной заготовки – одна из сложных задач, решаемых при разработке технологического процесса. Метод получения заготовки, ее качество и точность определяют объем механической обработки (количество рабочих ходов, операций технологического процесса).

Следует стремиться к наибольшему коэффициенту использования материала, т. е. максимально приближать форму и размеры исходной заготовки к форме и размерам готовой детали при условии наименьшей себестоимости ее изготовления. Для этого рекомендуется широко применять прогрессивные методы получения заготовок: точные методы литья и штамповки, поперечно-клиновую прокатку, методы холодного деформирования металла, а также возможность комбинирования различных процессов: литье-сварка,ковка-сварка и т. п.

Приступая к выбору заготовки, в начале дается краткий анализ способа получения заготовки в базовом варианте. Описывается процесс получения заготовки, приводятся данные об экономичности получения ее в условиях завода, о себестоимости, производительности и материалоемкости. Исходя из объема выпуска деталей, ее конструктивной формы и размеров, анализа передовых методов получения заготовок и технико-экономического обоснования, следует предложить более рациональный для принятых условий метод получения заготовки.

При выборе заготовок возможны следующие варианты:

– способ получения заготовки не изменяется по сравнению с существующим базовым вариантом. В этом случае достаточно рассчитать себестоимость получения заготовки и сравнить ее с себестоимостью изготовления на базовом предприятии;



– способ получения заготовки изменяется, но его изменение не может существенно повлиять на технологический процесс механической обработки детали. Здесь предпочтение следует отдавать способу получения заготовки, при котором выше коэффициент использования материала и меньшая себестоимость;

– способ получения заготовки изменяется, что приводит к существенному сокращению технологического процесса механической обработки, однако предлагаемая заготовка дороже заводской. В этом случае окончательное решение принимается после расчета технологической себестоимости детали.

При выборе заготовок и расчете их себестоимости рекомендуется пользоваться литературой [7], [13], [42], [43], [47], [56], [57], [60], [62], [64], при этом значения базовых стоимостей методов получения заготовок должны быть приняты на момент выполнения дипломного проекта.

### **1.5 Анализ базового и технико-экономическое обоснование предлагаемого вариантов технологического процесса обработки детали**

Представить перечень последовательности операций механической обработки детали по существующему на предприятии техпроцессу. Указать конкретные недостатки базового технологического процесса.

В соответствии с типом производства и направлениями совершенствования производства в отрасли и на базовом предприятии предложить изменения в существующий технологический процесс и кратко описать новую технологию. Изменения в существующем технологическом процессе должны быть подтверждены соответствующим технико-экономическим расчетом в соответствии с рекомендациями литературы [13], [42], [43], [47].

Разработанная технология обработки детали должна быть представлена в комплекте документов (КД) [70], [77].

Необходимо привести в полное соответствие друг с другом последовательность обработки по сводной таблице, на чертежах операционных эскизов и в комплекте документов.

### **1.6 Выбор и обоснование технологических баз**

Выбор баз для механической обработки должен производиться с учетом достижения требуемой точности взаимного расположения поверхностей детали по линейным и угловым размерам, обеспечения

доступа инструментов к обрабатываемым поверхностям, обеспечения простоты и унификации станочных приспособлений, а также удобства установки в них заготовки. Для этого необходимо составить подробное описание поверхностей, которые служат технологическими базами на всех операциях механической обработки. Обосновать выбор черновых и чистовых баз. При этом необходимо руководствоваться следующими соображениями:

– в качестве черновых баз на первых операциях назначают те элементы, относительно которых обрабатываются будущие чистовые базы, и используют черновые базы только один раз. К поверхностям, используемым в качестве черновых баз, предъявляют следующие требования:

- а) их припуски и уклоны должны быть минимальными;
- б) эти поверхности должны быть без следов прибылей и других дефектов заготовки;
- в) они не должны являться поверхностями разъема;
- г) должны принадлежать матрице (а не пуансону) при штамповке и форме (а не стержню) при отливке;
- д) должны иметь наиболее высокую точность размеров и качество поверхности заготовок;
- е) в качестве черновых баз целесообразно использовать те поверхности заготовки, которые останутся необработанными в готовой детали;

– в качестве чистовых технологических баз следует принимать те элементы детали, которые являются базами конструкторскими и измерительными, что уменьшает погрешность базирования, т. к. выполняется принцип совмещения баз;

– строить обработку целесообразно таким образом, чтобы чистовые технологические базы были одними и теми же на протяжении всего технологического процесса, что обеспечивает выполнение принципа постоянства баз и является предпосылкой для увязки баз черновых и чистовых;

– смена чистовых баз целесообразна в том случае, если необходимо выполнить принцип совмещения баз для обеспечения нулевой погрешности базирования.

Более подробные рекомендации [13], [17], [42], [43], [47], [63], [69].

## 1.7 Расчет припусков на обработку

Расчетно-аналитическим методом припуски и межоперационные размеры рассчитываются на две разнотипные поверхности по методике, приведенной в литературе [13], [42], [47]. Для этих поверхностей строятся схемы расположения припусков и допусков. На все остальные обрабатываемые поверхности припуски и допуски назначаются по таблицам в соответствии с ГОСТом 26645–85 для отливок [64] и ГОСТом 7505–89 для поковок [62].

## 1.8 Расчет режимов резания

Прежде чем приступить к расчету режимов резания, надо определить расчетные (технологические) размеры обрабатываемых поверхностей деталей, необходимые для расчета скорости резания и времени на обработку.

В процессе разработки операционной технологии необходимо определить режимы резания для всех операций (переходов) разработанного технологического процесса. Расчет выполняется как для вновь разработанных операций, так и для операций, аналогичных базовому техпроцессу. При этом в пояснительной записке приводятся расчеты режимов резания для одной операции (перехода), выполненные по эмпирическим формулам [49], и для другой операции (перехода) – по нормативным данным [44], [45]. На остальные операции (переходы) режимы резания рекомендуется определять по нормативным данным и результаты расчетов следует представить в форме сводной таблицы. На 1–2 перехода расчет режимов резания желательно выполнить с применением персонального компьютера.

Исходными данными для выбора режима резания являются:

- данные об обрабатываемой детали (рабочий чертеж и технические условия; род материала и его характеристика (марка, состояние, механические свойства; форма, размеры и допуски на обработку; допускаемые отклонения от геометрической формы (овальность, конусность, огранка, допускаемые погрешности взаимной координации отдельных поверхностей и т. д.)); требуемая чистота, шероховатость, т. е. класс шероховатости (микрogeометрия) обрабатываемой поверхности; требования к состоянию поверхностного слоя (допускаемое упрочнение));
- сведения о заготовке (чертеж и технические условия): род заготовки; величина и характер распределения припусков; состояние поверхностного слоя (наличие корки, окалины, упрочнения);
- паспорта или технические характеристики станков.

