

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Гидропневмоавтоматика»

Г. С. Кульгейко, А. В. Петухов

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИДРОПНЕВМОПРИВОДОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к курсовой работе по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 01 07
«Гидропневмосистемы мобильных
и технологических машин»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2013

УДК 621.002(075.8)
ББК 34.5я73
К88

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 09.01.2012 г.)*

Рецензент: канд. экон. наук, доц. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого
Э. И. Дмитриченко

Кульгейко, Г. С.
К88 Технология изготовления гидropневмоприводов : метод. указания к курсовой работе по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. и заоч. форм обучения / Г. С. Кульгейко, А. В. Петухов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 119 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.

Изложены цели и задачи курсовой работы, даны материалы, необходимые для выполнения и оформления, представлен график выполнения работы.

Для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.002(075.8)
ББК 34.5я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2013

1. Цели и задачи курсовой работы

Качество технической подготовки производства (включающей в себя конструкторскую и технологическую подготовку) является одним из определяющих факторов надежности пневмо- и гидравлических приводов, рассмотрение вопросов его повышения занимает центральное место в процессе подготовки высококвалифицированных специалистов в данной области. В связи с этим в учебном процессе предусмотрена курсовая работа по технологии изготовления гидропневмооборудования. Она выполняется на завершающем этапе изучения курса и ставит своей целью приобретение студентами практических навыков в области технологического проектирования при подготовке производства новых или модернизированных изделий.

Основными задачами учебного технологического проектирования являются:

1. Привитие студентам навыков в проведении технологического анализа на стадии разработки технологического процесса изготовления изделия;

2. Обучение проектированию технологических процессов механической обработки деталей гидропневмооборудования, грамотный выбор методов обработки поверхностей деталей, металлорежущих станков, режущих и мерительных инструментов;

3. Приобретение опыта в разработке конструкций приспособлений, режущих и мерительных инструментов.

В процессе выполнения курсовой работы студент обязан:

1. Проявить навыки применения теоретического курса на практике при решении конкретных задач технологического проектирования;

2. Разработать с применением программных и технических средств САПР для условий, оговоренных информационной базой технологического проектирования, технологический процесс, выбрать для него необходимое оборудование, приспособления, режущий, мерительный и вспомогательный инструмент;

3. Осуществлять нормирование операций механической обработки в процессе проектирования технологического процесса;

4. Разработать конструкцию одной единицы технологической оснастки;

5. Экономически обосновать эффективность разработанного варианта технологического процесса;

6. Четко и логично изложить в расчетно-пояснительной записке свои суждения, доводы, обоснования и предложения.

В процессе выполнения курсовой работы студент имеет право:

1. На получение консультаций по вопросам, возникающим в процессе курсового проектирования;

2. На досрочную защиту курсовой работы в случае качественного выполнения полного объема проектных работ ранее срока, установленного графиком;

3. На получение информации о результатах анализа качества выполнения курсовой работы.

Выполнение курсовой работы производится по конкретному заданию. В основу разрабатываемого технологического процесса закладывается уже реализованный процесс на одном из предприятий промышленности, типовой или перспективный технологический процесс, а также технологический процесс разработанный студентом в ходе выполнения практических работ по дисциплине.

В процессе выполнения курсовой работы студент может воспользоваться рекомендациями предприятия и, используя программные и технические средства САПР, разработать технологический процесс, обеспечивающий повышение эффективности и качества продукции.

2. Объем курсовой работы

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки, в объеме 19 – 32 листов формата А4, 2-х листов графического материала формата А1. Технологический процесс оформляется на технологических картах и включается в записку в виде приложения.

Расчетно-пояснительная записка с приведенными в приложении технологическими картами является основным документом курсовой работы, графический материал служит иллюстрацией к расчетно-пояснительной записке. Чертежи технологической оснастки имеют самостоятельное значение и показывают уровень усвоения студентом методов конструирования.

Курсовая работа выполняется в определенной последовательности в соответствии с графиком, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

График выполнения курсовой работы

№№ пп	Наименование раздела расчетно-пояснительной записки	Графиче- ская часть	% выполне- ния этапа	% выполне- ния проекта в нарастающем итоге
1.	Получение задания, постановка задачи проектирования			
2.	Анализ норм точности и технологичности изделия	Чертеж детали	15	15
3.	Обоснование программы и типа производства		5	20
4.	Выбор вида заготовки и экономическое обоснование	Чертеж заготовки	5	25
5.	Выбор технологических (баз и определение последовательности (маршрута) обработки		5	30
6.	Расчет припусков на обработку		5	35

Продолжение таблицы 1

№№ пп	Наименование раздела расчетно-пояснительной записки	Графическая часть	% выполнения этапа	% выполнения проекта в нарастающем итоге
7.	Разработка технологического процесса изготовления детали	Графическое изображение технологического процесса	30	60
8.	Расчет и конструирование технологической оснастки	Сборочный чертеж оснастки	25	85
9.	Технико-экономическое обоснование технологического процесса		11	95
10.	Выводы и предложения. Литература		5	100
11.	Защита курсовой работы			

3. Содержание расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе оформляется в соответствии с общими требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.105 – 68. Текстовую часть записки необходимо оформлять черными чернилами (черной пастой) на бланках формата А4 с рамками и основной надписью по ГОСТ 2.106 – 68 (формы 5 и 5а).

Расчетно-пояснительная записка должна состоять из расчетов, выполненных по проекту, с необходимыми обоснованиями и пояснениями по принятым решениям.

Не допускается переписка из учебников общих определений или формулировок.

Расчетно-пояснительная записка должна начинаться титульным листом, далее, в записке помещается задание на курсовое проектирование, выданное студенту. Бланк задания – обязательный документ,

на основании которого можно судить о правильности и полноте разработки вопросов, поставленных перед проектантом.

Затем идет содержание, в котором должны быть отражены все пункты настоящего раздела.

Введение

В этом пункте приводятся сведения о задачах отрасли, проблемах на пути их решения и перспективах преодоления этих проблем. Дается краткая характеристика состояния производственного процесса на машиностроительном заводе. Определяется задача курсового проектирования. На описание данного пункта в расчетно-пояснительной записке отводится 1 – 2 страницы.

3.1. Технологический раздел

3.1.1. 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. 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 [3,7]. 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].

В методических указаниях рассмотрен сквозной пример разработки отдельных подразделов курсовой работы для детали обойма РП70-014, представленной на рисунке 1.1.



Рис. 1.2. Чертеж распределителя и секции распределителя трехсекционного РП 70

Для изготовления детали обойма РП70-014 используется круглый калиброванный прокат 32-h11, 45Х-Б ГОСТ 1051-73. Химический состав стали 45Х представлен в таблице 1.1, а механические свойства проката из термически обработанной легированной стали представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.1

Химический состав стали 45Х ГОСТ 4543-71

Углерод С	Хром Cr	Кремний Si	Марганец Mn	Фосфор Р, не более	Сера S, не более
0,42÷0,50	1,4÷1,6	0,17÷0,37	0,50÷0,80	0,04	0,04

Таблица 1.2

Механические свойства проката из термически обработанной легированной стали марки 45Х (по ГОСТ 4543-71)

Термообработка				σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²
закалка		отпуск						
темпе- ратура, °С	среда охлаж- дения	темпе- ратура, °С	среда охлаж- дения					
840	масло	520	вода или масло	835	1030	9	45	49

Сталь с данным химическим составом и механическими свойствами подходит для изготовления детали обойма РП70-014.

3.1.2. Определение типа производства

Тип производства по ГОСТ 3.1119-83 характеризуется коэффициентом закрепления операций [3]. Определить возможное число операций для каждого станка, участвующего в технологическом процессе изготовления детали по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

где O_i – число различных операций за один месяц по участку, закреплённых за рабочим местом, шт.;

P_i – число рабочих мест (число единиц технологического оборудования), на которых выполняются различные операции, шт.;

n – число операций в технологическом процессе, шт.

Коэффициент закрепления операций (отношение суммарного числа различных технологических операций, выполняемых в течение одного месяца, к числу рабочих мест), согласно РД 50-174-80 равен

для массового производства – $K_{3,0} = 1$

для крупносерийного производства – $1 < K_{3,0} < 10$

для среднесерийного производства – $10 < K_{3,0} < 20$

для мелкосерийного производства – $20 < K_{3,0} < 40$

для единичного производства – $K_{3,0}$ – не регламентируется.

Для определения коэффициента закрепления операций необходимо выполнить расчет в следующей последовательности:

Определить количество станков по формуле

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_D},$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на операцию, мин.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

N – объём выпуска изделий, шт/год.

Определить возможное число операций для каждого станка, участвующего в технологическом процессе изготовления детали по формуле:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}}$$

где $\eta_{з.н}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования; можно принять для условий крупносерийного ; среднесерийного и мелкосерийного производства соответственно $k_{з.н} = 0,75; 0,8; 0,9$.

$\eta_{з.ф}$ – фактический коэффициент загрузки оборудования
 $k_{з.ф}$ вычисляется по формуле

$$\eta_{з.ф} = \frac{C_{Pi}}{C_{при}}$$

где C_{Pi} и $C_{при}$ – соответственно расчётное и принятое число рабочих мест (число единиц, технологического оборудования), шт.

Расчётное число рабочих мест

$$C_{Pi} = T_{шти} / \tau,$$

где $T_{шти}$ – штучно-калькуляционное время выполнения i -той операции;

τ – такт выпуска, мин/шт;

$$\tau = 60 \cdot \Phi_{д} / N ,$$

Следовательно, такт выпуска равен

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_{д}}{N}, \text{ мин/шт.}$$

Формы организации технологических процессов в соответствии с ГОСТ 14.312-74 зависят от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования, количества изделий и направления их движения при изготовлении. Существуют две формы организации технологических процессов – групповая и поточная.

В серийном типе производства, как правило, используется групповая форма организации производства, где запуск изделий производится партиями с определенной периодичностью.

Количество деталей в партии для одновременного запуска n , шт., определяют по формуле [3]

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \text{ шт}$$

где N - годовая программа выпуска, шт.;

a - периодичность запуска, дней; $a=3; 6; 12; 24$ дня;

F - число рабочих дней в году.

Приведенная выше формула позволяет приблизительно определить размер партии, который должен быть в дальнейшем скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства.

Корректировка величины партии осуществляется следующим образом:

а) число смен $C = 1$ смена, на обработку всей партии деталей на основных рабочих местах;

б) определяется принятое число деталей в партии $n_{пр}$, шт

$$n_{пр} = \frac{C_{пр} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{штср}}$$

где 480 - расчетный фонд времени работы станка в смену, мин;

0,8 - коэффициент загрузки станка.

б. В случае несовпадения $K_{з.о}$ с предварительно предполагаемым типом производства необходимо повторить расчет задавшись

новым значением планируемого нормативного коэффициента загрузки станка всеми закрепленными за ним одноподобными операциями K_H .

7. В случае совпадения $K_{3.0}$ с предварительно предполагаемым, проанализировать полученный результат, сделать вывод о типе производства.

На описание данного пункта в расчетно-пояснительной записке отводится 1-2 страницы.

Пример.

Исходными данными для определения типа производства являются:

- годовая программа $N = 20000$ штук в год;
- режим работы – односменный;
- годовой фонд времени работы оборудования $F_d = 2024$ час.

Определяем количество станков по формуле, для вертикально-фрезерной операции

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d} = \frac{2000 \cdot 1,61}{60 \cdot 2024} = 0,265 \text{ шт.}$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на операцию, мин.;

Расчеты по определению типа производства вносим в таблицу 1.3. После определения количества станков устанавливаем принятое число рабочих мест P , округляя до ближайшего большего целого числа полученное значение m_p .

Далее по каждой операции вычисляем значение фактического коэффициента загрузки рабочего места, для вертикально-фрезерной операции

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,265}{1} = 0,265.$$

Если $\eta_{з.ф}$ операции оказывается выше нормативного, следует увеличить для данной операции количество станков. Если же на каких-то операциях $\eta_{з.ф}$ значительно ниже нормативного, следует проанализировать возможность дозагрузки рабочего места другими, примерно равноценными по трудоемкости, операциями.

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определяется по формуле, для вертикально-фрезерной операции

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}} = \frac{0,8}{0,265} \text{ шт.}$$

где $\eta_{з.н}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования.

Средние значения нормативного коэффициента загрузки оборудования по отделению или участку цеха следует принимать: для мелкосерийно-

го производства – 0,8...0,9; серийного – 0,75...0,85; массового и крупносерийного – 0,65...0,75. На данном этапе для расчетов примем $\eta_{з.н} = 0,75$.

Производим вычисления по приведенным формулам для всех операций и полученные данные значения заносим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Определение типа производства

Наименование операции	$T_{шт-к}$, мин.	m_p , шт.	$C_{пр}$, шт.	$\eta_{з.ф}$	O , шт.
Вертикально-фрезерная	1,61	0,265	1	0,265	2
Токарная с ЧПУ	14,90	2,454	3	0,818	1
Токарная с ЧПУ	4,52	0,744	1	0,744	1
Вертикально-сверлильная	1,25	0,206	1	0,206	3
Вертикально-сверлильная	1,14	0,188	1	0,188	3
Токарно-винторезная	1,92	0,316	1	0,316	2
Круглошлифовальная	1,95	0,321	1	0,321	2
Круглошлифовальная	1,70	0,280	1	0,280	2
Итого	28,99	—	10	—	16

Как видно из расчетов для выполнения второй операции «токарная с ЧПУ» необходимо три станка для выполнения годового объема выпуска.

Коэффициент закрепления операций будет равен

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{16}{10} = 1,6.$$

Следовательно, производство крупносерийное, так как $1 < K_{з.о} < 10$. Для крупносерийного производства необходимо определить размер партии деталей для одновременного запуска.

