

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Технология машиностроения»

М. П. Кульгейко, Е. Э. Дмитриченко, С. В. Рогов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсовому проектированию
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2014

УДК 621.002(075.8)
ББК 34.5я73
К90

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 06.11.2013 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Металлорежущие станки и инструменты»
ГГТУ им. П. О. Сухого *А. П. Лепицкий*

Кульгейко, М. П.

К90

Проектирование технологических процессов : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / М. П. Кульгейко, Е. Э. Дмитриченко, С. В. Рогов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 46 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://library.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-197-0.

Приведены общие требования и методика выполнения всех разделов курсового проекта. Даны рекомендации по содержанию, объему и глубине проработки основных разделов.

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

**УДК 621.002(075.8)
ББК 34.5я73**

ISBN 978-985-535-197-0

© Кульгейко М. П., Дмитриченко Е. Э.,
Рогов С. В., 2014

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2014

СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по технологии машиностроения является комплексной работой студентов по разработке технологических процессов производства машин и их деталей, по конструированию технологической оснастки и технико-экономическому обоснованию принятых решений в условиях современного производства.

Целью курсового проекта является закрепление и углубление знаний, полученных при изучении теоретических курсов специальности, научить студента правильно их применять при решении конкретных практических задач, развить умение работать со справочной и другой специальной литературой, а также подготовить его к выполнению технологического и конструкторского разделов дипломного проекта.

В процессе выполнения курсового проекта студенты решают следующие вопросы: проектирование технологического процесса изготовления деталей сборочной единицы с использованием высокопроизводительного технологического оборудования и оснастки. Особое внимание уделяется выбору метода получения заготовки, базированию заготовок, оптимальному назначению режимов резания с целью обеспечения необходимого качества обрабатываемой поверхности и ее эксплуатационных характеристик, а также технико-экономическому обоснованию разрабатываемого технологического процесса.

При курсовом проектировании предпочтительно использовать средства автоматизации конструкторского и технологического проектирования.

Курсовой проект включает:

1. Пояснительную записку на 40–60 страницах (включая таблицы; формулы, графики). Примерное содержание пояснительной записки: назначение и конструкция обрабатываемой детали; определение типа производства; анализ конструкции детали на технологичность; выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки; анализ базового и технико-экономическое обоснование предлагаемого вариантов технологического процесса механической обработки детали; расчет припусков на механическую обработку; расчет режимов резания; техническое нормирование; выбор оборудования и расчет его количества; назначение, описание конструкции и принцип действия станочного приспособления, расчет на точность, расчет необходимого усилия зажима, расчет элементов приспособления на

прочность; назначение, описание конструкции и принцип действия контрольного приспособления, расчет на точность.

2. Комплект документов на технологический процесс механической обработки.

3. Графическую часть в объеме 4–5 листов формата А1. Примерный перечень графического материала:

- чертеж детали – 0,25–0,5 листа формата А1;
- операционные эскизы – 2 листа формата А1;
- чертеж станочного приспособления – 1–1,5 листа формата А1;
- чертеж контрольного приспособления – 0,5–1 лист формата А1.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО 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 быть внесены 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 функ-

циональное 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], [11]. 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 [6].

1.2 Определение типа производства и его характеристика

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций $K_{3.0}$, который в соответствии с ГОСТ 3.1121–84 определяется по формуле

$$K_{3.0} = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} O_i}{\sum_{i=1}^{n_0} P_i},$$

где O_i – число различных операций за один месяц по участку, закрепленных за i -м рабочим местом, шт.; P_i – число рабочих мест, шт.; n_0 – число операций механической обработки в технологическом процессе, шт.

Если коэффициент закрепления операции $K_{3.0} \leq 1$, то производство массовое; $1 < K_{3.0} \leq 10$, – производство крупносерийное; $10 < K_{3.0} \leq 20$, – производство среднесерийное; $20 < K_{3.0} \leq 40$, – 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, определяется по формуле

$$O_i = \frac{K_{3.н}}{K_{3.ф_i}},$$

где $K_{з.н}$ – планируемый нормативный коэффициент загрузки оборудования; для крупно-, средне- и мелкосерийного производства он, соответственно, равен $K_{з.н} = 0,75; 0,8; 0,9$ [6], [8], [24], [25], [29]; $K_{з.ф*i*}$ – фактический расчетный коэффициент загрузки оборудования на i -й операции.

Фактический коэффициент загрузки определяется следующим образом:

$$K_{з.ф*i*}} = \frac{C_{р*i*}}{C_{пр*i*}},$$

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, необходимого для выполнения i -й операции определяется по формуле

$$C_{р*i*}} = \frac{T_{шт-к*i*}}{60\Phi_M K_B} N_M = \frac{T_{шт-к*i*}}{\tau K_B},$$

где $T_{шт-к*i*}}$ – штучно-калькуляционное время выполнения i -й операции, мин; N_M – месячная программа выпуска при работе в одну смену, шт.; Φ_M – месячный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч; K_B – коэффициент выполнения норм, $K_B = 1,0 \dots 1,3$ [6]; [24], [29]; τ – такт выпуска изделий, мин/шт.

$$\tau = \frac{60\Phi_M}{N_M}.$$

Месячная программа выпуска и месячный фонд времени работы оборудования в одну смену могут быть определены по формулам:

$$N_M = \frac{N}{12}; \quad \Phi_M = \frac{\Phi_D}{12},$$

где N – годовой объем выпуска продукции, шт./год; Φ_D – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Полученное значение расчетного числа станков $C_{р*i*}}$ округляем до ближайшего большего целого числа в сторону увеличения, получая при этом принятое число станков $C_{пр*i*}}$ для данной операции.

Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется упрощенным способом [6], [24], [25], [29]:

$$n_{0.3} = \frac{Na}{D_p},$$

где a – периодичность запуска, $a = 2,5; 5; 11; 22$ и 66 дней [29]; D_p – число рабочих дней в году.

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

$$c = \frac{T_{шт-к.ср} n_{0.3}}{K_{з.н} \Phi_{д.с}},$$

где $T_{шт-к.ср}$ – среднее штучно-калькуляционное время по основным операциям механической обработки, мин; $\Phi_{д.с}$ – действительный фонд времени работы оборудования в одну смену, мин.

$$T_{шт-к.ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n_o} T_{шт-ки}}{n_o K_B};$$

$$\Phi_c = 60\Phi_c = 60 \cdot 7,67 = 460,2 \text{ мин},$$

где Φ_c – продолжительность смены, для расчетов можно принять $\Phi_c = 7,67$ ч.

Расчетное число смен округляется до целого числа, затем определяется число деталей в партии по формуле

$$n = \frac{\Phi_{д.с} K_{з.н} c_{пр}}{T_{шт-к.ср}}.$$

Окончательно принимается полученное значение n и используется в дальнейших расчетах.

Рассмотрим пример определения типа производства на основании следующих исходных данных:

- деталь – стакан КЗР 1524202;
- годовой объем выпуска $N = 3000$ шт./год;
- режим работы производства односменный;
- действительный фонд времени работы оборудования $\Phi_d = 2028$ ч;
- трудоемкость изготовления детали (по данным базового технологического процесса механической обработки) $T_{шт-ки}$, мин – табл. 1.

Месячная программа выпуска при работе в одну смену:

$$N_M = \frac{3000}{12} = 250 \text{ шт.}$$

Месячный фонд времени работы оборудования в одну смену:

$$\Phi_M = \frac{2028}{12} = 169,0 \text{ ч.}$$

Расчетное число единиц технологического оборудования, необходимого для выполнения первой операции:

$$C_{p1} = \frac{T_{шт-к1} N_M}{60 \Phi_M K_B} = \frac{4,87 \cdot 250}{60 \cdot 169,0 \cdot 1,0} = 0,120.$$

Полученное значение расчетного числа станков C_{p1} округляем до ближайшего целого числа в сторону увеличения, получая при этом принятое число станков для первой операции $C_{пр1} = 1$.

Фактический расчетный коэффициент загрузки для первой операции:

$$K_{з.ф1} = \frac{0,120}{1} = 0,120.$$

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

$$O_{p1} = \frac{0,8}{0,120} = 6,7 \text{ шт.}$$

Принимаем $O_1 = 6$ (округляется до целого числа в меньшую сторону). Аналогично определяем число операций, закрепленных за рабочими местами по всем операциям базового технологического процесса. Данные по расчетам приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Определение типа производства по базовому варианту технологического процесса механической обработки детали

Номер и наименование операции	$T_{шт-кi}$ мин	C_{pi} шт.	$C_{прi}$ шт.	$K_{з.фи}$	O_i шт.
010 Автоматная токарная	4,87	0,120	1	0,120	6
020 Автоматная токарная	3,94	0,097	1	0,097	8
030 Горизонтально-фрезерная	2,80	0,069	1	0,069	11
050 Вертикально-сверлильная	1,90	0,047	1	0,047	17

Окончание таблицы 1

Номер и наименование операции	$T_{шт-кi}$ мин	$C_{при}$ шт.	$C_{при}$ шт.	$K_{з.фи}$	O_i шт.
060 Вертикально-сверлильная	1,35	0,033	1	0,033	24
070 Вертикально-сверлильная	0,80	0,020	1	0,020	40
080 Вертикально-сверлильная	0,94	0,023	1	0,023	34
090 Горизонтально-фрезерная	2,90	0,071	1	0,071	11
<i>Итого</i>	19,50	–	8	0,480	151

Коэффициент закрепления операций будет равен:

$$K_{з.о} = \frac{151}{8} = 18,9,$$

что согласно ГОСТ 3.1121–84 соответствует среднесерийному типу производства, так как $10 < K_{з.о} < 20$.

Средний коэффициент загрузки оборудования

$$K_{з.ср} = \frac{\sum K_{з.фи}}{\sum C_{при}} = \frac{0,480}{8} = 0,060.$$

Обобщение практических материалов показывает, что при $0,05 \leq K_{з.ср} \leq 0,2$ целесообразно создание групповой поточной линии. 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 быстроперенастраиваемых 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. 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 $K_{м.срi}$ был равен:

$$K_{м.срi} = \sum_{i=1}^m K_{з.срi} \geq 0,75,$$

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

Количество деталей разного типоразмера (число наименований деталей), которые можно обрабатывать на данном оборудовании:

$$m = \frac{K_{з.н}}{K_{з.сп}} = \frac{0,8}{0,060} = 13 \text{ шт.}$$

При групповой форме организации производства запуск изделий производится партиями с определенной периодичностью. Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется упрощенным способом по формуле

$$n_{о.з} = \frac{Na}{D_p} = \frac{3000 \cdot 5}{254} = 59 \text{ шт.},$$

где a – периодичность запуска, принимаем, $a = 5$ дней; D_p – число рабочих дней в году, $D_p = 254$ дня.