Элементы режимов резания выбираются таким образом, чтобы была достигнута наибольшая производительность труда при наименьшей себестоимости данной технологической операции.

Для обработки (точение, сверление, фрезерование, шлифование, зубонарезание, нарезание резьбы) режимы резания устанавливаются в следующем порядке.

При работе на токарных станках сначала определяют глубину резания в зависимости от припуска на обработку и числа проходов. Припуск разбивается на черновой, чистовой и отделочный. Припуск под черновую обработку обычно снимается за 1–2 хода. Количество чистовых и отделочных ходов выбирается в зависимости от требуемой точности обработки, шероховатости поверхности и состояния поверхностного слоя детали.

Далее выбирается режущий инструмент – устанавливаются его тип, размер, материал и наиболее выгодная геометрия. Определяются подачи в зависимости от: а) вида детали и характеристики ее обрабатываемых поверхностей (жесткости, прочности и устойчивости, состояния поверхностного слоя, микрогеометрии поверхности); б) режущего инструмента (прочности, жесткости, износоустойчивости и виброустойчивости); в) характеристики станка (прочности механизмов подачи, скоростей, жесткости, виброустойчивости и кинематики).

Принимается наибольшая подача, допускаемая вышеуказанными ограничивающими факторами. Действительную подачу принимают по паспорту станка, ближайшую к расчетной подаче.

Выбирается период стойкости режущего инструмента в зависимости от типа и размера инструмента, характеристики обрабатываемой детали и условий работы. Средние значения периодов стойкости приводятся в соответствующих нормативах [44], [49].

Определяются скорость резания и число оборотов шпинделя. Определив расчетное число оборотов, принимают действительное число оборотов по паспорту станка, ближайшее к расчетному; при отсутствии паспорта ограничиваются определением расчетного числа оборотов; в этом случае необходимо учитывать знаменатель прогрессии коробки скоростей станка и не изменять числа оборотов при небольшой разнице в диаметрах обработки.

Определяется основное (технологическое) время. Однако следует иметь в виду, что не всегда наименьшее машинное время соответствует наименьшей себестоимости обработки детали, т. к. повышенный режим работы вызывает увеличение расхода инструмента,

затраты времени на подналадку оборудования, смену инструмента и увеличение других затрат.

Исходя из этого, длительность основного времени должна определяться в соответствии с оптимальным режимом работы оборудования, при котором достигается наибольшая производительность труда при наименьшей себестоимости операции.

Определяются составляющие силы резания и крутящий момент. В том случае, когда мощность электродвигателя меньше требуемой мощности по расчету, следует снизить скорость резания, а не подачу. Значения постоянных коэффициентов и показателей степеней в формулах для определения скоростей и сил резания, а также поправочных коэффициентов для скорости и сил резания при измененных условиях обработки приводятся в нормативах режимов резания [44], [45], [49]. В этих нормативах даются готовые таблицы и графики для определения элементов режимов резания (составленные на основании расчетных формул), которыми обычно и пользуются в практике проектирования технологических процессов, а также и в производственной практике. Однако в отдельных случаях выбранные нормативные величины элементов резания необходимо подтвердить расчетом.

При работе на сверлильных станках сначала определяют подачу, затем по выбранной подаче, диаметру сверла и в зависимости от обрабатываемого материала определяется скорость резания. По установленной подаче для данного диаметра сверла подсчитывается крутящий момент. Далее по крутящему моменту и числу оборотов (полученному по скорости резания) определяется мощность на сверле. Подсчитанный крутящий момент на сверление следует сопоставить с крутящим моментом по паспорту станка для того числа оборотов, при котором производится сверление [44], [45].

Установление режимов резания для цилиндрических, концевых и дисковых фрез заключается в определении, при заданной глубине резания, подачи на зуб (мм/зуб), минутной подачи (мм/мин), скорости резания (м/мин), числа оборотов фрезы в минуту, тангенциальной составляющей силы резания (Н) и эффективной мощности (кВт); при работе торцовыми фрезами определяют подачу на зуб, скорость резания, число оборотов, минутную подачу и эффективную мощность [44], [45].

При установлении режимов резания для шлифования определяют скорость вращения шлифовального круга (м/с) в зависимости от обрабатываемого материала, скорость вращения обрабатываемой де-

тали (м/мин), продольную подачу круга (для обычного метода шлифования – в долях круга, для глубинного – в мм/об детали), глубину резания (в мм – при работе круга с продольной подачей, в мм/об изделия – при шлифовании в упор), число оборотов стола и глубину шлифования на один оборот (при шлифовании на станках карусельного типа), скорость хода стола (м/мин) при шлифовании на станках продольного типа [49], [50].

При нарезании цилиндрических зубчатых колес на фрезерных и зубодолбежных станках определяется минутная подача (мм/мин); скорость резания принимается как постоянная величина для данного обрабатываемого материала [44], [45].

При нарезании цилиндрических зубчатых колес с прямым и косым зубом на зубофрезерных станках, работающих червячными фрезами, определяются подача (мм/об) на один оборот обрабатываемой детали, скорость резания (м/мин) и эффективная мощность (кВт); при нарезании на тех же станках червячных зубчатых колес методом радиальной подачи определяется радиальная подача (мм/об) на один оборот обрабатываемой детали; скорость резания принимается как постоянная величина для данного материала [44], [45].

При нарезании цилиндрических зубчатых колес долбяком на зубодолбежных станках, работающих по принципу обкатки, определяется подача (мм/дв.ход) по начальной окружности нарезаемого колеса на один двойной ход долбяка, скорость резания и число двойных ходов [44], [45].

При нарезании зубчатых колес гребенкой на зубодолбежных станках определяется число резов на один зуб колеса, скорость резания и число двойных ходов в минуту [44], [45].

При нарезании конических зубчатых колес на зубострогальных станках первого типа определяются подача на один двойной ход штосселя (в мм) и число двойных ходов штосселя в минуту; при нарезании конических зубчатых колес на станках второго типа определяются подача (мм/об) на один оборот нарезаемого колеса и число двойных ходов штосселя в минуту; при нарезании конических зубчатых колес на станках третьего типа определяются подача обкатки (мм/мин) и число двойных ходов штосселя. Скорости резания для всех этих станков принимаются как постоянные величины для данного обрабатываемого материала [44], [45].