Количество деталей в партии для одновременного запуска предварительно определим упрощенным способом по формуле

$$n = \frac{N \cdot a}{253}$$

где a – периодичность запуска в днях, принимаем $a=3$ дня;
253 – число рабочих дней в году.

$$n = \frac{20000 \cdot 3}{253} = 237 \text{ шт.}$$

Размер партии должен быть скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства (его целесообразно принимать не менее сменной выработки). Корректировка размера партии состоит в опре-

делении расчетного числа смен на обработку всей партии деталей на основных рабочих местах

$$c = \frac{T_{\text{шт-к ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,8},$$

Где $T_{\text{шт-к ср}}$ – среднее штучно-калькуляционное время по основным операциям, мин.;

476 – суточный фонд времени работы оборудования (при односменном режиме работы).

$$T_{\text{шт-к ср}} = \frac{28,99}{8} = 3,62 \text{ мин.}$$

Тогда получим следующее значение расчетного числа смен

$$c = \frac{3,62 \cdot 237}{476 \cdot 0,8} = 2,25 \text{ смены.}$$

Округляем до целого числа $c_{\text{пр}}=3$ смены, тогда скорректированное значение размера партии деталей будет равно

$$n = \frac{476 \cdot c_{\text{пр}} \cdot 0,8}{T_{\text{шт-к ср}}} = \frac{476 \cdot 3 \cdot 0,8}{3,62} = 315 \text{ шт.}$$

Для удобства планирования и расчетов принимаем размер партии деталей $n=300$ шт.

3.1.3. Анализ технологичности конструкции детали

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ – один из важнейших этапов технологической разработки.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции обрабатываемой детали, сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высоко-производительными методами. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения.

При современном уровне производства гидropневмоприводов разработка их конструкций должна базироваться как на удовлетворении требований служебно-эксплуатационного характера, так и производственных требований, обусловленных возможностью применения высокопроизводительных и рентабельных технологических процессов изготовления гидropневмоприводов с учетом конкретных условий и объема производства.

Основным критерием технологичности конструкции является ее экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства, эксплуатации и ремонта, а также отсутствии вредных воздействий на окружающую среду.

Анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности [3,17,19]:

1. С учетом функционального назначения изделия, в которое входит деталь, а также предложенного годового выпуска проанализировать возможность и целесообразность замены материала, упрощения конструкции детали, применение сварного или сборного варианта. Учитывая, что изделия гидрооборудования работают при значительных давлениях жидкости к вопросу выбора материала следует подходить с особой тщательностью, так как обоснование выбора материалов, их обрабатываемость в значительной степени определяют как технологический процесс так и надежность изделий. Следует учитывать, что использование поверхностного упрочнения наклепом, цементацией, азотированием и другими физико-механическими методами, позволяет получить у обыкновенных конструкционных материалов высокие эксплуатационные показатели и отказаться от использования высоколегированных сталей.

Кроме, этого во многих изделиях гидропневмооборудования используются различной конструкции золотниковые, плунжерные и распределительные пары, которые в основном и определяют надежность и долговечность гидроагрегатов. Отсюда следует, что правильный подбор для этих пар материалов, технологического процесса получения заготовки и обработки деталей, определяют работоспособность как золотниковых, плунжерных и распределительных пар, так и агрегатов в целом, определяют их экономическую эффективность.

2. Проанализировать с учетом технических и экономических факторов (деталь должна быть достаточно жесткой для применения прогрессивных режимов обработки) возможность выбора рационального метода получения заготовки.

3. Рассмотреть отсутствие технологических трудностей при обработке детали, связанных с ее базированием.

4. Рассмотреть возможность обработки нескольких поверхностей, отверстий с одной установки.

5. Рассмотреть возможность обработки плоскостей, а также растачиваемых отверстий на проход.

6. Рассмотреть возможность замены обрабатываемых поверхностей, расположенных под острым или тупым углом, на поверхности, расположенные под прямым углом или параллельно.

7. Рассмотреть целесообразность назначения протяженности обрабатываемых поверхностей.

8. Рассмотреть возможность замены глухих отверстий сквозными.

9. Рассмотреть удобство подвода к обрабатываемой поверхности режущего инструмента и отвода его после окончания обработки и другие факторы, способствующие интенсификации технологического процесса.

10. Рассмотреть конструкцию детали (конструктивные элементы, выбор материала и др.), исходя из условий ее термообработки.

11. Рассмотреть технологическую увязку размеров и требований, оговоренных допусками и технологическими условиями, шероховатость обрабатываемых поверхностей, увязав их с возможностями металлообрабатывающего оборудования.

12. Определить необходимость дополнительных технологических операций для получения точности и шероховатости поверхностей, оговоренных требованиями чертежа.

13. Рассмотреть возможность проведения необходимых измерений, определение размеров, согласно требованиям чертежа.

На основании анализа технологичности студент должен сформулировать общие задачи для разработки технологического процесса. На описание данного пункта в расчетно-пояснительной записке отводится 1-2 страницы.

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 18131-73)

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}}$$

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

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

где $Ш_i$ - значение параметра Ra шероховатости i -ой обрабатываемой поверхности, мкм;

n_i - поверхностей, имеющих шероховатость поверхности равную i -ому значению.

По коэффициенту шероховатости деталь технологична, если $K_{Ш} < 0,32$.

- коэффициент точности $K_{ТЧ}$ (по ГОСТ 18831-73)

$$K_{ТЧ} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

где T_{cp} - средний квалитет точности обработки

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

где T_i - квалитет точности i -ой поверхности;

n_i - число размеров i -го квалитета точности.

По коэффициенту точности деталь технологична, если $K_{ТЧ} > 0,8$
коэффициент использования материала $K_{ИМ}$

$$K_{ИМ} = \frac{q}{Q},$$

где $M_{я}$ - масса готовой детали, кг;

Деталь считается технологичной, если коэффициент 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.

Пример. Деталь – обойма РП70-014 – изготавливается из калиброванного проката из стали 45Х. На предварительном этапе обработки заготовка относится ко второй группе 156...241 НВ в соответствии с ГОСТ 8479-70. Далее после предварительной обработки деталь подвергается термической обработке до твердости 50...54 НРС. Наиболее ответственной поверхностью детали является центральное отверстие $\varnothing 16,2D11^{(+0,16/+0,05)}$

с шероховатостью Ra 3,2 мкм. В данном отверстии перемещается золотник с шариками, поэтому предъявляются достаточно высокие требования к шероховатости поверхности. С точки зрения точности к детали не предъявляются высокие требования, но предъявляются достаточно высокие требования по шероховатости. Так канавки и торцевые поверхности в которые устанавливаются уплотнительные кольца должны иметь шероховатость Ra не выше 3,2 мкм, а для торцевого уплотнения Ra 2,5 мкм. Это необходимо для предотвращения повреждения уплотнений при работе детали в составе распределителя. На наружной поверхности детали необходимо произвести обработку резьбового участка с метрической резьбой с мелким шагом М30×1,5-8g.

При обработке детали необходимо обеспечить требования радиального и торцевого биения канавок и торца относительно центрального отверстия (база Д). Эти требования выполняются обработкой перечисленных поверхностей с использованием одной схемы базирования (принцип постоянства баз) или с одной установки.

Деталь подвергается покрытию: Хим. Окс. прм.

В качестве количественных показателей при выполнении курсовой работы будем рассматривать массу детали, коэффициент использования материала, коэффициент точности обработки и коэффициент шероховатости поверхностей.

Коэффициент использования материала детали определяется по формуле

$$K_{ИМ} = \frac{q}{Q},$$

где q – масса детали, $q = 0,205$ кг;

Q – масса заготовки, $Q = 0,33$ кг.

Тогда коэффициент использования материала будет равен

$$K_{ИМ} = \frac{0,205}{0,33} = 0,621.$$

Данный коэффициент незначительно ниже нормативного, но повысить его достаточно сложно, так как центральное отверстие имеет небольшой диаметр и достаточно большую длину.

Коэффициент точности определяется по формуле

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

где T_{cp} – среднее значение качества точности.

Среднее значение качества точности определяется по формуле

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

где T_i – значение качества точности;
 n_i – количество поверхностей с данным качеством точности.
 Данные для расчета коэффициента точности сводим в таблицу 1.4.

Таблица 1.4

Определение коэффициента точности

Квалитет T_i	Количество поверхностей n_i	$T_i \times n_i$
9	1	9
10	1	10
11	2	22
12	5	60
14	18	252
Итого	27	353

Тогда получим

$$T_{\text{ср}} = \frac{353}{27} = 13,07;$$

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{13,07} = 0,923.$$

Коэффициент шероховатости определяется по формуле

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}},$$

где $\text{Ш}_{\text{ср}}$ – среднее значение шероховатости.

Среднее значение шероховатости определяется по формуле

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

где Ш_i – значение параметра шероховатости Ra ;

n_i – количество поверхностей с данной шероховатостью.

Данные для расчета коэффициента шероховатости сводим в таблицу

1.5.

Таблица 1.5

Определение коэффициента шероховатости

Шероховатость Ш_i	Количество поверхностей n_i	$\text{Ш}_i \times n_i$
$Ra\ 2,5$	6	15
$Ra\ 3,2$	10	32
$Ra\ 6,3$	1	6,3
$Ra\ 12,5$	10	125
Итого	27	178,3

Тогда получим

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{178,3}{27} = 6,60;$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{6,60} = 0,152.$$

Так как коэффициент точности $K_{\text{тч}} > 0,8$ и коэффициент шероховатости $K_{\text{ш}} < 0,32$, то можно сделать вывод, что к детали обойма РП70-014 не предъявляется высоких требований по точности и шероховатости. В целом деталь является достаточно технологичной.

3.1.4. Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки

Выбор технологического процесса получения заготовки и метода ее формообразования определяется следующими факторами:

1) технологическими свойствами материала, т.е. его литейными свойствами или способностью претерпевать пластические деформации при обработке давлением, а также структурными изменениями материала в результате применения того или иного способа изготовления заготовки (расположение волокон в поковках, величина зерна в литых деталях и т.п.);

2) конструктивными формами и размерами детали (чем больше деталь, тем дороже обходится изготовление металлических форм, штампов и т.п.);

3) требуемой точностью выполнения заготовки и качеством ее поверхности (шероховатость поверхности, наклеп, остаточные напряжения и т.п.);

4) величиной программного задания (при больших партиях наиболее выгодны способы, которые обеспечивают наибольшее приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам детали: точная штамповка, литье под давлением и т.п.);

5) производственными возможностями заготовительных цехов (наличием соответствующего оборудования);

6) временем, затрачиваемым на подготовку производства (изготовление штампов, моделей, пресс-форм и т.п.);

7) возможностью быстрой переналадки оборудования и оснастки, особенно при работе на переменнo-поточных линиях, характерных для автоматизированного производства.

Общие рекомендации по выбору заготовки сводятся к следующему.

Корпусные коробчатые детали закрытого типа, в которых монтируют рабочие механизмы и узлы машин (корпуса двигателей и передаточных механизмов, станины, коробки и цилиндры), независимо от типа производства целесообразно изготавливать литьем.

Корпусные коробчатые детали открытого типа, а которых монтируют рабочие механизмы и двигатели (рамы, корпуса), а также детали, связывающие отдельные узлы машин и одновременно (частично) выполняющие функции корпусных, но с меньшими размерами (кронштейны, траверсы), при серийном производстве целесообразно изготавливать литьем. В мелкосерийном и единичном производстве их рациональнее изготавливать сварными.

Зубчатые колеса, маховики, блоки, ступицы, корпуса и крышки подшипников, тройники, рычаги, серьги в серийном производстве изготавливают литьем преимущественно в тех случаях, когда их нерентабельно изготавливать штамповкой на высокопроизводительном оборудовании; в мелкосерийном и единичном производстве их выполняют литьем.

Гладкие и ступенчатые валы, стаканы, втулки, кольца в серийном и единичном производстве целесообразно изготавливать из проката (сортового, листового и трубного);

Балки, кронштейны, плиты в серийном и единичном производстве целесообразно изготавливать из сортового проката (уголки, швеллеры, балки) с применением, если необходимо, сварки.

Главным критерием, определяющим выбор способа получения заготовки, является его технико-экономическая целесообразность (точность, качество поверхности, производительность, коэффициент использования материала, себестоимость и др.). Рекомендации по выбору материалов и заготовок, приведенные в работах [3], [5], [22], [23,24] дополняются, имеющимися на заводах материалами.

В расчетно-пояснительной записке студент обязан дать краткий анализ существующего на заводе способа получения заготовки, с учетом которого, а также на основании рекомендаций литературы и данных других заводов, предложить более рациональный способ получения заготовки, обосновав предложенный вариант технико-экономическими расчетами.

Выбор наиболее выгодного способа получения заготовки производят по методикам, приведенным в работах [3].

Определение общих припусков на обработку детали ведется по укрупненным нормативам, приведенным в работах [17,24].

На описание данного пункта в расчетно-пояснительной записке отводится 1-2 страницы.

При выборе заготовок возможны следующие варианты:

-способ получения заготовки ее изменяется по отношению 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 отдать 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.

Значения базовых стоимостей методов получения заготовок должны быть приняты на момент выполнения курсовой работы

Пример. Выбор метода получения заготовки определяется:

- технологической характеристикой материала детали, т.е. способностью претерпевать пластические деформации при обработке давлением, а также структурными изменениями материала заготовки, получаемыми в результате применения того или иного метода выполнения заготовки (расположение волокон в поковках);
- конструктивными формами и размерами заготовки;
- требуемой точностью выполнения заготовки, шероховатостью и качеством ее поверхностных слоев;
- величиной объема выпуска и времени, на которое рассчитано выполнение этого задания.

На выбор метода получения заготовки оказывает также большое влияние время подготовки технологической оснастки (изготовление форм), наличие соответствующего технологического оборудования и желаемая степень автоматизации процесса. Причем, выбранный метод должен обеспечить наименьшую себестоимость изготовления детали, т.к. с повышением точности заготовки объем механообработки снижается. Однако при малом объеме выпуска все методы могут оказаться нерентабельными из-за того, что расходы на оснастку для заготовительных процессов экономически не окупаются.

В базовом технологическом процессе в качестве заготовки используется поковка, получаемая штамповкой на горизонтально-ковочной маши-

не, на которых в основном штампуют поковки типа стержня с фланцем, кольца или стакана. Так как штамп состоит из трех частей, напуски на поковках и штамповочные уклоны малы и отсутствуют.