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

$$c = \frac{T_{шт-к.сп} n_{о.з}}{K_{з.н} \Phi_{д.с}} = \frac{2,438 \cdot 59}{0,8 \cdot 460,2} = 0,39 \text{ смены},$$

где $T_{шт-к.сп}$ – среднее штучно-калькуляционное время по основным операциям механической обработки, мин.; $\Phi_{д.с}$ – действительный фонд времени работы оборудования в одну смену, мин.

$$T_{шт-к.сп} = \frac{\sum_{i=1}^{n_o} T_{шт-ки}}{n_o K_v} = \frac{19,50}{8 \cdot 1,0} = 2,438 \text{ мин};$$

$$\Phi_c = 60\Phi_c = 60 \cdot 7,67 = 460,2 \text{ мин},$$

где Φ_c – продолжительность смены, для расчетов можно принять $\Phi_c = 7,67$ ч.

Расчетное число смен округляется до целого числа, принимаем $c_{пр} = 1$ смена, затем определяется число деталей в партии:

$$n = \frac{\Phi_{д.с} K_{з.н} c_{пр}}{T_{шт-к.сп}} = \frac{460,2 \cdot 0,8 \cdot 1}{2,438} = 151 \text{ шт.}$$

Для удобства планирования и расчетов принимаем количество деталей в партии $n = 150$ 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 % [32]. 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 отработке конструктивных форм отдельных деталей необходимо их рассматривать во взаимосвязи с другими и решать задачу комплексно.

По ГОСТ 14.201–83 [44] 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 из-

деляя; 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

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, так как 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 возможности их совмещения. Особое внимание обращается на обоснованность значений допустимых предельных отклонений размеров детали. Размеры, определяющие ее нерабочие поверхности, могут иметь широкие допуски, а сами поверхности – 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 бо-

лее 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 курсовом проекте заданием оговорена конструкция конкретной детали, не предполагающей изменений в конструкции детали, то в качестве количественных показателей рассматриваются следующие [24]:

– коэффициент шероховатости поверхностей $K_{ш}$
(по ГОСТ 18831–73):

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}},$$

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

$$Ш_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n Ш_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i},$$

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

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

– коэффициент точности $K_{\text{тч}}$ (по ГОСТ 18831–73):

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{ср}}},$$

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

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i},$$

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

По коэффициенту точности деталь технологична, если $K_{\text{тч}} > 0,8$;
– коэффициент использования материала $K_{\text{и.м.}}$:

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{M_{\text{д}}}{H_{\text{м}}},$$

где $M_{\text{д}}$ – масса готовой детали, кг; $H_{\text{м}}$ – норма расхода материала, кг.

$$H_{\text{м}} = M_{\text{д}} + M_{\text{т}},$$

где $M_{\text{т}}$ – масса технологических отходов (литники, облой и т. п.), кг.

Деталь считается технологичной, если коэффициенты использования материала превышают:

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.

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, вначале дается краткий анализ способа получения заготовки в базовом варианте. Описывается процесс получения заготовки, приводятся данные об экономичности получения ее в условиях предприятия, 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 [6], [24], [25], [29], [35]–[38], [40], при этом значения базовых стоимостей методов получения заготовок должны быть приняты на момент выполнения курсового 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 техпро-

цессу. Указать конкретные недостатки базового технологического процесса.

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 и 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, так как 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 [6], [8], [24], [25], [29], [39], [41].

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 [6], [24], [25], [29].

Разработанная технология обработки детали должна быть представлена в комплекте документов (КД) [42], [43].

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

1.6 Расчет припусков на обработку

Расчетно-аналитическим методом припуски и межоперационные размеры рассчитываются на две наиболее точные поверхности (наружную и внутреннюю) по методике, приведенной в литературе [6], [24], [29]. Для этих поверхностей строятся схемы расположения припусков и допусков. На все остальные обрабатываемые поверхности припуски и допуски назначаются по таблицам в соответствии с ГОСТ 26645–85 для отливок [40] и ГОСТ 7505–89 для поковок [38].

1.7 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) разрабатываемого 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 [31], и для одной операции (перехода) – по нормативным данным [26], [27]. 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 шероховатость (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. При необходимости 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, микрogeометрии 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 [26], [31].

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, так как 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. Значение 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 [26], [27], [31]. 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 [26], [27].

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 [26], [27].

При установлении режимов резания для шлифования определяют скорость вращения шлифовального круга (м/с) в зависимости от обрабатываемого материала, скорость вращения обрабатываемой детали (м/мин), продольную подачу круга (для обычного метода шлифования – в долях круга, для глубинного – в мм на оборот детали), поперечную подачу – глубину резания (в мм – при работе круга с продольной подачей, в мм на оборот 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 [31].

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 [26], [27].

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 [26], [27].

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 [26], [27].

При нарезании зубчатых колес гребенкой на зубодолбежных станках определяется число резов на один зуб колеса, скорость резания и число двойных ходов в минуту [26], [27].

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 [26], [27].

При нарезании резьбы резцами и гребенками определяются число проходов и скорость резания (м/мин); подачей (мм/об.) обрабатываемой 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 [31].

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 [26]:

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 ин-

струментов. 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, в расчет принимается наибольшее основное время одного суппорта. Если же основные времена работы суппортов не перекрываются, 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 [26]. 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 нелIMITирующих 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.

1.8 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_o) 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 [6], [13]–[22], [25], [29].

1.9 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 выполнения техниче-

ских 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 [6], [12], [25], [34].