При нарезании резьбы резцами и гребенками определяются число проходов и скорость резания (м/мин); подачей (мм/об) обрабаты-

ваемой детали является шаг нарезаемой резьбы (мм); число оборотов нарезаемой детали определяется по формуле скорости резания; при нарезании резьбы на резьбофрезерных станках дисковыми и групповыми фрезами определяются скорость резания (м/мин) и подача – для дисковой фрезы в мм/мин, для групповой фрезы в мм/зуб [49].

Приведем порядок и метод определения режима резания при многоинструментальной обработке на одношпиндельных токарных полуавтоматах и на многошпиндельных полуавтоматах последовательного действия.

*Многоинструментальная обработка на одношпиндельных токарных станках полуавтоматах [44]:*

1. Определяется длина рабочего хода каждого суппорта. Для этого рассчитывается длина хода каждого инструмента.

2. Назначается подача каждого суппорта по нормативам; при этом для суппорта с нелимитирующим инструментом подача уменьшается; назначенные подачи уточняются по паспорту станка.

3. Определяются периоды стойкости для тех инструментов, которые предположительно являются лимитирующими, т. е. для которых по подсчету получаются наименьшие числа оборотов шпинделя.

При обработке твердосплавными инструментами стальных деталей период стойкости принимается не более 200 мин несмотря на результат расчета, полученного по формуле.

4. В соответствии с установленными стойкостями определяется по нормативным таблицам скорость резания для лимитирующих инструментов. По полученной скорости рассчитывают число оборотов станка.

Исходя из рассчитанных чисел оборотов для лимитирующих инструментов (с превышением не более 10–15 %), подбирают число оборотов шпинделя станка по паспорту и уточняют скорости резания по принятому числу оборотов.

5. Рассчитывается основное (машинное) время обработки.

Если основные времена работы суппортов перекрываются, то в расчет принимается наибольшее основное время одного суппорта. Если же основные времена работы суппортов не перекрываются, то основное время работы станка равно сумме неперекрывающихся основных времен отдельных инструментов.

6. Рассчитывается мощность резания:

а) подсчитывается мощность резания для каждого инструмента по формулам или нормативам;

б) подсчитывается суммарная мощность резания, наибольшая за период работы станка. Она равна сумме мощностей резания одновременно работающих инструментов;

в) производится проверка по мощности двигателя. Для этого суммарная мощность резания сопоставляется с мощностью двигателя по паспорту станка;

г) производится проверка прочности привода по допустимому крутящему моменту для данного числа оборотов.

*Многоинструментальная обработка на многошпиндельных полуавтоматах последовательного действия [44].*

Для каждой позиции в том же порядке и теми же методами, как изложено выше для одношпиндельных токарных полуавтоматов. Определяются следующие параметры:

- длины рабочих ходов суппортов;
- подача;
- периоды стойкости (необходимо учитывать все инструменты станка, а не только установленные на рассматриваемой позиции; для осевого инструмента стойкость рассчитывается, как в предыдущем случае);
- скорость резания и число оборотов шпинделя;
- основное (машинное) время;
- основное время работы станка, равное сумме основных времен по отдельным позициям;
- скорость резания корректируется в сторону уменьшения числа оборотов шпинделя (а иногда и подач) на нелимитирующих позициях с учетом установленного основного времени работы станка. При обработке твердосплавным инструментом деталей, изготовленных из стали, не следует принимать скорость резания меньше 45–50 м/мин;
- рассчитывается суммарная мощность резания по всем позициям (для проверки по мощности двигателя и прочности привода), так же как и для одношпиндельных многорезцовых полуавтоматов.

## **1.9 Техническое нормирование**

На одну проектируемую операцию механической обработки назначение норм времени должно быть выполнено с подробным описанием выбора и расчета элементов штучного или штучно-калькуляционного времени.

На все остальные операции назначение норм времени выполняется с заполнением сводной таблицы норм времени.



При определении норм времени основное время ( $T_0$ ) на каждую операцию должно быть назначено по сводной таблице режимов резания.

В картах комплекта документов (операционных и маршрутных) величина основного, вспомогательного, штучного или штучно-калькуляционного, а также подготовительно-заключительного времени и объема партий обрабатываемых деталей должна соответствовать сводной таблице норм времени.

Общие рекомендации [13], [29]–[38], [43], [47].

### **1.10 Выбор оборудования и расчет его количества**

При выборе технологического оборудования руководствуются следующим:

- обеспечением предъявленных к детали технических требований по точности;
- взаимосвязью оборудования с размерами обрабатываемой детали;
- типом производства;
- производительностью станка;
- мощностью станка.

Выбор группы оборудования производится при назначении метода обработки поверхности, обеспечивающего выполнение технических требований к ней. Затем при разработке технологического маршрута обработки и его технико-экономическом обосновании производится выбор конкретной модели станка на основании минимума приведенных затрат на рабочем месте. В данном разделе пояснительной записки после принятия окончательного решения о выборе оборудования документально оформляется сделанный выбор и определяется необходимое количество станков данного типа.

Расчет потребного количества станков для массового производства производится на основе штучного времени на операцию и такта выпуска, для серийного производства – на основе штучно-калькуляционного времени на операцию, объема выпуска изделия и фонда времени.

После этого определяются коэффициенты загрузки станков и строятся графики: загрузки технологического оборудования, использования оборудования по основному времени и использования оборудования по мощности. Построение графиков сопровождается кратким их анализом и соответствующими выводами.

Общие рекомендации [13], [28], [43], [55].

### **1.11 Обоснование выбора транспортных средств цеха**

При выполнении дипломного проекта необходимо выбрать следующие транспортные средства:

- для доставки заготовок в механический цех;
- для погрузки и выгрузки заготовок;
- для передачи заготовок от станка к станку;
- для установки и снятия заготовок на станок;
- для транспортировки деталей по участку и цеху;
- для транспортировки готовых деталей на сборку или на склад;
- для перенесения тары для транспортировки и хранения заготовок и деталей.

Организация транспортирования изделий на участке имеет целью сокращение производственного цикла и ликвидацию тяжелых и трудоемких работ. Выбор транспортных средств зависит от характера обрабатываемых на участке заготовок, массы и габаритов заготовок, размера транспортной партии, типа производства и конструкции производственного здания.

При выборе транспортных средств исходят из величины грузопотока, при этом рассчитывается масса на годовой объем выпуска следующих грузопотоков:

- межцехового – из заготовительного в механический цех;
- межоперационного – от станка к станку при механической обработке;
- масса грузопотока стружки, образующейся на участке за один час работы участка.