Исходным материалом для штамповки на горизонтально-ковочных машинах обычно служит прокат круглого сечения. Диаметр исходного прутка зависит от конфигурации поковки. Так как операцию протяжки на горизонтально-ковочной машине не производят, площадь поперечного сечения прутка должна быть не больше минимальной площади поперечного сечения поковки. Точность поковок и производительность штамповки не ниже, чем в случае использования кривошипных горячештамповочных прессов. Так как наружная поверхность $\varnothing 32$ мм не подвергается механической обработке, то в качестве исходной заготовки используется калиброванный прокат круглого сечения $\varnothing 32h11$ ГОСТ 7417-75. Штамповка на горизонтально-ковочной машине позволяет высадить фланец с наружным диаметром $\varnothing 56^{+2,5}$, также в дальнейшем не обрабатывается торец и лыски с размером $40 \pm 0,3$.

Стоимость заготовки, получаемой штамповкой на ГКМ, можно определить по формуле

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_P \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000},$$

где C_i – базовая стоимость 1 тонны заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса готовой детали, кг;

k_T, k_C, k_B, k_M, k_P – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;

$S_{\text{отх}}$ – цена 1 тонны отходов, руб.

Тогда стоимость заготовки для базового варианта будет равна

$$S_{\text{заг}}^{\text{б}} = \left(\frac{3450000}{1000} \cdot 0,33 \cdot 1,05 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \cdot 1,12 \cdot 1 \right) - (0,33 - 0,205) \frac{280000}{1000} = 980 \text{ руб.}$$

Также деталь обойма РП70-014 можно изготавливать из проката круглого сечения. При этом ступень $\varnothing 32$, лыски и торец необходимо будет получать обработкой резанием, что приводит к увеличению расхода материала. Себестоимость заготовок из проката определяется по формуле

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{0,3},$$

где M – затраты на материал заготовки, руб.;

$\sum C_{0,3}$ – технологическая себестоимость операций правки, калибрования прутков, резки на штучные заготовки, руб.

Затраты на материал определяются по массе проката, требующегося на изготовление детали, и массе сдаваемой стружки. При этом необходимо учитывать стандартную длину прутков и отходы в результате некратности длины заготовок этой стандартной длине

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000},$$

где Q – масса заготовки, $Q=0,86$ кг;
 S – цена 1 кг материала заготовки, $S=2800$ руб.;
 q – масса готовой детали, $q=0,205$ кг;
 $S_{\text{отх}}$ – цена 1 т отходов, $S_{\text{отх}}=258000$ руб.

$$M = 0,86 \cdot 2800 - (0,86 - 0,205) \cdot \frac{280000}{1000} = 2220 \text{ руб.}$$

Как видно из проведенных расчетов, стоимость заготовки из проката без учета технологической себестоимости операций правки, калибрования прутков, разрезки на штучные заготовки, а также дальнейшей механической обработки выше, чем базового варианта. В связи с этим оставляем метод получения заготовки без изменений, т. е. в качестве заготовки принимаем поковку, получаемую штамповкой на горизонтально-ковочной машине.

3.1.5. Анализ базового и технико-экономическое обоснование предлагаемого варианта технологического процесса обработки детали

Представить перечень последовательности операций механической обработки детали по существующему на предприятии техпроцессу. 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 так же 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 [3,5,20].

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 [3,5].

Разработанная технология обработки детали должна быть представлена в комплекте документов (КД) [31,30].

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

Пример. Базовый технологический процесс механической обработки детали и характеристика применяемого оборудования представлены в таблице 1.6.

На первой вертикально-фрезерной операции на станке с ЧПУ модели 6Р13Ф3 выполняется фрезерование торца детали, тем самым подготавливается технологическая база для выдерживания линейных размеров. Далее на специальном токарном станке с ЧПУ модели СВ141П выполняется обработка поверхностей детали с левой стороны по чертежу, включая сверление, растачивание и развертывание центрального отверстия, а также обработку канавок. На второй операции токарная с ЧПУ на станке модели 16К20Ф3С32 выполняется токарная обработка детали с другой стороны, в

том числе нарезание резьбы. Таким образом, после данных операций обрабатываются основные поверхности детали.

Таблица 1.6

Базовый технологический процесс механической обработки детали обойма РП70-014

Номер и наименование операции	Модель станка	T _{шт-к} , мин.	Цена станка, тыс. руб.	N, кВт	S, м ²
Вертикально-фрезерная	6P13PФ3	1,61	268400	7,5	15,0
Токарная с ЧПУ	СВ141П	14,90	167500	15,0	6,5
Токарная с ЧПУ	16K20Ф3С32	4,52	142400	10,0	5,8
Вертикально-сверлильная	2Н135	1,25	19800	4,0	1,0
Вертикально-сверлильная	2Н135	1,14	19800	4,0	1,0
Токарно-винторезная	16K20	1,92	62300	10,0	3,0
Круглошлифовальная	3Т161Н180	1,95	104700	17,0	17,5
Круглошлифовальная	3Т161Н180	1,70	104700	17,0	17,5

Далее по базовому технологическому процессу механической обработки выполняются две вертикально-сверлильные операции на которых сначала выполняется сверление двух отверстий Ø6,5 мм, а затем – притупление острых кромок на выходе сверла.

После выполнения данных операций следует промывка детали и промежуточный контроль перед термической обработкой. Термическая обработка необходима для придания детали обойма РП70-014 особых физико-механических свойств, в данном случае твердости 50...54 НRC. После выполнения термической обработки необходимо исправить технологические базы, поэтому выполняется слесарная операция по калиброванию отверстия Ø16,2D11 и токарно-винторезная операция по калиброванию резьбы М30×1,5-8g. Затем также осуществляется операция промежуточного контроля перед нанесением покрытия.

На окончательной стадии обработки детали обойма РП70-014 выполняется притирочная операция (отверстие Ø16,2D11) и две круглошлифовальные операции по шлифованию торца и шлифованию поверхности Ø20h10. Далее выполняется слесарная операция по притуплению острой кромки в отверстии, промывка и окончательный контроль.

Принятая последовательность обработки в базовом технологическом процессе позволяет обеспечить требуемую точность и шероховатость поверхностей в детали обойма РП70-014. Согласно проведенным расчетам в п. 1.2, для выполнения операции Токарная с ЧПУ на станке модели СВ141П необходимо три станка. На данной операции выполняется токарная обработка детали с левой стороны по чертежу, в том числе сверление,

расточивание и развертывание отверстия Ø16,2D11. Предлагается в проектируемом варианте механической обработки детали объединить операции по фрезерованию торца на фрезерном станке с ЧПУ и обработку центрального отверстия выполнять на сверлильном станке с ЧПУ на станке модели 2С132ПМФ4 и заменить растачивание на зенкерование. Это позволит обработать центральное отверстие и получить базу для дальнейшей механической обработки. Также на токарных операциях по обработке детали сначала выполним обработку с правой стороны по чертежу, а затем с левой и производим замену оборудования: станок модели СВ141П на станок модели 16К20Ф3С32. Остальные операции механической обработки детали оставляем без изменений. Проектируемый вариант механической обработки детали представлен в таблице 1.7.

Таблица 1.7

Проектируемый технологический процесс механической обработки детали обойма РП70-014

Номер и наименование операции	Модель станка	T _{шт-к} , мин.	Цена станка, тыс. руб.	N, кВт	S, м ²
Сверлильная с ЧПУ	2С132ПМФ4	3,86	340000	7,5	5,0
Токарная с ЧПУ	16К20Ф3С32	4,52	142400	10,0	5,8
Токарная с ЧПУ	16К20Ф3С32	7,28	142400	10,0	5,8
Вертикально-сверлильная	2Н135	1,25	19800	4,0	1,0
Вертикально-сверлильная	2Н135	1,14	19800	4,0	1,0
Токарно-винторезная	16К20	1,92	62300	10,0	3,0
Круглошлифовальная	3Т161Н180	1,95	104700	17,0	17,5
Круглошлифовальная	3Т161Н180	1,70	104700	17,0	17,5

Прежде чем принять решение о методах и последовательности обработки отдельных поверхностей детали и составить технологический маршрут изготовления всей детали, необходимо произвести расчеты экономической эффективности отдельных вариантов и выбрать из них наиболее рациональный для данных условий производства. Критерием оптимальности является минимум приведенных затрат на единицу продукции.

При выборе варианта технологического маршрута приведенные затраты могут быть определены в виде удельных величин на 1 ч работы оборудования. В качестве себестоимости рассматривается технологическая себестоимость, которая включает изменяющиеся по вариантам статьи затрат. Часовые приведенные затраты можно определить по формуле

$$C_{п.з} = C_з + C_{ч.з} + E_n (K_c + K_з),$$

где $C_з$ – основная и дополнительная зарплата с начислениями, руб./час;

$C_{ч.з}$ – часовые затраты по эксплуатации рабочего места, руб./час;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, в машиностроении $E_n=0,15$;

K_c, K_3 – удельные часовые капитальные вложения в станок и здание соответственно, руб./час.

Основная и дополнительная зарплата с начислениями и учетом многостаночного обслуживания рассчитывается по формуле

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{\text{тф}} \cdot k \cdot y,$$

где ε – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, равную 15%, начисления на социальное страхование и отчисления 40% и приработок к основной зарплате в результате перевыполнения норм на 20 %;

$$\varepsilon = 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,3 = 2,184;$$

$C_{\text{тф}}$ – часовая тарифная ставка станочника-сдельщика соответствующего разряда, руб./час;

k – коэффициент, учитывающий зарплату наладчика, для серийного производства $k=1,0$;

y – коэффициент, учитывающий оплату рабочего при многостаночном обслуживании, при обслуживании одного станка $y=1,0$.

Часовые затраты по эксплуатации рабочего места

$$C_{\text{ч.з}} = C_{\text{ч.з}}^{\text{б.п}} \cdot k_m,$$

где $C_{\text{ч.з}}^{\text{б.п}}$ – практические часовые затраты на базовом рабочем месте, руб./час;

k_m – коэффициент, показывающий во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше, чем аналогичные расходы у базового станка.

Капитальные вложения в станок

$$K_c = \frac{Ц}{F_d \cdot \eta_3},$$

где $Ц$ – балансовая стоимость станка, определяемая как сумма оптовой цены станка и затрат на транспортирование и его монтаж, составляющих 10...15% оптовой цены станка, тыс. руб.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы станка, $F_d=2024$ час.;

η_3 – коэффициент загрузки станка, для крупносерийного производства принимаем $\eta_3=0,75$.

Капитальные вложения в здание

$$K_3 = \frac{F \cdot Ц_{\text{зд}}}{F_d \cdot \eta_3},$$

где F – производственная площадь, занимаемая станком с учетом проходов, м^2 ;

$Ц_{\text{зд}}$ – стоимость 1 м^2 производственной площади, руб.

$$F = f \cdot k_f,$$

где f – площадь станка в плане, м^2 ;

k_f – коэффициент, учитывающий проходы, проезды и др.

Технологическая себестоимость операции механической обработки

$$C_o = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_g},$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на операцию, мин.;

k_g – коэффициент выполнения норм, принимаем $k_g=1,3$.

Определяем приведенные часовые затраты на отличающихся операциях механической обработки и технологическую себестоимость выполняемых операций.

Базовый вариант технологического процесса.

Операция 010 Вертикально-фрезерная, станок модели 6P13Ф3

$$C_{з010} = 2,184 \cdot 2800 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 6120 \text{ руб./ час};$$

$$C_{ч.з010} = 5200 \cdot 1,8 = 9360 \text{ руб./ час};$$

$$K_{с010} = \frac{1,1 \cdot 268400000}{2024 \cdot 0,75} = 194490 \text{ руб./ час};$$

$$F_{010} = 15,0 \cdot 2,0 = 30,0 \text{ м}^2;$$

$$K_{з010} = \frac{30,0 \cdot 1100000}{2024 \cdot 0,75} = 21740 \text{ руб./ час};$$

$$C_{п.з010} = 6120 + 9360 + 0,15 \cdot (194490 + 21740) = 47920 \text{ руб./ час};$$

$$C_{о010} = \frac{47920 \cdot 1,61}{60 \cdot 1,3} = 990 \text{ руб.}$$

Операция 020 Токарная с ЧПУ, станок модели СВ141П

$$C_{з020} = 2,184 \cdot 2800 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 6120 \text{ руб./ час};$$

$$C_{ч.з020} = 5200 \cdot 2,5 = 13000 \text{ руб./ час};$$

$$K_{с020} = \frac{1,1 \cdot 167500000}{2024 \cdot 0,75} = 121380 \text{ руб./ час};$$

$$F_{020} = 6,5 \cdot 2,5 = 16,25 \text{ м}^2;$$

$$K_{з020} = \frac{16,25 \cdot 1100000}{2024 \cdot 0,75} = 11780 \text{ руб./ час};$$

$$C_{п.з020} = 6120 + 13000 + 0,15 \cdot (121380 + 11780) = 39100 \text{ руб./ час};$$

$$C_{о020} = \frac{39100 \cdot 14,90}{60 \cdot 1,3} = 7470 \text{ руб.}$$

Стоимость отличающихся операций по базовому варианту

$$C'_o = C_{о010} + C_{о020} = 990 + 7470 = 8460 \text{ руб.}$$

Предлагаемый вариант технологического процесса.
Операция 010 Сверлильная с ЧПУ, станок модели 2С132ПМФ4

$$C_{з010} = 2,184 \cdot 2800 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 6120 \text{ руб./ час};$$

$$C_{ч.з010} = 5200 \cdot 1,8 = 9360 \text{ руб./ час};$$

$$K_{с010} = \frac{1,1 \cdot 340000000}{2024 \cdot 0,75} = 246380 \text{ руб./ час};$$

$$F_{010} = 5,0 \cdot 3,0 = 15,0 \text{ м}^2;$$

$$K_{з010} = \frac{15,0 \cdot 1100000}{2024 \cdot 0,75} = 10870 \text{ руб./ час};$$

$$C_{п.з010} = 6120 + 9360 + 0,15 \cdot (246380 + 10870) = 54070 \text{ руб./ час};$$

$$C_{о010} = \frac{54070 \cdot 3,86}{60 \cdot 1,3} = 2680 \text{ руб.}$$

Операция 030 Токарная с ЧПУ, станок модели 16К20Ф3С32

$$C_{з030} = 2,184 \cdot 2800 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 6120 \text{ руб./ час};$$

$$C_{ч.з030} = 5200 \cdot 2,0 = 10400 \text{ руб./ час};$$

$$K_{с030} = \frac{1,1 \cdot 142400000}{2024 \cdot 0,75} = 103190 \text{ руб./ час};$$

$$F_{030} = 5,8 \cdot 3,0 = 17,4 \text{ м}^2;$$

$$K_{з030} = \frac{17,4 \cdot 1100000}{2024 \cdot 0,75} = 12610 \text{ руб./ час};$$

$$C_{п.з030} = 6120 + 10400 + 0,15 \cdot (103190 + 12610) = 33890 \text{ руб./ час};$$

$$C_{о030} = \frac{33890 \cdot 7,28}{60 \cdot 1,3} = 3160 \text{ руб.}$$

Стоимость отличающихся операций по предлагаемому варианту

$$C_o'' = C_{о010} + C_{о030} = 2680 + 3160 = 5840 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внесенных изменений в базовый технологический процесс

$$\mathcal{E}_r = (C_o' - C_o'') \cdot N = (8460 - 5840) \cdot 20000 = 52400 \text{ тыс.руб.}$$

Таким образом, для дальнейшей разработки принимаем технологический процесс механической обработки детали обойма РП70-014, представленный в таблице 1.7.