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Конструкторский раздел состоит из ряда подразделов и в соответствии с заданием на курсовое проектирование может содержать (уточняется с руководителем курсового проекта):

- расчет и конструирование специального автоматизированного станочного, сборочного или контрольного приспособления;
- расчет и конструирование специального режущего, мерительного или вспомогательного инструмента.

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, имеющих 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], [7]. 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 ГОСТ 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 ГОСТ 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 оказывает 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 курсовом 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 $\varepsilon_{\text{пр}}$ приспособления можно рассчитать по упрощенной формуле, описанной в литературе [2], [7], [10], [33]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq \delta - K_T \sqrt{(K_{T1}\varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (K_{T2}\omega)^2},$$

где δ – допуск выполняемого при обработке размера, мм; K_T – коэффициент, учитывающий отклонение рассеивания значений составляющих величин от закона нормального распределения, $K_T = 1,0 \dots 1,2$; 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, $K_{T1} = 0,80 \dots 0,85$; ε_6 – погрешность базирования, мм [2]; ε_3 – погрешность закрепления, мм [2], [7]; [23]; $\varepsilon_{\text{и}}$ – погрешность от изнашивания установочных элементов приспособления, мм [2]; $\varepsilon_{\text{п}}$ – погрешность от смещения инструмента, мм [2]; K_{T2} – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, $K_{T2} = 0,6 \dots 0,8$; большее значение коэффициента принимается при меньшем количестве значимых величин, зависящих от приспособления: упругими отжатиями технологической системы под действием сил резания (Δ_p), погрешностью настройки станка (Δ_n), размерным износом инструмента ($\Delta_{\text{и}}$), тепловыми деформациями системы (Δ_t), геометрическими погрешностями станка и деформацией заготовки при обработке (Δ_r); ω – средняя экономическая точность обработки, мм [2], [7], [23].

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 со-

ставлении расчетных схем приспособлений рекомендуется следующая литература [1], [2], [7], [23].

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.

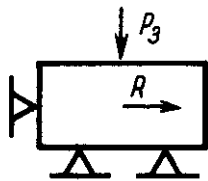
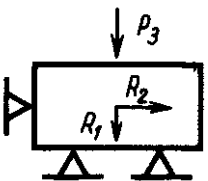
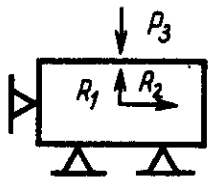
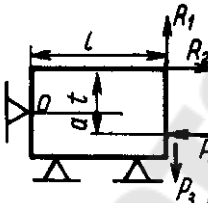
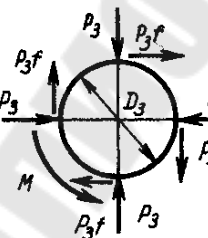
При расчете приводов рекомендуется пользоваться следующей литературой: гидравлический привод [2], [7], [23]; пневматический привод [1], [2], [7], [23]; пневмогидравлический привод [1], [2], [7], [23]; механогидравлический привод [2], [7]; вакуумный привод [1], [2], [7], [23]; электромагнитный и магнитный привод [7], [23]; электрический (электромеханический) привод [1], [2], [7], [23]; центробежно-инерционный привод и привод от движущихся элементов станков и сил обработки [1], [2], [7], [23].

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.

Зажимные механизмы (ЗМ) предупреждают перемещение заготовок относительно опор станочного приспособления. Силу закрепления P_3 определяют из условия равновесия силовых факторов, действующих на заготовку. Наиболее распространенные схемы и формулы для расчета

представлены в таблице 2. В ЗМ типа I существует линейная зависимость между силой закрепления и перемещением, а в ЗМ типа II эта зависимость более сложная. К типу I относят винтовые, клиновые, эксцентриковые ЗМ, к типу II – пневматические, гидравлические прямого действия ЗМ. В формулах для определения силы закрепления P_3 не учтены силы инерции и тяжести, силы трения показаны не на всех эскизах.

Таблица 2 – Расчетные схемы и формулы для вычисления силы закрепления

Расчетная схема	Пояснение к схеме, формула для расчета
	<p>Сдвигу заготовки под действием силы резания R препятствуют силы трения (не показаны), возникающие в местах контактов заготовки с опорами и ЗМ.</p> $P_3 = \frac{KR}{f_1 + f_2}$
	<p>Составляющая R_1 силы резания направлена к опорам, а составляющая R_2 стремится сдвинуть заготовку в боковом направлении.</p> $P_3 = \frac{KR_2 + 0,5R_1(f_1 - f_2)}{f_1 + f_2}$
	<p>Составляющая R_1 силы резания направлена навстречу силе P_3, а составляющая R_2 стремится сдвинуть заготовку в боковом направлении. Принимают большее из двух значений для ЗМ:</p> <p>Типа I $P_3 = 0,7KR_1$ и $P_3 = \frac{KR_2 - 0,5R_1(f_2 - f_1)}{f_1 + f_2}$.</p> <p>Типа II $P_3 = KR_1$ и $P_3 = \frac{R_1f_2 + KR_2}{f_1 + f_2}$</p>
	<p>Силу P_3 определяют из условия равенства нулю суммы моментов всех сил относительно точки O.</p> $P_3 = \frac{K(R_2t + R_1l)}{a + f_2l}$
	<p>Заготовка с диаметром базы D_3 закреплена в самоцентрирующем зажимном приспособлении. На нее действуют радиальные силы, число которых равно n, и крутящий момент M.</p> $P_3 = \frac{2KM}{D_3nf}$