На основании рассчитанных грузопотоков осуществляется выбор транспортных средств в соответствии с рекомендациями литературы [16], [41], [43], [47].

### **1.12 Уточнение типа производства и установление его организационной формы**

Уточнение типа производства выполняется в соответствии с методикой, принятой при определении типа производства, по проектируемому технологическому процессу с использованием уточненных норм времени. Результаты расчетов сводятся в таблицу, и на основании сравнения коэффициентов закрепления операций по базовому и проектируемому технологическим процессам делаются выводы.

Форма организации технологического процесса зависит от установленного порядка выполнения операций, расположения технологи-

ческого оборудования, объема производственной партии и направления движения изделий при их изготовлении.

Более подробно рекомендации по этому разделу изложены в литературе [13], [42], [43], [47].

### **1.13 Разработка планировки цеха**

Технологическая планировка – графический документ, определяющий размещение подразделений предприятий и средств производства в подразделениях.

Разработка плана участка выполняется в соответствии с методикой [28]. При этом необходимо учитывать освещение, организацию производства на участке, обеспечение безопасных и безвредных условий труда и оборудование рабочих мест в соответствии с рекомендациями, изложенными в литературе [28].

Расчет площади участка может быть произведен по удельной производственной площади на один станок в соответствии с методикой [28].

Площадь вспомогательных подразделений и служб может быть определена по методике, изложенной в литературе [28].

Площадь должна быть рассчитана на проектный вариант для всего участка обработки детали. Эта величина определяет площадь всего участка на чертеже плана участка.

## **2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ**

Конструкторский раздел состоит из ряда подразделов и в соответствии с заданием на дипломное проектирование может содержать:

- расчет и конструирование специального автоматизированного станочного, сборочного или контрольного приспособления;
- расчет и конструирование специального режущего, мерительного или вспомогательного инструмента;
- разработка схем, конструкций и расчет средств механизации и автоматизации.

Разработка вопросов конструкторского раздела в зависимости от наличия исходной информации может осуществляться по одному из следующих вариантов:

- проектирование на основе аналогичного технического решения по базовому технологическому процессу;
- проектирование на основе анализа известных технических решений по данному вопросу, имеющихся на конкретном производстве или в справочной литературе;

– проектирование на основе приобретенных знаний и опыта, пользуясь учебной и справочной литературой, при отсутствии аналогичных технических решений по данному вопросу.

Независимо от варианта проектирования студент обязан выполнить все его этапы, сопровождая их необходимыми расчетами.

## **2.1 Станочное приспособление**

### **2.1.1 Назначение и описание конструкции приспособления**

С помощью приспособлений при механической обработке деталей решаются следующие основные типовые задачи:

- базирование и закрепление заготовки;
- координирование инструмента;
- изменение положения заготовки относительно оборудования.

В этом разделе приводится описание конструкции приспособления, его состав, сборочные единицы, их назначение и при описании конструкции приспособления рекомендуется воспользоваться справочниками, альбомами и другой литературой [1], [2], [6], [14]. При этом необходимо ссылаться на позиции деталей по сборочному чертежу. Описание работы приспособления должно пояснять взаимодействие сборочных единиц и механизмов приспособления.

Техническое задание на проектирование станочного приспособления в соответствии с ГОСТом 15.001–73 должно содержать следующие основные сведения:

- входные и выходные данные заготовки – размеры (параметры), с которыми заготовка поступает на данную операцию и уходит после нее, твердость, припуски и т. п.;
- сведения о поверхностях, которые должны быть обработаны при базировании и закреплении в данном приспособлении, т. е. их размеры, точность геометрической формы, относительных поворотов, шероховатость поверхности, допуски координирующих размеров;
- требуемая схема базирования заготовки и состояние поверхностей, принимаемых в качестве баз. Для накладных кондукторов должна быть приведена схема базирования приспособления на заготовке. Следует помнить что, чем выше точность параметров детали, тем точнее в приспособлении должна быть реализована теоретическая схема базирования;
- оборудование, на котором осуществляется операция;
- главные размеры (с допусками) инструментов, которыми предполагается вести обработку;

- режимы и силы резания;
- предполагаемый тип зажима. Для повышения производительности, облегчения труда рабочего и обеспечения постоянства величины силы закрепления, надо стремиться к механизированным силовым приводам, выбирая пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электромеханические приводы;
- принципиальная схема и способ базирования приспособления на станке;
- требуемая производительность на операции и ориентировочное время, отводимое для установки и снятия заготовки;
- количество одновременно обрабатываемых заготовок;
- требования по безопасной работе со станочными приспособлениями и их обслуживанию, предусмотренные ГОСТом 12.2.029–88;
- станочные приспособления, массой свыше 16 кг, должны иметь устройства для перемещения их грузоподъемными механизмами;
- условия работы приспособления и срок его службы.

### ***2.1.2 Расчет приспособления на точность***

От точности изготовления приспособления и установки его на станке, износостойкости и жесткости установочных элементов в значительной мере зависит точность обработки заготовок.

Цель расчета на точность заключается в определении требуемой точности изготовления приспособления по выбранному точностному параметру и задании допусков размеров деталей и элементов приспособления. Расчет, как правило, должен состоять из следующих этапов:

- выбор одного или нескольких точностных параметров приспособления, которые оказывают влияние на положение и точность обработки заготовки;
- определение величины погрешностей, определяющих точность обработки детали на данной операции;
- определение требуемой точности изготовления приспособления по выбранным параметрам;
- распределение допусков изготовления приспособления на допуски размеров деталей, являющихся звеньями конструкторских размерных цепей приспособления;
- внесение в технические условия сборного чертежа требований об обеспечении точности приспособления.