3.1.6. Расчет режимов резания

Прежде чем, приступить к расчету режимов резания, надо определить расчетные (технологические) размеры обрабатываемых по-

верхностей 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 расчет режимов резания для одной операции (перехода). На остальные операции (переходы) режимы резания рекомендуется определять по нормативным данным а результаты расчетов следует представить, в форме сводной таблицы. 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); 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 наивыгоднейшая 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 [16].

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 силу 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 [17,21].

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), число оборотов фрезы в минуту, тангенциальной составляющей силы резания (Н) и эффективной мощности (кВт); при работе торцовыми фрезами определяют подачу та зуб, скорость резания, число оборотов, минутную подачу и эффективную мощность [16,17,21].

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 миллиметрах на оборот детали), поперечную подачу – глубину резания (в миллиметрах – при работе круга с продольной подачей, в миллиметрах 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 [15,16,17].

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 [16,17].

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 [16,17].

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 [16,17].

При нарезании зубчатых колес гребенкой на зубодолбежных станках определяется число резов на один зуб колеса, скорость резания и число двойных ходов в минуту [16,17].

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; 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 [16,17,21].

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

Многоинструментальная обработка на одношпиндельных токарных станках полуавтоматах [16]:

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 нелIMITирующим 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, полученный по формуле.

4. В соответствии с установленными стоимостями 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, 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 резаний 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 [16]. 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;
- 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, равно 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.

Пример. Для операции 010 Сверлильная с ЧПУ, выполняемой на станке модели 2С132ПМФ4, производим расчет режимов резания для обработки отверстия $\varnothing 16,2D11$, маршрут обработки состоит из: центрования, сверления, зенкерования и развертывания.

Центрование отверстия $\varnothing 6,3$.

Обрабатываемый материал – сталь 45Х ГОСТ 4543-71.

Твердость не более 156...241 НВ.

$$\text{Глубина сверления } t = \frac{D}{2} = \frac{6,3}{2} = 3,15 \text{ мм.}$$

1. Расчет длины рабочего хода

$$L_{p.x} = L_{рез} + y + L_{доп},$$

где $L_{рез}$ – длина резания, $L_{рез}=8$ мм;

y – подвод, врезание и перебег инструмента, $y=2$ мм;

$L_{\text{доп}}$ – дополнительная длина хода, вызванная в отдельных случаях особенностями наладки и конфигурацией детали, $L_{\text{доп}}=0$.

$$L_{\text{р.х}} = 8 + 2 = 10 \text{ мм.}$$

2. Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя S_o , мм/об:

а) определение рекомендуемой подачи по нормативам $S_o=0,06\dots 0,09$ мм/об;

б) уточнение по паспорту станка, принимаем $S_o=0,08$ мм/об.

3. Определение стойкости инструмента по нормативам в минутах резания

$$T_p = T_m \cdot \lambda,$$

где T_m – стойкость в минутах машинной работы станка, $T_m=20$ мин.;

λ – коэффициент времени резания.

$$\lambda = \frac{L_{\text{рез}}}{L_{\text{р.х}}} = \frac{8}{10} = 0,80.$$

Так как $\lambda > 0,7$, то принимаем $T_p \approx T_m = 20$ мин.

4. Расчет скорости резания V , м/мин и числа оборотов шпинделя n в минуту:

а) определение скорости резания по нормативам

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $V_{\text{табл}}$ – табличное значение скорости резания, $V_{\text{табл}}=20$ м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_1=0,7$;

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, $K_2=1,25$;

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру, $K_3=1,0$.

$$V = 20 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 17,5 \text{ м/мин.}$$

б) расчет числа оборотов шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 17,5}{3,14 \cdot 6,3} = 884 \text{ мин}^{-1}.$$

в) уточнение числа оборотов шпинделя по паспорту станка, принимаем $n=800 \text{ мин}^{-1}$.

г) уточнение скорости резания по принятому числу оборотов шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 800}{1000} = 15,8 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет основного машинного времени обработки

$$t_{\text{ол}} = \frac{L_{\text{р.х}}}{n \cdot S_o} = \frac{10}{800 \cdot 0,08} = 0,16 \text{ мин.}$$

6. Проверочные расчеты:

а) определение осевой силы резания по нормативам

$$P_o = P_{\text{табл}} \cdot K_p,$$

где $P_{\text{табл}}$ – табличное значение силы резания, $P_{\text{табл}}=1450$ Н;

K_p – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_1=1,1$.

$$P_o = 1450 \cdot 1,1 = 1595 \text{ Н.}$$

б) определение мощности резания по нормативам

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000},$$

где $N_{\text{табл}}$ – мощность резания по таблице, $N_{\text{табл}}=0,2$;

K_N – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_N=1,1$.

$$N_{\text{рез}} = 0,2 \cdot 1,1 \cdot \frac{800}{1000} = 0,2 \text{ кВт.}$$

в) проверка по осевой силе резания по допустимому усилию подачи станка и мощности резания по мощности двигателя

$$N_{\text{рез}} \leq 1,2 \cdot N_{\text{дв}} \cdot \eta,$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя станка, $N_{\text{дв}}=7,5$ кВт;

η – коэффициент полезного действия станка, $\eta=0,9$.

$$1,2 \cdot 7,5 \cdot 0,9 = 8,1 \text{ кВт} > 0,2 \text{ кВт.}$$

Условие выполняется, следовательно, принятые режимы резания удовлетворяют мощности двигателя.

Сверление отверстия $\varnothing 14$.

$$\text{Глубина сверления } t = \frac{D}{2} = \frac{14}{2} = 7,0 \text{ мм.}$$

1. Расчет длины рабочего хода

$$L_{\text{р.х}} = L_{\text{рез}} + u + L_{\text{доп}},$$

где $L_{\text{рез}}$ – длина резания, $L_{\text{рез}}=45$ мм;

u – подвод, врезание и перебег инструмента, $u=5$ мм;

$L_{\text{доп}}$ – дополнительная длина хода, вызванная в отдельных случаях особенностями наладки и конфигурацией детали, $L_{\text{доп}}=0$.

$$L_{\text{р.х}} = 45 + 5 + 0 = 50 \text{ мм.}$$

2. Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя S_o , мм/об:

а) определение рекомендуемой подачи по нормативам $S_o=0,22 \dots 0,32$ мм/об;

б) уточнение по паспорту станка, принимаем $S_o=0,20$ мм/об.

3. Определение стойкости инструмента по нормативам в минутах резания

$$T_p = T_m \cdot \lambda,$$

где T_m – стойкость в минутах машинной работы станка, $T_m=30$ мин.;

λ – коэффициент времени резания.

$$\lambda = \frac{L_{\text{рез}}}{L_{\text{р.х}}} = \frac{45}{50} = 0,90.$$

Так как $\lambda > 0,7$, то принимаем $T_p \approx T_m = 50$ мин.

4. Расчет скорости резания V , м/мин и числа оборотов шпинделя n в минуту:

а) определение скорости резания по нормативам

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $V_{\text{табл}}$ – табличное значение скорости резания, $V_{\text{табл}} = 23$ м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_1 = 0,7$;

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента, $K_2 = 1,25$;

K_3 – коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру, $K_3 = 1,0$.

$$V = 23 \cdot 0,7 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 20,1 \text{ м/мин.}$$

б) расчет числа оборотов шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20,1}{3,14 \cdot 14} = 457 \text{ мин}^{-1}.$$

в) уточнение числа оборотов шпинделя по паспорту станка, принимаем $n = 450 \text{ мин}^{-1}$.

г) уточнение скорости резания по принятому числу оборотов шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 450}{1000} = 19,8 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет основного машинного времени обработки

$$t_{o2} = \frac{L_{\text{р.х}}}{n \cdot S_o} = \frac{50}{450 \cdot 0,2} = 0,56 \text{ мин.}$$

6. Проверочные расчеты:

а) определение осевой силы резания по нормативам

$$P_o = P_{\text{табл}} \cdot K_p,$$

где $P_{\text{табл}}$ – табличное значение силы резания, $P_{\text{табл}} = 4700$ Н;

K_p – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_p = 1,1$.

$$P_o = 4700 \cdot 1,1 = 5170 \text{ Н.}$$

б) определение мощности резания по нормативам

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000},$$

где $N_{\text{табл}}$ – мощность резания по таблице, $N_{\text{табл}} = 2,4$;

K_N – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_N = 1,1$.

$$N_{\text{рез}} = 2,4 \cdot 1,1 \cdot \frac{450}{1000} = 1,2 \text{ кВт.}$$

в) проверка по осевой силы резания по допустимому усилию подачи станка и мощности резания по мощности двигателя

$$N_{\text{рез}} \leq 1,2 \cdot N_{\text{дв}} \cdot \eta,$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя станка, $N_{\text{дв}}=7,5$ кВт;

η – коэффициент полезного действия станка, $\eta=0,9$.
 $1,2 \cdot 7,5 \cdot 0,9 = 8,1 \text{ кВт} > 1,2 \text{ кВт.}$

Условие выполняется, следовательно, принятые режимы резания удовлетворяют мощности двигателя.

Зенкерование отверстия $\varnothing 15,8$.

$$\text{Глубина зенкерования } t = \frac{15,8 - 14,0}{2} = 0,9 \text{ мм.}$$

1. Расчет длины рабочего хода

$$L_{\text{р.х}} = L_{\text{рез}} + y + L_{\text{доп}},$$

где $L_{\text{рез}}$ – длина резания, $L_{\text{рез}}=45$ мм;

y – подвод, врезание и перебег инструмента, $y=5$ мм;

$L_{\text{доп}}$ – дополнительная длина хода, вызванная в отдельных случаях особенностями наладки и конфигурацией детали, $L_{\text{доп}}=0$.

$$L_{\text{р.х}} = 45 + 5 = 50 \text{ мм.}$$

2. Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя S_o , мм/об:

а) определение рекомендуемой подачи по нормативам $S_o=0,30 \dots 0,35$ мм/об;

б) уточнение по паспорту станка, принимаем $S_o=0,30$ мм/об.

3. Определение стойкости инструмента по нормативам в минутах резания

$$T_p = T_m \cdot \lambda,$$

где T_m – стойкость в минутах машинной работы станка, $T_m=40$ мин.;

λ – коэффициент времени резания.

$$\lambda = \frac{L_{\text{рез}}}{L_{\text{р.х}}} = \frac{45}{50} = 0,9.$$

Так как $\lambda > 0,7$, то принимаем $T_p \approx T_m = 40$ мин.

4. Расчет скорости резания V , м/мин и числа оборотов шпинделя n в минуту:

а) определение скорости резания по нормативам

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $V_{\text{табл}}$ – табличное значение скорости резания, $V_{\text{табл}}=26$ м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_1=0,7$;

K_2 – коэффициент, зависящий от стойкости и марки твердого сплава, $K_2=1,15$;

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки, $K_3=1,0$.
 $V = 26 \cdot 0,7 \cdot 1,15 \cdot 1,0 = 20,9$ м/мин.

б) расчет числа оборотов шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20,9}{3,14 \cdot 15,8} = 421 \text{ мин}^{-1}.$$

в) уточнение числа оборотов шпинделя по паспорту станка, принимаем $n=400$ мин⁻¹.

г) уточнение скорости резания по принятому числу оборотов шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15,8 \cdot 400}{1000} = 19,8 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет основного машинного времени обработки

$$t_{\text{оз}} = \frac{L_{\text{р.х}}}{n \cdot S_o} = \frac{50}{400 \cdot 0,3} = 0,42 \text{ мин.}$$

6. Проверочные расчеты:

а) определение осевой силы резания по нормативам

$$P_o = P_{\text{табл}} \cdot K_p,$$

где $P_{\text{табл}}$ – табличное значение силы резания, $P_{\text{табл}}=460$ Н;

K_p – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_1=1,1$.

$$P_o = 460 \cdot 1,1 = 506 \text{ Н.}$$

б) определение мощности резания по нормативам

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} \cdot K_N \cdot \frac{V}{100},$$

где $N_{\text{табл}}$ – мощность резания по таблице, $N_{\text{табл}}=2,4$;

K_N – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_N=1,1$.

$$N_{\text{рез}} = 2,4 \cdot 1,1 \cdot \frac{19,8}{100} = 0,5 \text{ кВт.}$$

в) проверка по осевой силе резания по допустимому усилию подачи станка и мощности резания по мощности двигателя

$$N_{\text{рез}} \leq 1,2 \cdot N_{\text{дв}} \cdot \eta,$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя станка, $N_{\text{дв}}=7,5$ кВт;

η – коэффициент полезного действия станка, $\eta=0,9$.

$$1,2 \cdot 7,5 \cdot 0,9 = 8,1 \text{ кВт} > 0,5 \text{ кВт.}$$

Условие выполняется, следовательно, принятые режимы резания удовлетворяют мощности двигателя.

Развертывание отверстия $\varnothing 16,2$.

$$\text{Глубина зенкерования } t = \frac{16,2 - 15,8}{2} = 0,20 \text{ мм.}$$

1. Расчет длины рабочего хода

$$L_{\text{р.х}} = L_{\text{рез}} + y + L_{\text{доп}},$$

где $L_{\text{рез}}$ – длина резания, $L_{\text{рез}}=45$ мм;

y – подвод, врезание и перебег инструмента, $y=14$ мм;

$L_{\text{доп}}$ – дополнительная длина хода, вызванная в отдельных случаях особенностями наладки и конфигурацией детали, $L_{\text{доп}}=0$.

$$L_{\text{р.х}} = 45 + 14 = 59 \text{ мм.}$$

2. Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя S_o , мм/об:

а) определение рекомендуемой подачи по нормативам $S_o=0,50 \dots 0,75$ мм/об;

б) уточнение по паспорту станка, принимаем $S_o=0,50$ мм/об.