Окончание таблицы 2

Расчетная схема	Пояснение к схеме, формула для расчета
	<p>Длинная заготовка с диаметром базы D_3 консольно закреплена в патроне, кулачки которого имеют короткие уступы. Опасен поворот заготовки под действием составляющей R_z силы резания. Для патрона:</p> <p>трехкулачкового $P_3 = \frac{1,33KLR_z}{D_3 f}$;</p> <p>четырекулачкового $P_3 = \frac{0,7KLR_z}{D_3 f}$</p>
	<p>Цилиндрическая заготовка с диаметром базы D_3 установлена в призме с углом α и нагружена крутящим моментом M.</p> $P_3 = \frac{2KM}{D_3(f_2 + f_1/\sin 0,5\alpha)}$
	<p>В заготовке с диаметром базы D_3, установленной в призме с углом α, одновременно обрабатывают несколько отверстий осевым инструментом. При малой радиальной жесткости инструмента (большой вылет, нет кондукторных втулок) возможен поворот заготовки под действием суммарного крутящего момента M.</p> $P_3 = \frac{2KM}{D_3(f_2 + f_1/\sin 0,5\alpha)}$ <p>Если мерный инструмент имеет большую радиальную жесткость (малый вылет, работа по кондукторным втулкам), опасен сдвиг заготовки под действием суммарной осевой составляющей силы резания R.</p> $P_3 = \frac{KR}{f_2 + 0,5f_1/\sin 0,5\alpha}$
<p>Условные обозначения: R – сила резания и ее составляющие; K – коэффициент запаса; f_1 и f_2 – коэффициенты трения, соответственно, в местах контакта заготовки с опорами и с ЗМ (таблица 3).</p>	

Таблица 3 – Значения коэффициента трения

Условия трения	Значения f
Заготовка контактирует с опорами и ЗМ приспособления поверхностями:	
– обработанными	0,16
– необработанными	0,20...0,25
При контакте заготовок с ЗМ и опорами, имеющими рифления	0,70

Окончание таблицы 3

Условия трения	Значения f
При закреплении в патроне с кулачками (губками):	
– гладкими	0,16...0,18
– с кольцевыми канавками	0,30...0,40
– с взаимно перпендикулярными канавками	0,40...0,50
– с острыми рифлениями	0,70...1,00

Более подробно расчетные схемы и формулы для расчета рассмотрены в [31].

Коэффициент запаса K вводят в формулы при вычислении силы P_3 для обеспечения надежного закрепления заготовки:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

где K_0 – коэффициент гарантированного запаса, $K_0 = 1,5$; K_1 – коэффициент, учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях, при черновой обработке $K_1 = 1,2$; при чистовой обработке $K_1 = 1,0$; K_2 – коэффициент, характеризует увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента (таблица 4); K_3 – коэффициент, учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании, при прерывистых точении и торцовом фрезеровании $K_3 = 1,2$; K_4 – коэффициент, характеризует постоянство силы закрепления в ЗМ, для ЗМ с ручным приводом, а также с пневмо- и гидроцилиндрами одностороннего действия, $K_4 = 1,3$; если на силу закрепления влияют отклонения размеров заготовки, что имеет место при использовании пневмокамер, пневморычажных систем, приспособлений с упругими элементами (мембранные, гидропластмассовые и др.), $K_4 = 1,2$; при использовании пневмо- и гидроцилиндров двойного действия, электромеханических, магнитных и вакуумных ЗМ $K_4 = 1,0$; K_5 – коэффициент, характеризует эргономику ручных ЗМ, при неудобном расположении и угле поворота рукоятки более 90° $K_5 = 1,2$; при удобном расположении и малом угле поворота рукоятки $K_5 = 1,0$; K_6 – коэффициент, учитывают только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью на постоянные опоры, при установке заготовки на штыри $K_6 = 1,0$; при установке на опорные пластинки $K_6 = 1,5$.

Если в результате расчета значение коэффициента запаса K окажется меньше 2,5, принимают $K = 2,5$.

Таблица 4 – Коэффициент K_2

Метод обработки	Материал заготовки	Составляющие силы резания и моменты от них	K_2
Сверление	Чугун	Крутящий момент	1,15
		Осевая сила	1,0
Крутящий момент		1,3	
Осевая сила		1,2	
Крутящий момент		1,2	
Осевая сила		1,2	
Предварительное точение и растачивание	Сталь	P_z	1,0
	Чугун		1,0
	Сталь	P_y	1,4
	Чугун		1,2
	Сталь	P_x	1,6
	Чугун		1,25
Чистовое точение и растачивание	Сталь	P_z	1,0
	Чугун		1,05
	Сталь	P_y	1,05
	Чугун		1,4
	Сталь	P_x	1,0
	Чугун		1,3
Фрезерование цилиндрической фрезой	Сталь	Окружная сила	1,6–1,8
	Чугун		1,2–1,4
Фрезерование торцевой фрезой	Сталь	Тангенциальная сила	1,6–1,8
	Чугун		1,2–1,4
Шлифование	Сталь, чугун	Окружная сила	1,15–1,2
Протягивание (износ задней поверхности до 0,5 мм)	Сталь, чугун	Сила протягивания	1,5
Примечание. P_z, P_y, P_x – компоненты силы резания.			