В дипломном проекте рекомендуется вести расчет приспособления на точность как проектный. На точность обработки влияет ряд

факторов, вызывающих общую погрешность обработки, которая не должна превышать допуск выполняемого размера при обработке заготовки. В связи со сложностью нахождения значений ряда величин погрешность изготовления  $\varepsilon_{\text{пр}}$ , мм, приспособления можно рассчитать по упрощенной формуле, описанной в литературе [2], [14], [21], [52]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq \delta - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (33)$$

где  $\delta$  – допуск выполняемого при обработке размера, мм;  $K_T$  – коэффициент, учитывающий отклонение рассеивания значений составляющих величин от закона нормального распределения ( $K_T = 1,0 - 1,2$ ; принимается в зависимости от количества значимых слагаемых: чем их больше, тем ближе к единице следует принимать значения коэффициента);  $K_{T1}$  – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при обработке на настроенных станках ( $K_{T1} = 0,80 - 0,8$ );  $\varepsilon_{\delta}$  – погрешность базирования, мм, [2];  $\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, мм, [2], [14], [41];  $\varepsilon_{\text{и}}$  – погрешность от изнашивания установочных элементов приспособления, мм [2]:

$$\varepsilon_{\text{и}} = U_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \frac{N}{N_0}, \quad (34)$$

где  $U_0$  – значение среднего износа установочных элементов, мм;  $K_1$  – коэффициент, учитывающий материал детали;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий тип оборудования, применяемый при обработке;  $K_3$  – коэффициент, учитывающий условия обработки;  $K_4$  – коэффициент, учитывающий число установок;  $N_0$  – базовое число установок, шт.;  $\varepsilon_n$  – погрешность от смещения инструмента, мм [2];  $K_{T2}$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности ( $K_{T2} = 0,6 - 0,8$ ); большее значение коэффициента принимается при меньшем количестве значимых величин, зависящих от приспособления: упругими отжатиями технологической системы под действием сил резания ( $\Delta_p$ ), погрешностью настройки станка ( $\Delta_{\text{н}}$ ), размерным износом инструмента ( $\Delta_{\text{и}}$ ), тепловыми деформациями системы ( $\Delta_T$ ), геометрическими погрешностями станка и деформацией заготовки при обработке ( $\Delta_r$ );  $\omega$  – средняя экономическая точность обработки, мм, [2], [14], [41].

Таким образом, найденное значение выбранного параметра указывается в качестве допуска отклонения поверхности или размера

между поверхностями, контактирующими соответственно с заготовкой и станком, на чертеже общего вида или записывается в технические условия на изготовление и эксплуатацию проектируемого приспособления.

### *2.1.3 Расчет необходимого усилия зажима*

Расчет сил зажима сводится к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних сил. Обрабатываемая заготовка находится, с одной стороны, под действием силы тяжести и сил, возникающих в процессе обработки, с другой стороны, под действием сил зажима и реакций опор.

Величина сил зажима определяется из условия равновесия всех сил, при полном сохранении контакта технологических баз обрабатываемой заготовки с установочными элементами приспособления и невозможности ее сдвига или поворота в процессе обработки. При составлении расчетных схем приспособлений рекомендуется следующая литература [1], [2], [14], [41].

Зажимные устройства должны удовлетворять следующим требованиям:

- при зажиме не должно нарушаться первоначально заданное базированием положение заготовки;
- зажимы не должны вызывать деформации заготовки;
- зажимы устройства, по возможности, не должны воспринимать силы резания;
- силы зажима должны быть достаточными, чтобы исключить возможность смещения и вибраций заготовки в процессе обработки.

Эффективность зажима в значительной степени зависит от направления и места приложения силы. При выборе ее направления необходимо учитывать следующие правила:

- сила зажима должна быть направлена перпендикулярно к плоскостям установочных элементов, чтобы обеспечить контакт с опорами базовых поверхностей и исключить при зажиме сдвиг заготовки;
- при базировании заготовки по нескольким базовым плоским поверхностям сила зажима должна быть направлена к тому установочному элементу, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта.

При расчете приводов рекомендуется пользоваться следующей литературой:

- гидравлический привод [2], [14], [41];
- пневматический привод [1], [2], [14], [41];
- пневмогидравлический привод [1], [2], [14], [41];
- механогидравлический привод [2], [14];
- вакуумный привод [1], [2], [14], [41];
- электромагнитный и магнитный привод [14], [41];
- электрический (электромеханический) привод [1], [2], [14], [41];
- центробежно-инерционный привод и привод от движущихся элементов станков и сил обработки [1], [2], [14], [41].

Составляется схема включения силового привода в энергетическую систему (пневматическую сеть или электрическую сеть, гидравлическую систему, вакуумную систему и т. п.) Принципиальная схема привода изображается на листе общего вида приспособления графической части проекта.

#### ***2.1.4 Расчет элементов приспособления на прочность***

После расчета точности изготовления приспособления и силового расчета необходимо выбрать конструкционные материалы для деталей приспособления, назначить термическую (химико-термическую, электрохимическую и т. п.) обработку или вид покрытия и рассчитать размеры элементов из условий прочности.

Материалы для деталей приспособлений следует выбирать исходя из условий работы и эксплуатационных требований, предъявляемых к этим деталям. Рекомендации по применению металлов и неметаллических сплавов в качестве конструкционных материалов для различных деталей (элементов) приспособлений, применяемая химико-термическая обработка, достигаемые твердость и технологические свойства материалов в состоянии поставки приведены в [2].

Для расчета на прочность выбирают наиболее нагруженную, уязвимую деталь приспособления. С помощью расчета можно решить две задачи:

- проверку на прочность существующих деталей путем сравнения фактических напряжений с допускаемыми напряжениями (проверочный расчет);
- определение размеров сечений деталей приспособлений (предварительный проектный расчет).

Методика расчета прочности деталей приведена в литературе [2], [4], [14], [41] и в литературе по курсам «Сопротивление материалов» и «Детали машин».



## 2.2 Контрольное приспособление

### 2.2.1 Устройство и описание работы приспособления

Данный пункт пояснительной записки выполняется аналогично соответствующему пункту для станочного приспособления, т. е. приводятся описание элементов приспособления, его устройство и назначение и описывается принцип его работы. Кроме того, производится анализ приспособления с целью усовершенствования его конструкции. Предложения по его усовершенствованию излагаются в пояснительной записке.

### 2.2.2 Расчет приспособления на точность

Погрешность измерения, под которой понимают отклонение найденного значения величины от ее действительного значения, в зависимости от назначения изделия допускает в пределах 8–30 % поля допуска на контролируемый параметр. Общая (суммарная) погрешность измерения определяется рядом ее составляющих: погрешностью, свойственной самой схеме; погрешностью установки контролируемого изделия; погрешностью настройки приспособления по эталону; износом деталей приспособления, а также колебаниями температуры.

При распределении первичных погрешностей по закону Гаусса поле суммарной погрешности измерения  $\Delta$ , мм, [12], [52]:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}, \quad (35)$$

где  $\Delta_1; \Delta_2; \dots; \Delta_n$  – поля допусков первичных погрешностей, мм.

В дипломном проекте рекомендуется принимать погрешность измерения в пределах 10–20 % поля допуска (изделия средней ответственности) и при расчете точности приспособления пользоваться формулой суммарной погрешности измерения  $\Delta$ , мм [12], [52]:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} \leq (0,1-0,2) \cdot \delta, \quad (36)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность, свойственная данной системе измерения, мм;  $\Delta_2$  – погрешность установки, мм;  $\Delta_3$  – погрешность настройки приспособления по эталону, мм;  $\delta$  – допуск на измеряемый параметр, мм.