3. Определение стойкости инструмента по нормативам в минутах резания

$$T_p = T_m \cdot \lambda,$$

где T_m – стойкость в минутах машинной работы станка, $T_m=40$ мин.;

λ – коэффициент времени резания.

$$\lambda = \frac{L_{\text{рез}}}{L_{\text{р.х}}} = \frac{45}{59} = 0,76;$$

Так как $\lambda > 0,7$, то принимаем $T_p \approx T_m = 40$ мин.

4. Расчет скорости резания V , м/мин и числа оборотов шпинделя n в минуту:

а) определение скорости резания по нормативам, при развертывании рекомендуемая скорость резания принимается по нормативам $V=7$ м/мин.

б) расчет числа оборотов шпинделя станка

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 7,0}{3,14 \cdot 16,2} = 137,6 \text{ мин}^{-1}.$$

в) уточнение числа оборотов шпинделя по паспорту станка, принимаем $n=150$ мин⁻¹.

г) уточнение скорости резания по принятому числу оборотов шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16,2 \cdot 150}{1000} = 7,6 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет основного машинного времени обработки

$$t_{o4} = \frac{L_{\text{р.х}}}{n \cdot S_o} = \frac{59}{150 \cdot 0,5} = 0,79 \text{ мин.}$$

6. Проверочные расчеты при развертывании не выполняются.

Аналогично производим расчет режимов резания по остальным операциям проектируемого технологического процесса и полученные значения заносим в таблицу 1.9.

Таблица 1.9

Сводная таблица по режимам резания

Наименование перехода	D, мм	L _{р.х} , мм	t, мм	S _о , мм/об	S _м , мм/мин	n, мин ⁻¹	V, м/мин	N _{рез} , кВт	t _о , мин
010 Сверлильная с ЧПУ									2,93
- фрезеровать поверхность	80	130	2,5	0,375	150	400	100,5	3,2	0,87
- центровать торец	6,3	10	3,15	0,08	64	800	15,8	0,2	0,16
- сверлить отверстие	14,0	50	7,0	0,20	90	450	19,8	1,2	0,56
- зенкеровать отверстие	15,8	50	0,9	0,30	120	400	19,8	0,5	0,42
- зенковать фаску	17,2	5	0,7	0,10	40	400	21,6	0,2	0,13
- развернуть отверстие	16,2	59	0,2	0,50	75	150	7,6		0,79
020 Токарная с ЧПУ									3,77
- подрезать торец	32	15	2,0	0,12	37,8	315	31,7	1,5	0,40
- подрезать торец	32	15	0,5	0,12	37,8	315	31,7	0,7	0,40
- точить поверхность	32	26	0,5	0,12	37,8	315	31,7	0,8	0,69
- точить поверхность	32	15	1,08	0,12	37,8	315	31,7	1,8	0,40
- точить фаску	29,85	5	1,6	0,10	31,5	315	29,5	0,5	0,16
- точить канавку	32	6	4	0,05	12,5	250	25,1	0,5	0,48
- нарезать резьбу	29,85	15	-	1,5	270	180	16,9	0,5	0,60
- расточить фаску	19,5	5	1,6	0,10	31,5	315	19,3	0,5	0,16
- расточить канавку	20	6	3,3	0,04	12,6	315	19,8	0,8	0,48
030 Токарная с ЧПУ									4,97
- подрезать торец	56	33	0,5	0,12	30	250	44,0	0,7	1,10
- подрезать торец	56	20	2,3	0,12	30	250	44,0	2,1	1,34
- подрезать торец	56	20	0,5	0,12	30	250	44,0	0,7	1,34
- точить фаску	21	5	1,0	0,10	31,5	315	20,8	0,5	0,16

- расточить канавку	34	10	3,6	0,05	40	800	85,4	2,5	0,25
- расточить канавку	19,5	7	6,1	0,03	9	300	18,4	0,8	0,78
040 Вертикально-сверлильная									0,40
- сверлить отверстие	6,5	10	3,25	0,1	50	500	10,2	0,6	0,40
050 Вертикально-сверлильная									0,16
- притупить острые кромки	6,5	4	0,1	0,1	50	500	10,2	0,1	0,16
100 Токарно-винторезная									0,85
- калибровать резьбу	30	20	-	1,5	47,25	31,5	3,0	0,2	0,85
140 Круглошлифовальная									0,83
- шлифовать торец	56	16	0,2	0,0028	0,4	140	24,6	5,2	0,83
150 Круглошлифовальная									0,83
- шлифовать поверхность	20	2	0,2	0,0013	0,4	320	20,1	4,1	0,83

3.1.7. Техническое нормирование

На одну проектируемую операцию механической обработки назначение норм времени должно быть выполнено с подробным описанием выбора и расчета элементов штучного 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 [3,6,8,11,12,13,14].

Пример. Технические нормы времени в условиях серийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени по формуле

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт},$$

где $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, мин.;

n – количество деталей в настроечной партии, в соответствии с расчетами, приведенными в пункте 1.2 принимаем $n=300$ шт.;

$T_{шт}$ – штучное время, мин.

Штучное время определяется по формуле

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от},$$

где T_o – основное время на операции, мин.;

T_v – вспомогательное время, мин.;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места, мин.;

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Основное время на операцию равно машинному времени, которое определили при расчете режимов резания.

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы и определяется по формуле

$$T_v = T_{ус} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из},$$

где $T_{ус}$ – время на установку и снятие детали, мин.;

$T_{зо}$ – время на закрепление и открепление детали, мин.;

$T_{уп}$ – время на приемы управления станком, мин.;

$T_{из}$ – время на измерение детали, мин.

Время на установку и снятие и время на закрепление и открепление детали в нормативах приводится в сумме.

Оперативное время на операцию определяется по формуле

$$T_{оп} = T_o + T_v.$$

Для станков с ЧПУ вспомогательное время определяется по формуле

$$T_v = T_{в.у} + T_{м.в},$$

где $T_{в.у}$ – время на установку и снятие детали, мин.;

$T_{м.в}$ – машинно-вспомогательное время, связанное с выполнением вспомогательных ходов и перемещений при обработке поверхностей, мин.

В серийном производстве время на обслуживание рабочего места и отдых по отдельности не определяются, дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени

$$T_{об.от} = \frac{T_{оп} \cdot P_{об.от}}{100},$$

Где $P_{об.от}$ – затраты времени на отдых и обслуживание рабочего места, %.

Определяем норму времени для выполнения операции 010 Сверлильная с ЧПУ на станке модели 2С132ПМФ4

Основное время на операцию состоит из затрат основного времени на выполнение всех переходов и составляет $T_o = 2,93$ мин.

Время на установку и снятие детали в приспособление – 0,12 мин., время на закрепление детали при помощи двух гаечных зажимов с помощью гаечного ключа – 0,19 мин., тогда

$$T_{в.у} = 0,12 + 0,19 = 0,31 \text{ мин.}$$

В состав машинно-вспомогательного времени входят:

- на одновременное ускоренное перемещение стола по осям – 0,01 мин.;

- на одновременное установочное перемещение стола по осям – 0,01 мин.;

- на подвод инструмента в зону резания – 0,01 мин.;

Тогда, так как на операции выполняется шесть переходов механической обработки

$$T_{м.в} = (0,01 + 0,01 + 0,01) \cdot 6 = 0,18 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на операцию составит

$$T_{в} = 0,31 + 0,18 = 0,49 \text{ мин.}$$

Оперативное время на операцию

$$T_{оп} = 2,93 + 0,49 = 3,42 \text{ мин.}$$

Затраты времени на отдых и обслуживание рабочего места принимаем в размере $P_{об.от} = 10\%$, тогда время на обслуживание и отдых

$$T_{об.от} = \frac{3,42 \cdot 10}{100} = 0,34 \text{ мин.}$$

Штучное время на выполнение операции

$$T_{шт} = 3,42 + 0,34 = 3,76 \text{ мин.}$$

В состав подготовительно-заключительного времени входят:

- на ознакомление с документацией и осмотр заготовки – 4 мин.;

- на инструктаж мастера – 2 мин.;

- на установку рабочих органов станка или зажимного приспособления по двум координатам в нулевое положение – 8 мин.;

- на установку приспособления на стол станка – 10 мин.;

- на установку одного инструмента в магазин – 1 мин.

Тогда подготовительно-заключительное время на станке с ЧПУ получим

$$T_{п-з} = 4 + 2 + 8 + 10 + 1 \cdot 6 = 30 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени при количестве деталей в настроечной партии $n=300$ штук составит

$$T_{шт-к} = \frac{30}{300} + 3,76 = 3,86 \text{ мин.}$$

Нормы времени по остальным операциям проектируемого технологического процесса детали обойма РП70-014 сводим в таблицу 1.10.

Таблица 1.10

Сводная таблица технических норм времени. В минутах

Номер и наименование операции	T_o	T_v	$T_{оп}$	$T_{об.от}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$
010 Сверлильная с ЧПУ	2,93	0,49	3,42	0,34	3,76	30	3,86
020 Токарная с ЧПУ	3,77	0,25	4,02	0,40	4,42	30	4,52
030 Токарная с ЧПУ	4,97	1,56	6,53	0,65	7,18	30	7,28
040 Вертикально-сверлильная	0,40	0,73	1,13	0,07	1,20	15	1,25
050 Вертикально-сверлильная	0,16	0,87	1,03	0,06	1,09	15	1,14
100 Токарно-винторезная	0,85	0,88	1,73	0,14	1,87	15	1,92
140Круглошлифовальная	0,83	0,90	1,73	0,17	1,90	15	1,95
150Круглошлифовальная	0,83	0,67	1,50	0,15	1,65	15	1,70

3.1.8 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 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 выполняется 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 [3,17].

Пример. Правильный выбор оборудования определяет его рациональное использование. При выборе станков для разработанного технологического процесса этот фактор должен учитываться таким образом, чтобы исключить их простои, т.е. нужно выбирать станки по производительности. С этой целью определяют наряду с другими технико-экономическими показателями критерии, показывающие степень использования каждого станка в отдельности и всех вместе по разработанному технологическому процессу.

Для каждого станка в технологическом процессе должны быть подсчитаны коэффициент загрузки и коэффициент использования станка по основному времени.

Коэффициент загрузки определяется как отношение расчетного количества станков, занятых на данной операции к принятому

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_{пр}}$$

Расчетное количество станков определяется по формуле

$$m_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot F_d}$$

$$m_{p010} = \frac{3,86 \cdot 20000}{60 \cdot 2024} = 0,636; \quad m_{пр010} = 1; \quad \eta_{z010} = \frac{0,636}{1} = 0,636.$$

Коэффициент использования оборудования по основному времени свидетельствует о доле машинного времени в общем времени работы станка и определяется как отношение основного времени на операции к штучному

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт}}$$

$$\eta_{o010} = \frac{2,93}{3,76} = 0,779.$$

Использование станков по мощности привода характеризуется коэффициентом использования оборудования по мощности, который представляет собой отношение необходимой мощности на приводе станка к мощности установленного электродвигателя

$$\eta_m = \frac{N_{пр}}{N_{ст}}; \quad N_{пр} = \frac{N_{рез}}{0,75},$$

где $N_{рез}$ – мощность резания, кВт.

$$N_{пр010} = \frac{3,2}{0,75} = 4,27; \quad \eta_{m010} = \frac{4,27}{7,5} = 0,569.$$

Аналогично производим расчет коэффициентов использования оборудования по остальным операциям технологического процесса и полученные значения заносим в таблицу 1.11.

Таблица 1.11

Определение коэффициентов использования оборудования

Номер операции	T _о , мин.	T _{шт-к} , мин.	T _{шт} , мин.	N _{рез} , кВт	N _{пр} , кВт	N _{дв}	η _з	η _о	η _м
010	2,93	3,86	3,76	3,2	4,27	7,5	0,636	0,779	0,569
020	3,77	4,52	4,42	1,8	2,40	10,0	0,744	0,853	0,240
030	4,97	7,28	7,18	2,5	3,33	10,0	0,600	0,692	0,333
040	0,40	1,25	1,20	0,6	0,80	4,0	0,206	0,333	0,200
050	0,16	1,14	1,09	0,1	0,13	4,0	0,188	0,147	0,033
100	0,85	1,92	1,87	0,2	0,27	10,0	0,316	0,455	0,027
140	0,83	1,95	1,90	5,2	6,93	17,0	0,321	0,437	0,408
150	0,83	1,70	1,65	4,1	5,47	17,0	0,280	0,503	0,322

Определяем средние значения коэффициентов использования оборудования

$$\eta_{зср} = \frac{0,636 + 0,744 + 0,600 + 0,206 + 0,188 + 0,316 + 0,321 + 0,280}{8} = 0,432;$$

$$\eta_{оср} = \frac{0,779 + 0,853 + 0,692 + 0,333 + 0,147 + 0,455 + 0,437 + 0,503}{8} = 0,525;$$

$$\eta_{мср} = \frac{0,569 + 0,240 + 0,333 + 0,200 + 0,033 + 0,027 + 0,408 + 0,322}{8} = 0,267.$$

Графики служат наиболее наглядным средством оценки технико-экономической эффективности разработанного технологического процесса. Для технологического процесса механической обработки детали обойма РП070-014 строим следующие графики (рис. 3.1–3.3):

- 1) загрузки оборудования;
- 2) использования оборудования по основному времени;
- 3) использования станков по мощности привода.