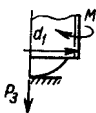
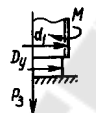
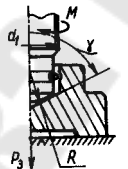
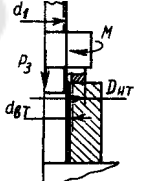
Для винтового ЗМ при известной силе закрепления P_3 вычисляют номинальный диаметр винта по формулам:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{P_3}{\sigma_p}}; \quad \sigma_p = \frac{\sigma_T}{n_T},$$

где d – диаметр винта, мм; P_3 – сила закрепления, Н; σ_p – допускаемые напряжения растяжения (сжатия) материала винта, МПа; σ_T – предел текучести материала винта, МПа; n_T – требуемый коэффициент запаса прочности, для винтов из углеродистой стали $n_T = 1,5 \dots 3$.

Вычисленный диаметр округляют до ближайшего большего значения [31]. Исходя из условий закрепления заготовки выбирают конец нажимного винта (торец гайки), вычисляют КПД механизма η и крутящий момент $M_{кр}$, который нужно приложить к винту для надежного закрепления заготовки (таблица 5).

Таблица 5 – Форма конца нажимного винта (торца гайки), формулы для вычисления η винтовой пары и крутящего момента $M_{кр}$

Закрепление	Форма конца винта (торца гайки), эскиз	Расчетные формулы для вычисления приближенных значений
По необработанной поверхности	сферическая 	$\eta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg}(\alpha + \varphi_{пр});$ $M_{кр} = 0,1 P_3 d_2$
По предварительно обработанной поверхности	цилиндрическая 	$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + \frac{0,67 f_1 D_{ц}}{d_2}};$ $M_{кр} = P_3 (0,1 d_2 + 0,33 D_{ц} f_1)$
Исключающее вмятины и другие повреждения поверхности	под пята 	$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + \frac{2 R f_1 \cdot \operatorname{ctg}(0,5 \gamma)}{d_2}};$ $M_{кр} = P_3 [0,1 d_2 + f_1 R \cdot \operatorname{ctg}(0,5 \gamma)]$
Гайкой по неподвижной резьбовой шпильке	плоская кольцевая 	$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + \frac{0,67 f_1 (D_{н.т}^3 - d_{в.т}^3)}{(D_{н.т}^2 - d_{в.т}^2) d_2}};$ $M_{кр} = 0,2 P_3 d_2$
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1. P_3 – сила закрепления заготовки, Н; d_2, $D_{ц}$, $D_{н.т}$, $d_{в.т}$ – соответственно, диаметры средней резьбы и цилиндрического конца винта, наружный и внутренний опорного торца гайки, мм; R – радиус сферы конца винта, мм; α, γ, $\varphi_{пр}$ – углы, соответственно, подъема винтовой линии резьбы, конического углубления пяты, приведенные трения в резьбе, °; f_1 – коэффициент трения между заготовкой и винтом (гайкой), $f_1 \approx 0,16$.</p> <p>2. При откреплении момент $M_{кр}$ необходимо увеличить на 20 %.</p>		

Если $\eta < 0,4$, винтовой ЗМ надежен против самоотвинчивания; в противном случае для винта следует выбрать резьбу с мелким шагом. По найденному значению крутящего момента $M_{кр}$ определяют длину рукоятки ключа по формуле

$$L = \frac{M_{кр}}{P},$$

где P – сила воздействия на рукоятку, $P = 147 \dots 196$ Н.

При использовании в конструкции приспособления Г-образного прихвата, представленного на рисунке 1, для определения силы закрепления P_3 можно использовать формулу

$$P_3 = (Q - q)(1 - 3fL/H),$$

где Q – сила, которую необходимо приложить к прихвату, Н; q – сила сопротивления пружины, Н; f – коэффициент трения на торце гайки, $f = 0,1 \dots 0,15$; L – расстояние между точкой приложения силы к прихвату и силы закрепления, мм; H – рабочая длина прихвата, мм.

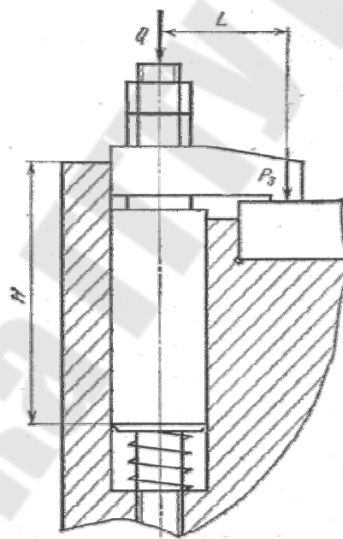
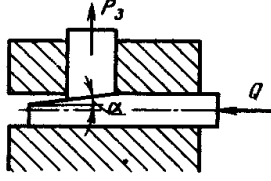
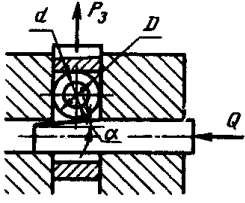
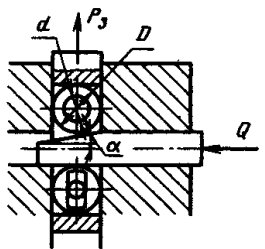
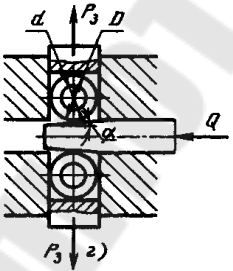


Рисунок 1 – Расчетная схема Г-образного прихвата

При использовании в конструкции приспособления клиновых и клиноплунжерных элементарных зажимных механизмов для определения передаточных отношений сил i_c и перемещений $i_{п}$ можно воспользоваться данными таблицы 6.