Погрешность  $\Delta_1$ , мм, свойственная данной системе измерения, определяется системой отсчетных (шкальных) измерительных устройств. Для индикаторов с рычажной или зубчатой передачами – 0,01 мм, микроиндикаторов – 0,002 мм, миниметров – до 0,001 мм,

пневматических микрометров – 0,002–0,005 мм, электроконтактных датчиков – 0,001–0,003 мм (в зависимости от класса) [14].

Погрешность установки  $\Delta_2$ , мм, определяется по формуле [13], [42], [43], [47]:

$$\Delta_2 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + e_{\text{и}}^2},$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования, мм;  $\varepsilon_3$  – погрешность закрепления, мм;  $e_{\text{и}}$  – погрешность износа (изготовления) опор измерительного устройства приспособления, мм.

Составляющие  $\varepsilon_6$ ,  $\varepsilon_3$  и  $e_{\text{и}}$  определяются аналогично как и для станочного приспособления с использованием соответствующих справочных данных [2], [14].

Погрешность настройки приспособления по эталону  $\Delta_3$ , мм, определяется точностью (кавалитетом) изготовления эталона и погрешностью установки измерительного наконечника прибора. Последнюю составляющую ввиду ее малого значения можно не учитывать, тогда значение погрешности настройки приспособления по эталону будет определяться допуском изготовления эталона.

В заключение делается вывод о точности приспособления. Если погрешность измерения слишком велика, принимаются меры по уменьшению отдельных составляющих или вносятся изменения в конструкцию приспособления и расчет повторяется.

### **2.3 Режущий инструмент**

Выполняется с использованием соответствующей литературы по проектированию и расчету режущих инструментов [10], [19], [20], [46]. Описывается назначение и конструкция инструмента и дается его анализ. Приводится обоснование выбранного материала, расчет (или выбор) элементов режущей части и, при необходимости (по указанию руководителя), прочностной и точностной расчеты рабочей и крепежной части инструмента.

### **2.4 Вспомогательный инструмент**

В пояснительной записке описывается назначение и конструкция специального вспомогательного инструмента и дается его анализ. При разработке приводится основание выбранного материала и по указанию руководителя проекта заполняются необходимые расчеты элементов инструмента, используя литературу [1], [2], [48].

### **3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ**

Научно-исследовательский раздел проекта оформляется в соответствии с требованиями ГОСТа 7.12–81. По указанию руководителя в дипломный проект могут быть включены научно-исследовательские разработки за счет сокращения других разделов проекта.

В научно-исследовательском разделе необходимо отразить следующие вопросы:

- поставленную задачу исследования;
- современное состояние исследуемого вопроса;
- методику исследования;
- оборудование и приборное оснащение;
- результаты проведенных экспериментов (в виде графиков, таблиц, фотографий и т. д.);
- оценку точности и достоверности полученных результатов;
- технико-экономическую эффективность исследования;
- оценку результатов исследования и область их применения.

### **4 ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Раздел дипломного проекта «Охрана труда и окружающей среды» выполняется по согласованию с консультантом, который назначается кафедрой «Обработка материалов давлением», при этом используется литература [24], [39].

### **5 ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Раздел дипломного проекта «Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность» выполняется студентами дневного отделения по согласованию с консультантом, который назначается кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология», используя литературу [9].

### **6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Экономический раздел выполняется по согласованию с консультантом, который назначается кафедрой «Экономика и управление в отраслях», используя литературу [40].

## **7 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОНОМИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

В этом разделе дипломного проекта необходимо выполнить расчеты по экономии электроэнергии и экономии материальных ресурсов, используемых в дипломном проекте. Расчеты выполняются согласно указаний руководителя дипломного проекта.

## **8 ВЫВОДЫ**

В этой части пояснительной записки в краткой форме излагаются особенности и оригинальность проекта, отличия разработанного технологического процесса от базового, применение новых технологических методов обработки. Отмечается применение современной прогрессивной технологии и оборудования, механизированных и автоматизированных систем обработки, новых решений при конструировании технологического оснащения. Излагаются основные технико-экономические показатели процесса изготовления детали (сборки изделия).

## **9 ЛИТЕРАТУРА**

Приводится список используемой при выполнении проекта литературы в соответствии с ГОСТом 7.1–84. Библиографическое описание литературного источника в списке должно содержать фамилию и инициалы автора (авторов), заглавие источника, место издания, издательство и год издания, количество страниц.

При ссылке в тексте на источник информации приводится порядковый номер источника по списку литературы, заключенный в квадратные скобки.

Студентам рекомендуется обратить внимание на библиографические описания источников, приведенных в списке литературы в настоящих методических указаниях.

## **10 ПРИЛОЖЕНИЯ**

В приложения выносятся информация, имеющая относительно самостоятельное от пояснительной записки значение. В дипломном проекте такой информацией является разработанный технологический процесс (комплект документов на технологический процесс механической обработки) и спецификации станочных, контрольных приспособлений и планировки участка цеха.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – 4-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1975. – 656 с.
- 2 Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. – Минск : Беларусь, 1991. – 400 с.
- 3 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. Т. 1 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2001. – 920 с.
- 4 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. Т. 2 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2001. – 912 с.
- 5 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. Т. 3 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2001. – 864 с.
- 6 Базаров, В. М. Альбом по проектированию приспособлений / В. М. Базаров, А. И. Сорокин. – Москва : Машиностроение, 1991. – 121 с.
- 7 Афонькин, М. Г. Производство заготовок в машиностроении / М. Г. Афонькин, М. В. Магницкая. – Ленинград : Машиностроение, 1987. – 256 с.
- 8 Балабанов, А. Н. Технологичность конструкции машин / А. Н. Балабанов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 356 с.
- 9 Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Высш. шк., 1999. – 448 с.
- 10 Белостоцкий, Л. А. Расчет и конструирование режущего инструмента / Л. А. Белостоцкий, С. П. Карцев. – Москва : Машгиз, 1950. – 602 с.
- 11 Гельфгат, Ю. И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностр. спец. техникумов. – 2-е изд., перераб. – Москва : Высш. шк., 1986. – 270 с.
- 12 Городецкий, Ю. Г. Конструкции, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов : учеб. для техникумов / Ю. Г. Городецкий. – Москва : Машиностроение, 1971. – 376 с.
- 13 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностр. специальностей / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Выш. шк., 1983. – 256 с.

14 Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учеб. пособие для студентов вузов машиностр. специальностей. – Минск : Выш. шк., 1986. – 238 с.