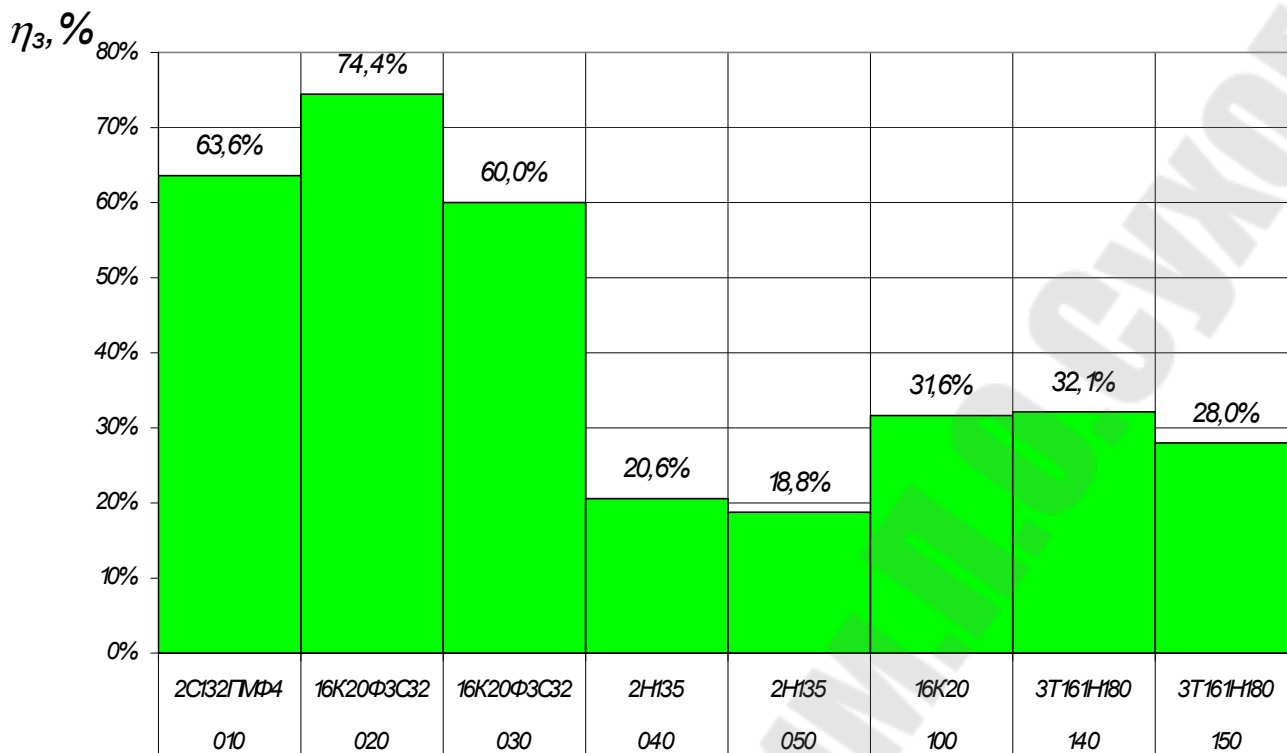


Рис. 3.1 – График загрузки оборудования

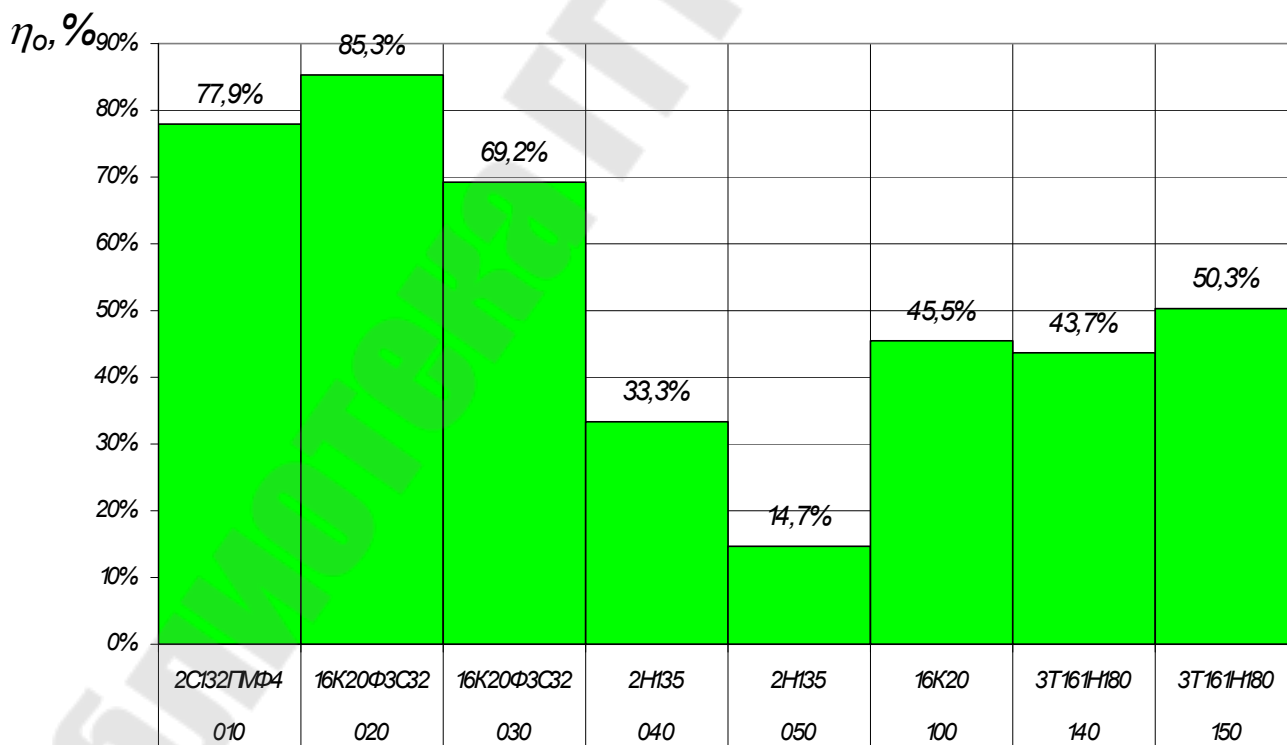


Рис. 3.2 – График использования оборудования по основному времени

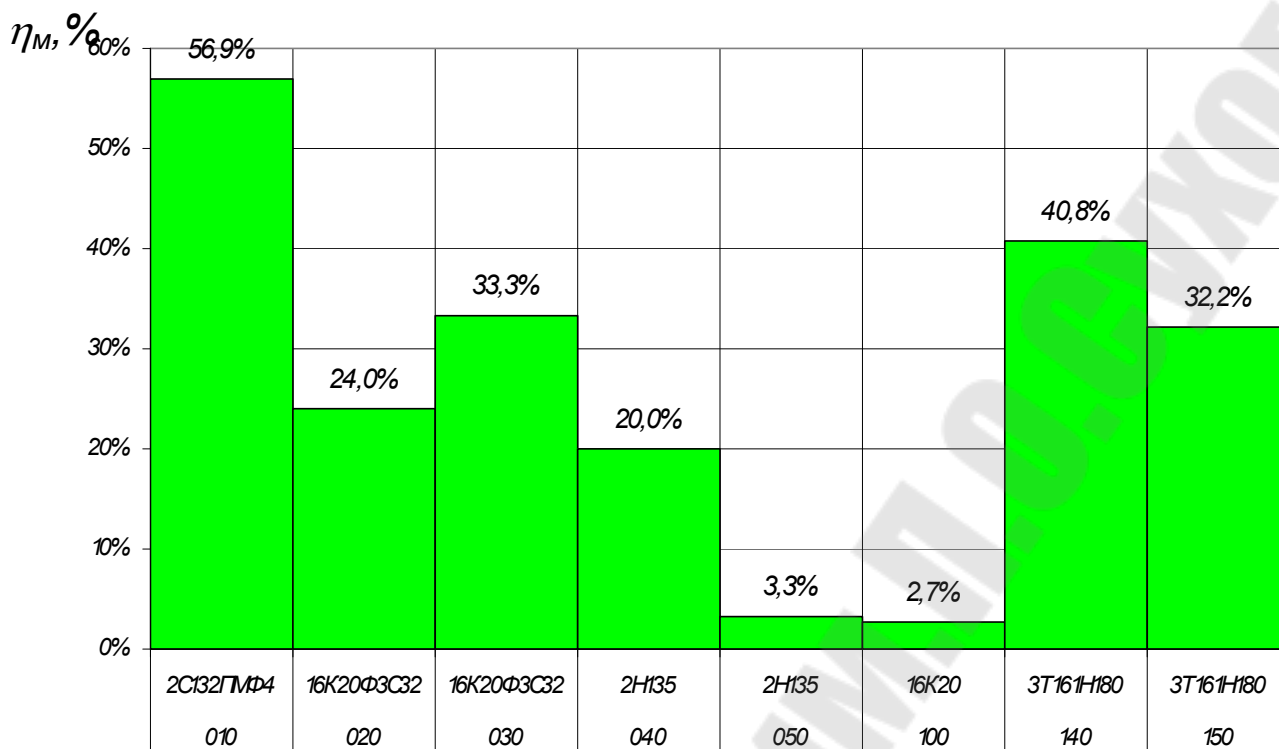


Рис. 3.3 – График использования оборудования по мощности

3.1.9. Уточнение типа производства и установление его организационной формы

Уточнение типа производства выполняется в соответствии с п. 3.1 по проектируемому технологическому процессу с использованием уточненных норм времени.

3.2. 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, имеющихся на конкретном производстве или в справочной литературе;
- проектирование на основе приобретенных знаний и опыта, пользуясь учебной и справочной литературой [1,4,16,21], при отсутствии аналогичных технических решений.

Применение приспособления позволяет:

- устранить разметку заготовок перед обработкой;
- повысить точность обработки;
- увеличить производительность труда на операции;
- снизить себестоимость продукции;
- облегчить условия работы и обеспечить ее безопасность;
- расширить технологические возможности оборудования;
- организовать многостаночное обслуживание;
- применить технически обоснованные нормы времени;
- сократить число рабочих, необходимых для выпуска продукции.

Общий вид приспособления (задание курсовой работы) разрабатывают методом последовательного вычерчивания отдельных его элементов в определенном порядке согласно рекомендаций [1].

В расчетно-пояснительной записке, ссылаясь на графическую часть конструктивной разработки, необходимо дать описание устройства приспособления. Описать принцип работы приспособления и произвести поверочный (прочностной) расчет слабого звена (детали) в конструкции. Чаще всего это может быть деталь в приводе зажимных элементов приспособления. Расчет необходимо проиллюстрировать схемой действующих сил и т.п. Для расчета можно использовать рекомендации [1], [4]. Операция, на которую студент разрабатывает приспособление, указывается преподавателем.

На описание данного пункта в расчетно-пояснительной записке выделено 2 – 3 страницы.

Пример.

Вариант 1

3.2.1. Кондуктор для обработки отверстий

3.2.1.1. Назначение, описание конструкции и принцип действия кондуктора

Кондуктор используется на операции 040 Вертикально-сверлильная на станке модели 2Н125 при механической обработке детали обойма РП70-

014. При помощи приспособления производится сверление двух отверстий $\varnothing 6,5H14$ на 44 мм под углом 45° к оси детали. Основным элементом приспособления является обойма 1, на которой размещаются установочные и зажимные элементы приспособления. Для базирования детали в приспособлении используется палец 8. Деталь обойма РП70-014 устанавливается на палец по обработанному отверстию $\varnothing 16,2D11$ с упором в шайбу 17, которая крепится к обойме при помощи винтов 27. Для предотвращения поворота детали вокруг своей оси используется ориентир 13, который устанавливается на винты 15, закрепленные в обойме 1 и зафиксированные гайками 29. Ориентир 13 соединяется с винтом 14, в который установлена рукоятка 36. Винт 14 завинчивается в обойме 1, при повороте рукоятки происходит перемещение ориентира 13, который соприкасается с лыской детали и не дает ей поворачиваться вокруг оси. Для зажима детали используется винтовой зажим. Для осуществления зажима в обойме 1 гайкой 30 закрепляется болт 6 с которым осью 5 соединяется прихват 2. Прихват может поворачиваться вокруг оси 5. Зажимной болт 3 устанавливается на оси 4 и входит в паз прихвата. Зажимное усилие создается при помощи гайки 32. Деталь обойма РП70-014 прижимается к торцу шайбы 17 через пята 7, которая по сферической поверхности крепится к прихвату 2 винтом 16 и гайкой 31. К обойме 1 крепятся четыре стойки 11, которые закреплены на основании. Для предотвращения увода сверла в процессе обработки используются две направляющие втулки 18, запрессованные в обойме 1 в местах расположения отверстий в обрабатываемой детали. При обработке отверстий кондуктор устанавливается в уголки, закрепленные на столе вертикально-сверлильного станка.

3.2.1.2. Расчет необходимого усилия зажима

Необходимая сила зажима определяется исходя из условия равновесия заготовки с учетом коэффициента запаса. При сверлении отверстий наибольшее воздействие на обрабатываемую заготовку оказывает осевая сила P_o . Уравнение равновесия из условия действия осевой силы

$$K \cdot P_o = Q \cdot (f_1 + f_2),$$

где K – коэффициент запаса;

Q – необходимая сила зажима, Н;

f_1, f_2 – коэффициенты трения, $f_1=f_2=0,16$.

Необходимое усилие зажима при действии осевой силы

$$Q = \frac{K \cdot P_o}{f_1 + f_2}.$$

Осевая сила при сверлении определяется по формуле [17].

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

где C_p – постоянная силы резания, $C_p=43,3$;

q, y – показатели степени при величинах, определяющих осевую силу, $q=1,0$; $y=0,8$;

D – диаметр обрабатываемого отверстия, $D=6,5$ мм;

S – подача, $S=0,1$ мм/об;

K_p – поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала.

$$K_p = \left(\frac{1030}{750} \right)^{0,75} = 1,27;$$

Тогда осевая сила резания будет равна

$$P_o = 10 \cdot 43,3 \cdot 6,5^{1,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,27 = 567 \text{ Н.}$$

Коэффициент запаса определяется по формуле

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

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса, $K_0=1,5$;

K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при затуплении инструмента, для осевой силы $K_1=1,1$;

K_2 – коэффициент, учитывающий неравномерность сил резания из-за непостоянства снимаемого при обработке припуска $K_2=1,0$;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистой обработке, $K_3=1,0$;

K_4 – коэффициент, учитывающий постоянство усилия зажима, при использовании ручного привода $K_4=1,3$;

K_5 – коэффициент, учитывающий непостоянство развиваемых сил зажимных устройств с ручным приводом, при удобном расположении рукоятки $K_5=1,0$;

K_6 – коэффициент, учитывающий установку детали базовой поверхностью на опору ограниченной поверхности, $K_6=1,5$.