Рычажные элементарные зажимные механизмы применяют в сочетании с другими ЗМ или в качестве механизмов-усилителей пневматических зажимов. Схемы рычажных ЗМ и расчетные формулы представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Передаточные отношения сил и перемещений клиновых и клиноплунжерных элементарных зажимных механизмов

Схема механизма	Передаточное отношение сил i_c при угле скоса клина α , °							
	2	5	8	10	12	15	20	25
<p>С одноопорным плунжером без ролика</p> 	4,1	3,3	2,7	2,5	2,2	1,9	1,7	1,3
<p>С двухопорным плунжером и одним роликом</p> 	5,4	4,2	3,4	3,0	2,7	2,3	1,8	1,5
<p>С двухопорным плунжером и двумя роликами</p> 	7,4	5,3	4,1	3,5	3,1	2,6	2,0	1,6
<p>Двухплунжерный с роликами на наклонных плоскостях</p> 	11,5	7,0	5,1	4,2	3,5	2,9	2,2	1,7
<p>Передаточное отношение перемещений $i_{\pi} = \text{ctg}\alpha$ (для всех схем)</p>	28,64	11,43	7,12	5,67	4,71	3,73	2,75	2,15

Диаметр опоры d и ширина рычага B связаны соотношением

$$B = d \geq 0,23\sqrt{R},$$

где d – диаметр опоры, мм; B – ширина рычага, мм; R – реакция в опоре, Н.

Таблица 7 – Схемы рычажных ЗМ и расчетные формулы

Схема рычажного ЗМ	Расчетные формулы
	$R = Q + P_3; \quad Q = \frac{P_3 l_2}{l_1 \eta}$
	$R = \sqrt{Q^2 + P_3^2}; \quad Q = \frac{P_3 l_2}{l_1 \eta}$
	$R = Q - P_3; \quad Q = \frac{P_3 l_2}{l_1 \eta}$
	$R = P_3 - Q; \quad Q = \frac{P_3 l_2}{l_1 \eta}$
<p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> P_3, Q, R – соответственно, известная сила закрепления заготовки, сила на приводе и реакция в опоре, Н; l_1 и l_2 – плечи, мм; η – КПД, $\eta = 0,85 \dots 0,95$. На эскизах показана реакция P_3 со стороны закрепленной заготовки. 	

В конструкциях приспособлений достаточно часто применяют пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, магнитные, электромагнитные, вакуумные, электромеханические приводы.

Пневмоприводы бывают поршневые и мембранные, их подразделяют на стационарные, встроенные и вращающиеся, различают также пневмоцилиндры одностороннего и двустороннего действия. Встроенные пневмоцилиндры применяют в приспособлениях, компоновка которых не позволяет использовать стандартизованные цилиндры. Размерный ряд диаметров встроенных цилиндров: 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250 мм. Длина хода поршня у цилиндров диаметром от 63 до 125 мм равна диаметральному размеру, а у цилиндров диаметром 160...250 мм равна 200 мм. В них применяют сжатый воздух давлением 0,63 МПа.

Диаметр поршневого цилиндра одностороннего действия, используемого для закрепления заготовки, определяют из зависимости

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P_3 + P_0 + js}{p}},$$

где P_3 – сила закрепления заготовки, Н; P_0 – сила предварительного натяжения пружины, Н; j – жесткость пружины, Н/мм; s – ход поршня, мм; p – избыточное (по манометру) давление сжатого воздуха, МПа.

Диаметр поршневого цилиндра двустороннего действия

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P_3}{p}}.$$

Гидроприводы приспособлений работают при давлении рабочей жидкости (масла) до 15 МПа. Источники подачи масла размещают вне приспособлений, а гидродвигатели – в приспособлениях. С помощью гидроцилиндров просто реализуются многоточечные схемы закрепления заготовок. Различают гидроцилиндры одностороннего и двустороннего действий, со сплошным и полым штоками.

Диаметр гидроцилиндра одностороннего действия и силу на штоке рассчитывают по формулам:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P_c + cx}{p\eta_{\text{мех}}}}; \quad P_c = 0,785D^2 p\eta_{\text{мех}} - cx,$$

где D – диаметр цилиндра, мм; P_c – сила на штоке, Н; p – давление масла, МПа; c – жесткость пружины, Н/мм; x – ход пружины, мм; $\eta_{\text{мех}}$ – механический КПД, $\eta_{\text{мех}} \leq 0,93$.

Для гидроцилиндра двустороннего действия с подачей масла в поршневую полость:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P_c}{p\eta_{\text{мех}}}}; \quad P_c = 0,785D^2 p\eta_{\text{мех}}.$$

Для гидроцилиндра двустороннего действия с подачей масла в штоковую полость:

$$D = \sqrt{\frac{1,27P_c}{p\eta_{\text{мех}}} + d^2}; \quad P_c = 0,785(D^2 - d^2)p\eta_{\text{мех}},$$

где d – диаметр штока, мм.

Более подробную информацию по расчетам нерассмотренных приводов и механизмов можно найти в [1], [2], [7], [23], [31].

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], [7], [23].