15 Зазерский, Е. И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением / Е. И. Зазерский, С. И. Жоднерчик. – Ленинград : Машиностроение, 1975. – 207 с.

16 Зенков, Ф. П. Машины непрерывного транспорта / Ф. П. Зенков, Н. Н. Ивашков, А. Н. Колобов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 432 с.

17 Дипломное проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / В. В. Бабук [и др.] ; под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск : Выш. шк., 1979. – 238 с.

18 Карцев, П. Г. Справочник протяжника / П. Г. Карцев, Н. П. Епифанов. – Москва : Машгиз, 1968. – 256 с.

19 Кирсанов, Г. Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов / Г. Н. Кирсанов. – Москва : Машиностроение, 1986. – 288 с.

20 Климов, В. И. Справочник инструментальщика-конструктора / В. И. Климов. – Москва : Машиностроение, 1958. – 402 с.

21 Колев, К. С. Точность обработки и режимы резания / К. С. Колев, Л. М. Горчаков. – Москва : Машиностроение, 1976. – 130 с.

22 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения : учеб. для машиностроит. специальностей вузов / И. М. Колесов. – 2-е изд., испр. – Москва : Выс. шк., 1999. – 591 с.

23 Конструкционные материалы : справочник / Б. Н. Арзамасов [и др.] ; под общей ред. Б. Н. Арзамасова. – Москва : Машиностроение, 1990. – 688 с.

24 Куценко, Г. Ф. Охрана труда в электроэнергетике : практ. пособие / Г. Ф. Куценко. – Минск : Дизайн ПРО, 2005. – 784 с.

25 Маталин, А. А. Технология машиностроения : учеб. для машиностр. вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, 1985. – 512 с.

26 Митрофанов, С. П. Групповая технология машиностроительного производства : в 2 т. Т. 1 / С. П. Митрофанов. – Ленинград : Машиностроение, 1983. – 407 с.

27 Раскатов, В. М. Машиностроительные материалы : крат. справ. / В. М. Раскатов, В. С. Ученков. – 3-е изд., пераб., испр. и доп. – Москва : Машиностроение, 1980. – 156 с.

28 Мельников, Г. Н. Проектирование механосборочных цехов : учеб. для студентов машиностр. специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского. – Москва : Машиностроение, 1990. – 352 с.

29 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Зуборезные, горизонтально-расточные станки. – Москва : Машиностроение, 1974. – 28 с.

30 Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места. Массовое производство. – Москва : Машиностроение, 1974. – 54 с.

31 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Крупносерийное производство. – Москва : НИИТруда, 1975. – 344 с.

32 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Массовое производство. – Москва : Машиностроение, 1974. – 136 с.

33 Общемашиностроительные нормативы на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы по сборке. Массовое и крупносерийное производство. – Москва : Машиностроение, 1973. – 148 с.

34 Общемашиностроительные нормативы на слесарную обработку и слесарно-сборочные работы по сборке. Мелкосерийное и единичное производство. – Москва : Машиностроение, 1974. – 142 с.

35 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – Москва : Машиностроение, 1974. – 421 с.

36 Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на протяжных станках. – Москва : Машиностроение, 1969. – 84 с.

37 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. – Москва : Машиностроение, 1974. – 26 с.

38 Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть II. – Москва : Экономика, 1990. – 474 с.

39 Охрана труда в машиностроении : учеб. для машиностр. вузов / С. К. Баланцев [и др.] ; под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – 2-е изд., пераб. испр. и доп. – Москва : Машиностроение, 1983. – 432 с.

40 Пархоменко, Н. В. Практическое руководство по выполнению курсовых работ по курсу «Организация производства и менеджмент в машиностроении» для студентов специальности Т.03.01.00 – «Технология, оборудование и автоматизация в машиностроении» / Н. В. Пархоменко, Е. А. Кожевников. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2000. – 53 с.

41 Технологическая оснастка / М. Ф. Пашкевич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.

42 Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении : учеб. пособие / В. В. Бабук [и др.] ; под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск : Выш. шк., 1987. – 255 с.

43 Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении : учеб. пособие для вузов / И. П. Филонов [и др.] ; под общ. ред. И. П. Филонова. – Минск : Технопринт, 2003. – 910 с.

44 Режимы резания металлов : справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – Москва : Машиностроение, 1972. – 408 с.

45 Режимы резания металлов : справочник / под ред. А. Д. Корчемкина. – Москва : НИИавтопром, 1995. – 456 с.

46 Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие / под ред. Е. Э. Фельдштейна. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 384 с.

47 Сборник практических работ по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. И. Медведев [и др.] ; под ред. И. П. Филонова. – Минск : БНТУ, 2003. – 486 с.

48 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1 / под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение-1, 2001. – 912 с.

49 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2 / под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение-1, 2001. – 944 с.

50 Справочник шлифовщика / Л. М. Кожуро [и др.] ; под общ. ред. П. С. Чистосердова. – Минск : Выш. шк., 1981. – 287 с.

51 Технологичность конструкции изделия : справочник / Ю. Д. Амиров [и др.] ; под общ. ред. Ю. Д. Амирова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1990. – 768 с.



52 Точность механической обработки, методы ее обеспечения, оценки и управления : учеб. пособие / М. Г. Киселев [и др.]. – Минск : Технопринт, 2002. – 100 с.

53 Ящерицын, П. И. Основы технологии механической обработки и сборки в машиностроении / П. И. Ящерицын. – Минск : Выш. шк., 1974. – 607 с.

54 Ящерицын, П. И. Основы резания металлов и режущий инструмент / П. И. Ящерицын, М. П. Еременко, Н. И. Жигалко. – Минск : Выш. шк., 1981. – 559 с.

55 Ящерицын, П. И. Металлорежущие станки / под ред. А. И. Кочергина. – Минск : БГАТУ, 2001. – 446 с.

56 Отливки стальные. Общие технические условия : ГОСТ 977–88. – Введ. 01.01.90 НЛК. – Москва : Изд-во стандартов, 2004. – 35 с.

57 Чугун с пластинчатым графитом для отливок : ГОСТ 1412–85. – Введ. 01.01.87 НЛК ИС. – 2004. – 73 с.

58 Круги шлифовальные. Технические условия : ГОСТ 2424–83. – Введ. 01.01.85. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 32 с.

59 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики : ГОСТ 2789–73. – Введ. 01.01.75. – Москва : Изд-во стандартов, 1987. – 9 с.

60 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски : ГОСТ 7505–89. – Введ. 01.07.90. – Москва : Изд-во стандартов, 1990. – 36 с.