Коэффициент запаса

$$K = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,22.$$

Определяем необходимые усилия зажима

$$Q = \frac{K \cdot P_o}{f_1 + f_2} = \frac{3,22 \cdot 567}{0,16 + 0,16} = 5705 \text{ Н.}$$

Наружный диаметр резьбы определяется по формуле

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{Q}{[\sigma_p]}},$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение растяжения (сжатия), для винтов из стали 45 $[\sigma_p]=200$ МПа.

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{5705}{200}} = 7,5 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений принимаем диаметр зажимной резьбы $d=12$ мм.

3.2.1.3. Расчет элементов кондуктора на прочность

Наиболее нагруженным элементом приспособления будет является ось поз.5 (рис.1), при помощи которой соединяется зажимной болт с обоймой. Ось подвергается напряжениям на срез.

Условие прочности на срез выражается следующей зависимостью

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{Q}{2F_{\text{ср}}} < [\tau_{\text{ср}}],$$

где Q – сдвигающая сила, $Q=5705$ Н;

$F_{\text{ср}}$ – площадь среза, мм^2 ;

$[\tau_{\text{ср}}]$ – допускаемые напряжения на срез, для стали 45 $[\tau_{\text{ср}}]=85$ МПа.

Пример.

Вариант 2

3.2.2. Приспособление для контроля биения канавки

3.2.2.1. Назначение, описание конструкции и принцип действия приспособления

Приспособление предназначено для контроля радиального биения канавки относительно оси центрального отверстия в детали обойма РП70-014. Допустимое отклонение не должно превышать 0,05 мм. Основным элементом приспособления является сварная стойка 1, в которой основание располагается под углом к горизонтали, что исключает образование зазоров при контроле детали. Для базирования детали в приспособлении используется палец 5, на который по отверстию $\varnothing 16,2D11$ устанавливается контролируемая деталь. Винтом 6, соединенным с клином 7 создается натяг между оправкой и отверстием контролируемой детали, для чего используется шарик 21. Для контроля биения используется рычаг 4, одна сторона которого входит в канавку, а вторая – контактирует с наконечником индикатора 23. Под действием пружин 18 и 19 обеспечивается постоянный контакт рычага с контролируемой поверхностью и измерительным элементом. В конструкции приспособления используется индикатор ИЧ-10 ГОСТ 577 – 68, который устанавливается во втулке 3 и фиксируется винтом 9.

3.2.2.2. Расчет приспособления на точность

При расчете приспособления на точность используем следующую формулу

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

где $\Delta_{\text{и}}$ – суммарная погрешность измерения, мм;

Δ_1 – погрешность, свойственная данной системе измерения, она определяется системой отсчета измерительных устройств, для индикаторов часового типа $\Delta_1=0,01$ мм;

Δ_2 – погрешность установки, мм;

Δ_3 – погрешность настройки приспособления по эталону на контролируемый параметр, $\Delta_3=0$, так как приспособление настраивается на ноль при каждом новом измерении;

δ – допуск на контролируемый параметр, $\delta=0,05$ мм.

Погрешность установки можно определить по формуле

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

где ε_6 – погрешность базирования, $\varepsilon_6=0$, так как образующийся зазор в соединении при установке детали компенсируется натягом, который создается при помощи клина с шариком;

ε_3 – погрешность закрепления, так как отсутствуют элементы крепления контролируемой детали $\varepsilon_3=0$ мм;

$\varepsilon_{\text{и}}$ – погрешность износа установочных элементов, $\varepsilon=0,0015$ мм.

$$\Delta_2 = \sqrt{0 + 0 + 0,0015^2} = 0,0015 \text{ мм.}$$

Тогда точность контрольного приспособления будет равна

$$\Delta_{\text{и}} = \sqrt{0,01^2 + 0,0015^2} = 0,010 \text{ мм.}$$

$$0,010 = 0,01.$$

Так как полученное значение равно 1/5 допуска контролируемого параметра, то, следовательно, приспособление обеспечивает требуемую точность измерения.

Площадь среза можно определить по формуле

$$F_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

где d – диаметр оси, мм.

Из условия прочности на срез получим

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{2\pi[\tau_{\text{ср}}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5705}{2 \cdot 3,14 \cdot 85}} = 6,5 \text{ мм.}$$

Таким образом, при соединении зажимного болта с обоймой принимаем диаметр оси равным 8 мм.

3.3. Выводы и предложения

В этом разделе приводятся выводы по результатам курсового проектирования и даются предложения по улучшению, как технологического процесса, так и методов его проектирования.

4. Правила оформления технологической документации

К технологической документации в курсовой работе относятся:

1. Титульный лист (ТЛ), оформляемый по ГОСТ 3.1105-84;
2. Маршрутная карта (МК), оформляемая по ГОСТ 3.1118-82;
3. Карта эскизов (КЭ), оформляемая по ГОСТ 3.1105-84;
4. Операционная карта (ОК), оформляемая по ГОСТ 3.1404-86;
5. Ведомость оснастки (ВО), оформляемая по ГОСТ 3.1118-82.

Конкретный состав технологических документов определяется преподавателем и фиксируется в задании.

При оформлении технологической документации можно использовать литературу [3], систему автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР-ТП). Пример заполнения технологической документации смотрите в приложении.

5. Содержание графической части проекта

Общее количество чертежей не менее двух листов формата А1.

Графическая часть включает:

- 1) чертеж-схему механической обработки (графическая технология) рис. 3;
- 2) чертеж (общий вид) приспособления для механической обработки рис. 4 или контроля рис.5.

Графическое изображение технологического процесса выполняется на наиболее характерные (сложные) операции (состав согласовывается с преподавателем). На графическом изображении операций должна быть указана схема базирования по ГОСТ 21495-76.

Если по одной проекции не представляется возможным показать схему базирования, то можно добавить еще одну проекцию, или дать дополнительные разрезы и сечения.

Обрабатываемые поверхности детали следует обводить сплошной линией толщиной от 2S до 3S.

Предпочтительный масштаб изображения 1:1. Для мелких деталей масштаб может быть увеличенным, а для крупных корпусных и других деталей – уменьшенным.

На листе формата А1 рекомендуется располагать четыре операции (разграничение переходов одной операции не допускается). При этом графическая технология на каждую операцию выполняется как самостоятельный чертеж.

В левом верхнем углу приводятся сведения о номере и наименовании операции, а также об оборудовании, на котором она выполняется.

На листе вычерчивается и заполняется штамп с основной надписью по ГОСТу 2.104 – 68.

Над основной надписью приводятся тексты переходов, выполняемых на данной операции. Пример выполнения смотрите ниже.

Общий вид приспособления должен содержать число проекций и разрезов достаточное для представления конструкции и принципа действия как всего приспособления так и отдельных его деталей, указываются технические требования. На чертеже проставляются габаритные, посадочные, присоединительные и другие размеры, вытекающие из назначения приспособления. Методика проектирования приспособлений приводятся в работах [1], [4]. Пример выполнения графической части проекта смотрите ниже.