2.2 Контрольное приспособление

2.2.1 Назначение и описание работы приспособления

Данный пункт пояснительной записки выполняется аналогично соответствующему пункту для станочного приспособления. То есть приводится 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 можно определить по формуле [33]:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2},$$

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

В курсовом проекте рекомендуется принимать погрешность измерения в пределах 10...20 % поля допуска (изделия средней ответственности) и при расчете точности приспособления пользоваться формулой

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

где Δ_1 – погрешность, свойственная данной системе измерения, мм; Δ_2 – погрешность установки, мм; Δ_3 – погрешность настройки приспособления по эталону, мм; δ – допуск на измеряемый параметр, мм.

Погрешность, свойственная данной системе измерения Δ_1 , 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) [7].

Погрешность установки Δ_2 определяется по формуле [6], [24], [25], [29]:

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

где ε_6 – погрешность базирования, мм; ε_3 – погрешность закрепления, мм; $\varepsilon_{\text{и}}$ – погрешность износа (изготовления) опор измерительного устройства приспособления, мм.

Составляющие ε_{σ} , ε_{Δ} и $\varepsilon_{и}$ определяются аналогично, как и для станочного приспособления с использованием соответствующих справочных данных [2], [7].

Погрешность настройки приспособления по эталону Δ_3 определяется точностью (кавалитетом) изготовления эталона и погрешностью установки измерительного наконечника прибора. Последнюю составляющую ввиду ее малого значения можно не учитывать, и 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 [9], [28]. 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 обоснование выбранного материала, и по указанию руководителя проекта выполняются необходимые расчеты элементов инструмента, используя литературу [1], [2], [30].

ВЫВОДЫ

В этой части пояснительной записки в краткой форме излагаются особенности и оригинальность курсового проекта, отличия разработанного технологического процесса от базового, применение новых технологических методов обработки. Отмечается применение современной прогрессивной технологии и оборудования, механизирован-

ных и автоматизированных систем обработки, новых решений при конструировании технологического оснащения.

ЛИТЕРАТУРА

Приводится список используемой при выполнении курсового проекта литературы. При ссылке в тексте на источник информации приводится порядковый номер источника по списку литературы, заключенный в квадратные скобки.

ПРИЛОЖЕНИЯ

В приложения выносятся информация, имеющая относительно самостоятельное от пояснительной записки значение. В курсовом проекте такой информацией является разработанный технологический процесс (комплект документов на технологический процесс механической обработки) и спецификации станочного, контрольного приспособлений в соответствии с содержанием конструкторского раздела.

Литература

1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л. : 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. / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 920 с.

4 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 912 с.

5 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 3. – 864 с.

6 Горбачев, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / А. Ф. Горбачев, В. А. Шкред. – 5-е изд. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

7 Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учеб. пособие. – Минск : Выш. шк., 1986. – 238 с.

8 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.] ; под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск : Изд-во Гревцова, 2010. – 400 с.

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

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

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

12 Мельников, Г. Н. Проектирование механосборочных цехов : учебник / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

23 Технологическая оснастка / М. Ф. Пашкевич [и др.]. – Минск : Адук. і выхав., 2002. – 320 с.

24 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.

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

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

27 Режимы резания металлов : справочник / под ред. А. Д. Корчемкина. – М. : НИИАвтопром, 1995. – 456 с.

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

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

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

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

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

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

34 Ящерицын, П. И. Металлорежущие станки / П. И. Ящерицын, В. Д. Ефремов В. Д. ; под ред. А. И. Кочергина. – Минск : БГАТУ, 2001. – 446 с.

Перечень ГОСТов, используемых при курсовом проектировании

35 ГОСТ 977–88. Отливки стальные. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 57 с.

36 ГОСТ 1412–85. Отливки из серого чугуна.

37 ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 54 с.

38 ГОСТ 8479–70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия.

39 ГОСТ 21495–76. Базирование и базы в машиностроение. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 36 с.

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

41 ГОСТ 3.1107–81 ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.

42 ГОСТ 3.1118–82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 14 с.

43 ГОСТ 3.1404–85 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 54 с.

44 ГОСТ 14.201–83. Обеспечение технологических требований конструкции изделий. Общие требования.

Содержание

СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	4
1.1 Назначение и конструкция обрабатываемой детали	4
1.2 Определение типа производства и его характеристика	5
1.3 Анализ технологичности конструкции детали	11
1.3.1 Качественный анализ технологичности конструкции детали	12
1.3.2 Количественный анализ технологичности конструкции.....	13
1.4 Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки	14
1.5 Анализ базового и технико-экономическое обоснование предлагаемого вариантов технологического процесса обработки детали.....	15
1.6 Расчет припусков на обработку	17
1.7 Расчет режимов резания	17
1.8 Техническое нормирование.....	23
1.9 Выбор оборудования и расчет его количества	23
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	24
2.1 Станочное приспособление	25
2.1.1 Назначение и описание конструкции приспособления	25
2.1.2 Расчет приспособления на точность	26
2.1.3 Расчет необходимого усилия зажима.....	27
2.1.4 Расчет элементов приспособления на прочность.....	38
2.2 Контрольное приспособление	38
2.2.1 Назначение и описание работы приспособления.....	38
2.2.2 Расчет приспособления на точность	39
2.3 Режущий инструмент	40
2.4 Вспомогательный инструмент	40
ВЫВОДЫ	40
ЛИТЕРАТУРА	41
ПРИЛОЖЕНИЯ	41
Литература	42

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Кульгейко Михаил Петрович
Дмитриченко Евгений Эдуардович
Рогов Сергей Викторович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *А. В. Власов*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 18.06.14.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,82.

Изд. № 63.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48