61 Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия : ГОСТ 9378–93. – Введ. 01.01.97. – Москва : Изд-во стандартов, 1993. – 9 с.

62 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия : ГОСТ 8479–70. – Введ. 01.01.71. – Москва : ИС, 1971. – 10 с.

63 Базирование и базы в машиностроении : ГОСТ 21495–76. – Введ. 01.01.77. – Москва : Изд-во стандартов, 1990. – 36 с.

64 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645–85. – Введ. 01.01.89. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 55 с.

65 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения. Числовые значения : ГОСТ 24643-81. – Введ. 01.07.81. – Москва : Изд-во стандартов, 1988. – 14 с.

66 Поля допусков и рекомендуемые посадки : ГОСТ 25347–82 ЕСТД. – Введ. 01.07.83. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 52 с.

67 Обозначение шероховатости поверхности : ГОСТ 2.309–73 ЕСКД. – Введ. 01.01.75. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 10 с.

68 Общие требования к текстовым документам : ГОСТ 2.105–95 ЕСКД. – Введ. 01.07.96. – Москва : Изд-во стандартов, 1996. – 37 с.

69 Опоры, зажимы и установочные устройства : ГОСТ 3.1107–81 ЕСТД. – Введ. 01.07.82. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 11 с.

70 Формы и правила оформления маршрутных карт : ГОСТ 3.1118–82 ЕСТД. – Введ. 01.01.84. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 14 с.

71 Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на еденичные технологические процессы : ГОСТ 3.1119–83 ЕСТД. – Введ. 01.01.85. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 14 с.

72 Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции) : ГОСТ 3.1121–84 ЕСТД. – Введ. 01.01.86. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 42 с.

73 Конструирование литых заготовок : ГОСТ 3.1125–88. – Введ. 01.01.89. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 19 с.

74 Общие правила выполнения текстовых технологических документов : ГОСТ 3.1127–93 ЕСТД. – Введ. 20.10.95. – Минск : Белстандарт, 1996. – 12 с.

75 Общие правила выполнения графических технологических документов : ГОСТ 3.1128–93 ЕСТД. – Введ. 20.10.95. – Минск : Белстандарт, 1996. – 29 с.

76 Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции : ГОСТ 3.1129–93 ЕСТД. – Введ 20.10.95. – Москва : Изд-во стандартов, 1995. – 31 с.

77 Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием : ГОСТ 3.1404–85 ЕСТД. – Введ. 01.07.87. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 56 с.

78 Формы и правила оформления документов на технологический контроль : ГОСТ 3.1502–85 ЕСТД. – Введ. 01.01.87. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 12 с.

79 Система стандартов по информационному, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила : ГОСТ 7.12–93. – Введ. 01.01.1996 – Минск : Белстандарт 1996. – 17 с.

80 Шум. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. – Введ. 01.07.84. – Москва : Изд-во стандартов, 1983. – 9 с.

81 Пожарная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. – Введ. 01.07.92. – Москва : Изд-во стандартов, 1996. – 88 с.

82 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты : ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ. – Введ. 01.07.80. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 6 с.

83 Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.009–99 ССБТ. – Введ. 01.04.01. – Минск : БелГИСС, 1999. – 32 с.

84 Приспособления станочные. Требования безопасности : ГОСТ 12.2.029–88. – Введ. 01.01.89. – Москва : Изд-во стандартов, 1988. – 14 с.

85 Обеспечение технологических требований конструкций изделий. Общие требования : ГОСТ 14.201–83. – Введ. 01.01.84. – Москва : Изд-во стандартов, 1983. – 13 с.

86 Технологичность конструкций изделий. Термины и определения : ГОСТ 14.205–83. – Введ. 01.07.83. – Москва : Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.

87 Технологический контроль конструкторской документации : ГОСТ 14.206–81. – Введ. 01.01.75. – Москва : Изд-во стандартов, 1990. – 5 с.

88 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов : ГОСТ 17.2.3.02–78. – Введ. 01.01.80. – Москва : Изд-во стандартов, 1987. – 14 с.

89 Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ : ГОСТ 17.2.4.02–81. – Введ. 01.07.82. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 2 с.

90 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий : СН 245-71. – Введ. 05.11.71. – Москва : Стройиздат, 1971. – 95 с.

91 Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений : СНиП 2.01.02-85 – Москва : АПП ЦНТП, 1991 – 13 с.

92 Отопление, вентиляция и кондиционирование : СНиП 2.04.05–91. – Москва : АПП ЦНТП, 1992 – 64 с.

93 Естественное и искусственное освещение : СНБ 2.04.05–98. – Введ. 07.04.98. – Минск : Минстройархитектура РБ, 1998. – 59 с.

## Содержание

Общие положения .....	3
Тематика дипломных проектов .....	3
Содержание и объем проекта .....	4
Рекомендации по выполнению дипломного проекта .....	5
Введение .....	5
1 Технологический раздел .....	5
1.1 Назначение и конструкция обрабатываемой детали .....	5
1.2 Определение типа производства и его характеристика .....	6
1.3 Анализ технологичности конструкции детали .....	11
1.4 Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки .....	16
1.5 Анализ базового и технико-экономического обоснования предлагаемого вариантов технологического процесса обработки детали .....	17
1.6 Выбор и обоснование технологических баз .....	17
1.7 Расчет припусков на обработку .....	19
1.8 Расчет режимов резания .....	19
1.9 Техническое нормирование .....	24
1.10 Выбор оборудования и расчет его количества .....	25
1.11 Обоснование выбора транспортных средств цеха .....	26
1.12 Уточнение типа производства и установление его организационной формы .....	26
1.13 Разработка планировки цеха .....	27
2 Конструкторский раздел .....	27
2.1 Станочное приспособление .....	28
2.2 Контрольное приспособление .....	33
2.3 Режущий инструмент .....	34
2.4 Вспомогательный инструмент .....	34
3 Исследовательский раздел .....	35
4 Охрана труда и окружающей среды .....	35
5 Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность .....	35
6 Экономический раздел .....	35
7 Энергосбережение и экономия материальных ресурсов .....	36
8 Выводы .....	36
9 Литература .....	36
10 Приложения .....	36
Литература .....	37

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Кульгейко Михаил Петрович  
Соболев Виктор Федорович  
Дмитриченко Евгений Эдуардович**

## **ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

**Методические указания  
для студентов специальности  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор *В. В. Вороник*  
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 13.05.10.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,34.

Изд. № 202.

E-mail: [ic@gstu.by](mailto:ic@gstu.by)

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.