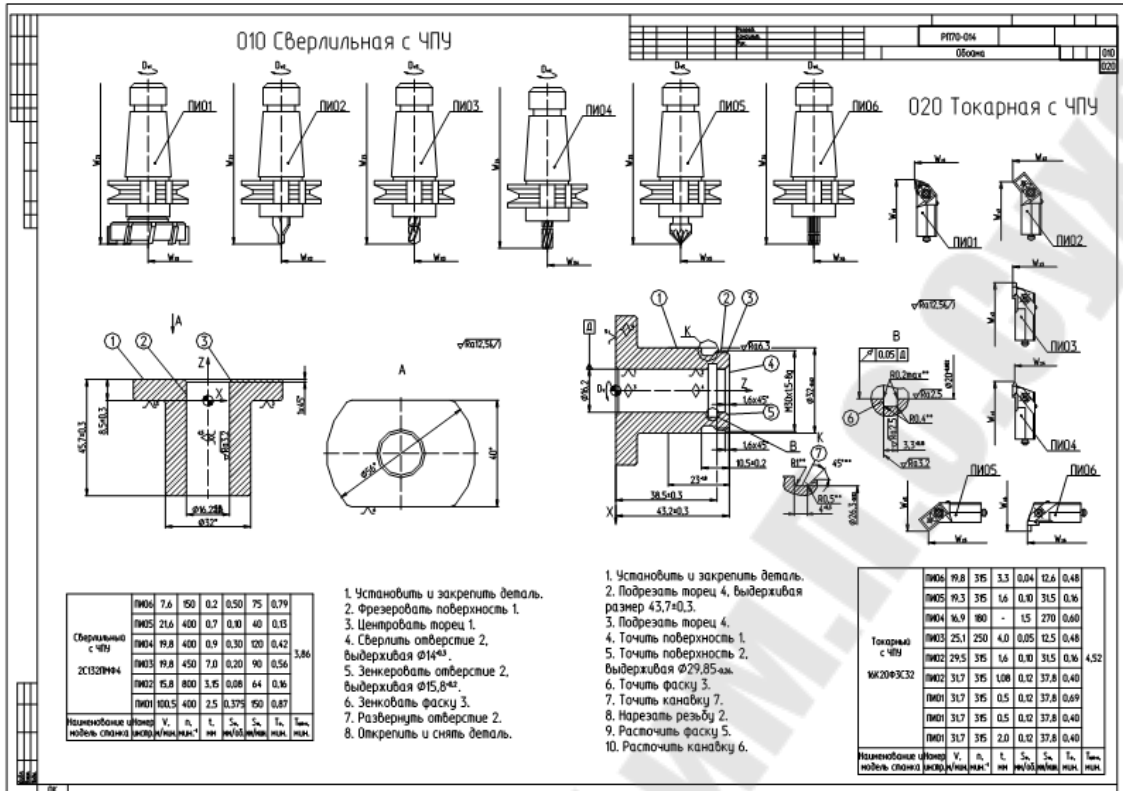


Рис. 3.4 – Чертеж-схема механической обработки детали

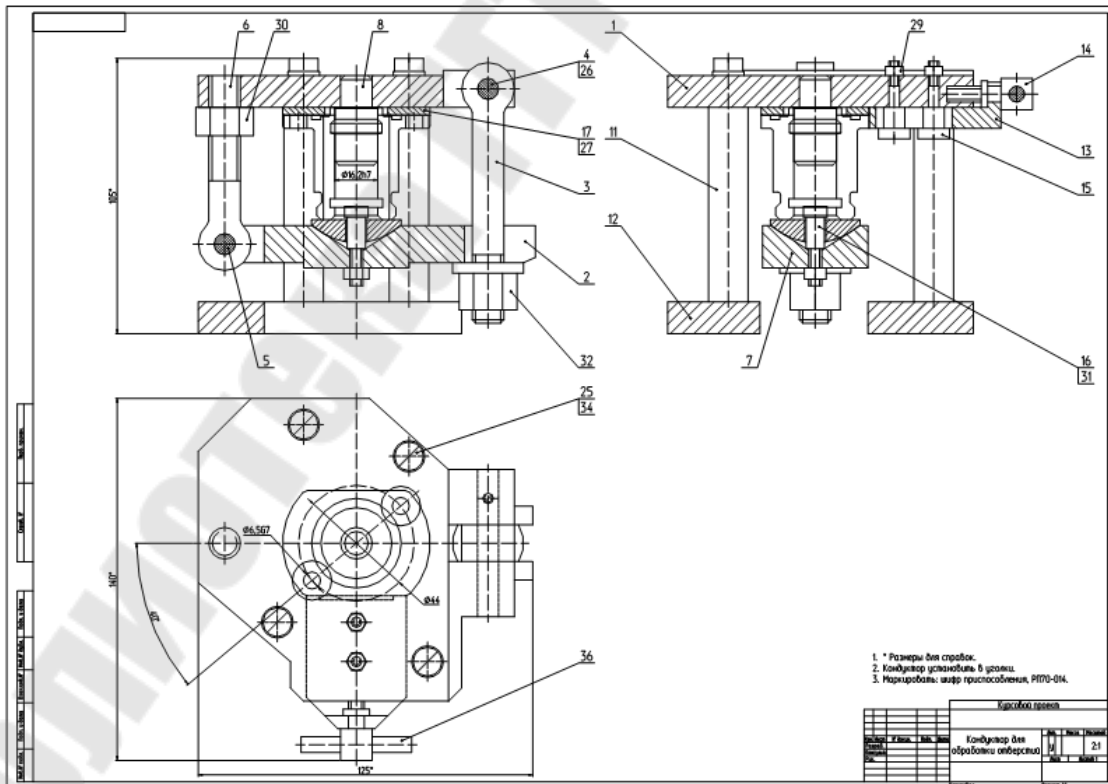


Рис. 3.5 – Чертеж (общий вид) приспособления

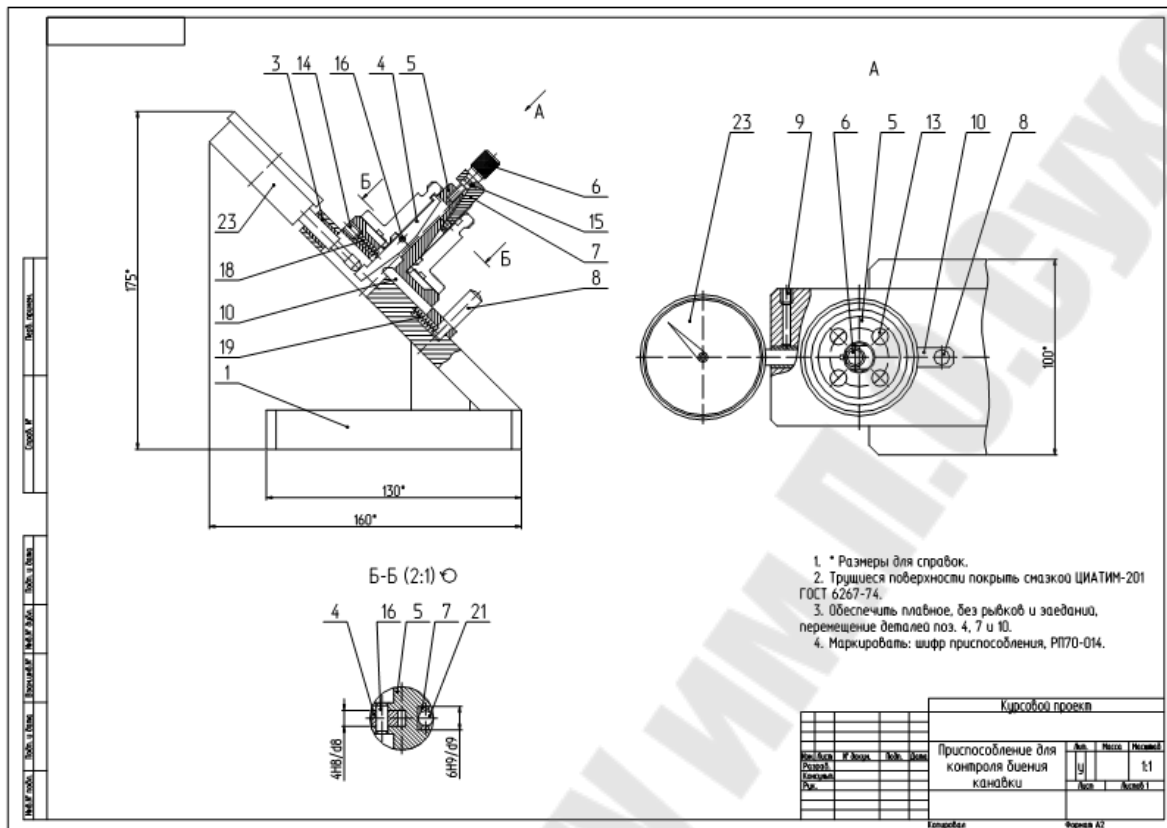


Рис. 3.6 – Чертеж (общий вид) приспособления

Л и т е р а т у р а

1. Астахов А.И., Бояршинов В.С., Вардашкин Б.Н. и др. Станочные приспособления: Справочник В 2-х т. М.: "Машиностроение", 1984.
2. Базирование и базы в машиностроении. ГОСТ 3.1107-81 М.: "Стандарты", 1976.
3. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов / А.Ф.Горбацевич, В.А.Шкред. – Мн.: Вышэйшая школа, 1983. – 256с.
4. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: "Машиностроение", 1971.
5. Кабаков М.Г., Стесин С.П. Технология производства гидроприводов. М.: "Машиностроение", 1974.
6. Маталин А.А., Френкель Б.И., Панов Ф.С. Проектирование технологических процессов обработки на станках с числовым программным управлением. Л.: Из-во Ленинградского университета, 1977.
7. Марочник сталей и сплавов / В.Г.Сорокин, А.В.Волосникова, С.А.Вяткин и др.; Под общ. ред. В.А.Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
8. Монахов Г.А., Оганян А.А., Кузнецов Ю.И. и др. Станки с программным управлением. Справочник. М.: "Машиностроение", 1975.
9. Махаринский Е.И. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / Е.И.Махаринский, В.А.Горохов – Мн.: Вышэйшая школа, 1997. – 424с.
10. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения / авт.-сост. Л.И. Шульга, Ю.А. Андреевец. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2009.- 30 с.
11. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производство. В 3-х ч. М.: "Машиностроение", 1975.
12. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на малогабаритных металлорежущих станках. Серийное и мелкосерийное производство. М.: "Машиностроение" 1979.

13. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного при работе на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производство. М.: "Машиностроение" 1982.

14. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени для технического нормирования работ по шлифовальным и доводочным станкам. Серийное, мелкосерийное и единичное производство. М., 1975.

15. Резников А.Н., Алексейцев Е.И. и др. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. М.: "Машиностроение", 1977.

16. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В.Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 408с.

17. Справочник технолога машиностроителя. Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. Т. 1, 2. М.: "Машиностроение", 1985.

18. Технологичность конструкции. Термины и определения. ГОСТ 14.205-83 (СТ СЭВ 2063-79). М.: "Стандарты", 1983.

19. Технология гидropневмоприводов. Разработка технологического процесса изготовления деталей типа «вал»: методические указания к практическим и контрольным работам / авт.-сост. Г.С.Кульгейко. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2009. – 58 с.

20. Шварцбург Б.И. Технология производства гидравлических машин. М.: "Машиностроение", 1978.

21. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов и др. – М.: Машиностроение, 1998 – 736с.

Перечень ГОСТов, используемых в курсовой работе

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

23. ГОСТ 1412 – 85 Отливки из серого чугуна.

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

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

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

27. ГОСТ 26645 – 85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М.: Изд-

во стандартов, 1989 – 55с.

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

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

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

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

Приложение 1. Технологический процесс механической обработки детали «Обойма РП70-014»

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

42 1

ГГТУ им. П.О. Сухого	РП70-014		
Обойма			ДП

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
СОГЛАСОВАНО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ УТВЕРЖДАЮ

Руководитель проекта

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ
на технологический процесс
механической обработки

Консультант Разработал студент
группы

Нормоконтролер

Внедрено в производство Комплект документов

АКТ № _____ ДАТА СООТВЕТСТВУЕТ

ТЛ

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

6 1

Разраб.				ГГТУ	65	РП70-014			
---------	--	--	--	------	----	----------	--	--	--

P 14			03	14,0	50	7,0	1	0,20	450	19,8
OK										

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
																			2	
																			01	
																			0	
Р											ПИ	D или B	L	t	i	s	n	V		
О	5. Зенкеровать отверстие 2, выдерживая																			
Т 02	Оправка спец.; Втулка 6101-0026 ГОСТ 13793-68; Зенкер спец.; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.																			
Р 03											04	15,8	50	0,9	1	0,30	400	19,8		
04																				
О	6. Зенковать фаску 3.																			
Т 06	Оправка спец.; Втулка 6101-0026 ГОСТ 13793-68; Зенковка 2353-0106 ГОСТ 14953-80; Штангенциркуль ШЦ-I-125-																			
Р 07											05	17,2	5	0,7	1	0,10	400	21,6		
08																				
О	7. Развернуть отверстие 2.																			
Т 10	Оправка спец.; Втулка 6101-0026 ГОСТ 13793-68; Развертка 2363-2058 Т15К6 ГОСТ 28321-89; Пробка спец.																			
Р 11											06	16,2	59	0,2	1	0,50	150	7,6		
12																				
О	8. Открепить и снять деталь.																			
14																				
О	9. Контроль исполнителем.																			
16																				
О	10. Уложить деталь в тару.																			
Т 18	Тара 4НПД 643,2-0,25.																			
OK																				

OK

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

OK

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

OK

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

OK

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

OK

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

OK

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

OK

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

Т 14 | Тара 4НПД 643,2-0,25.

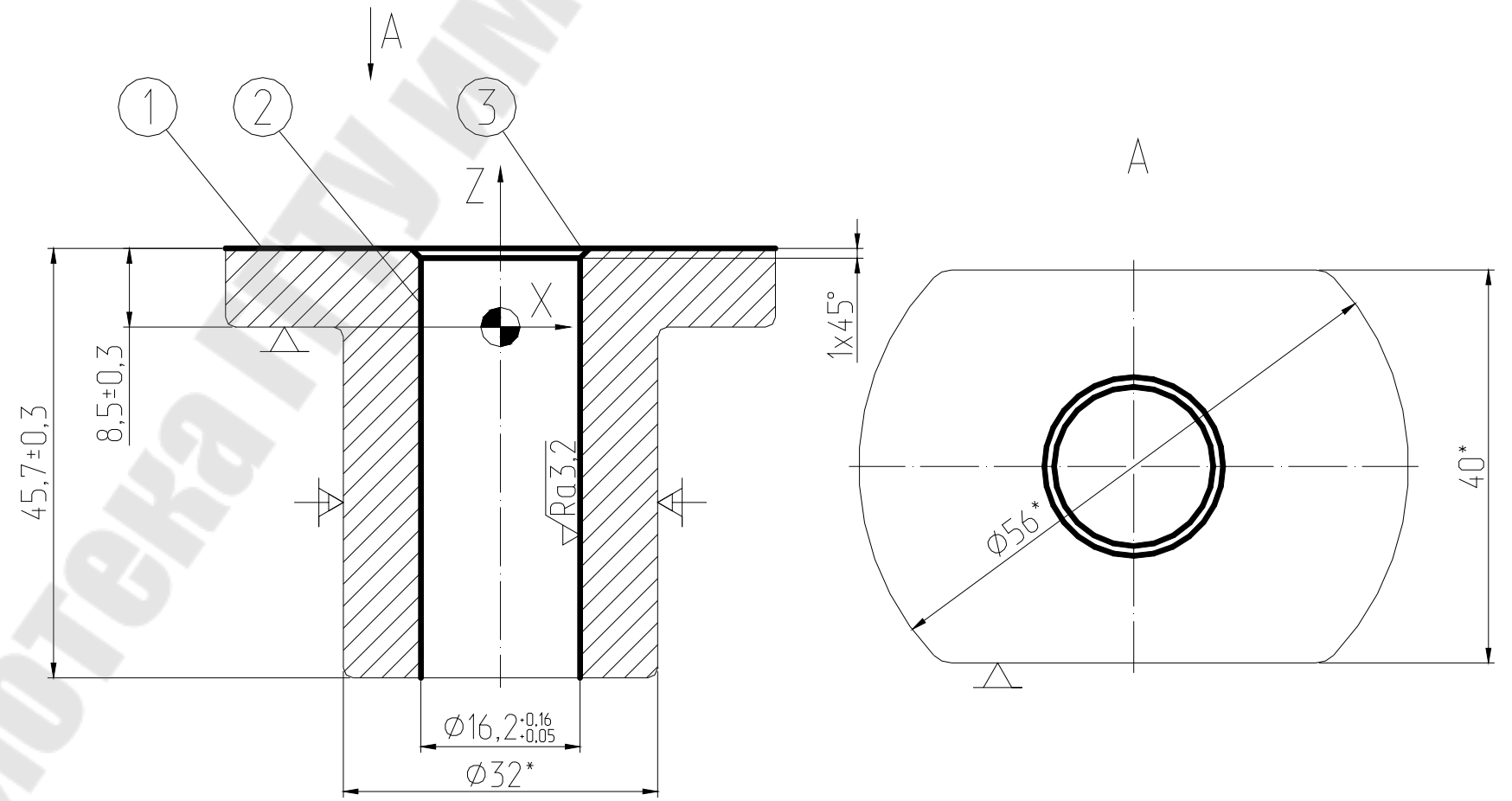
ОК

Дубл.
Взам.
Подл.

РП70-014

01
0

$\sqrt{Ra12,5(\checkmark)}$



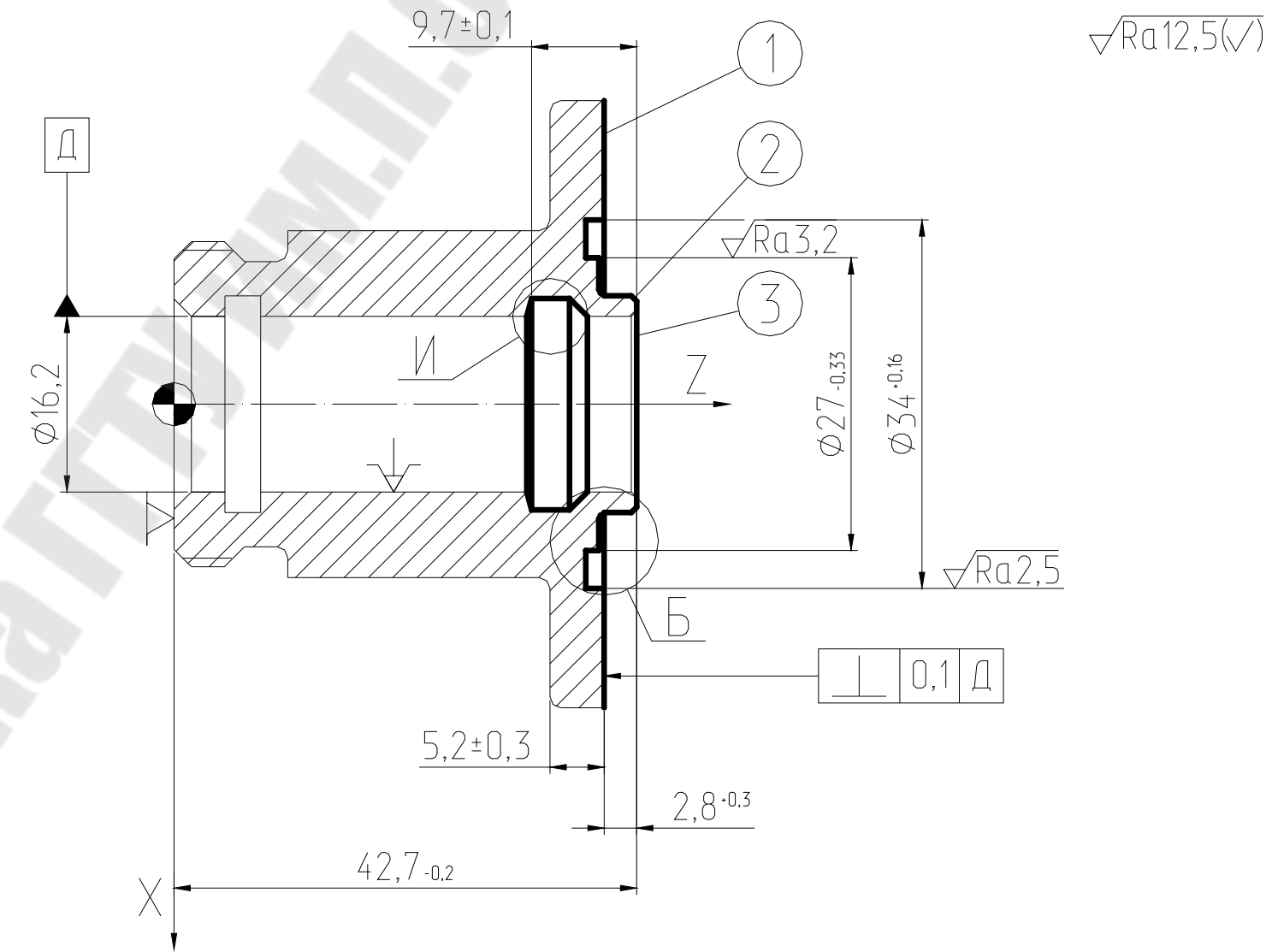
КЭ	
----	--

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

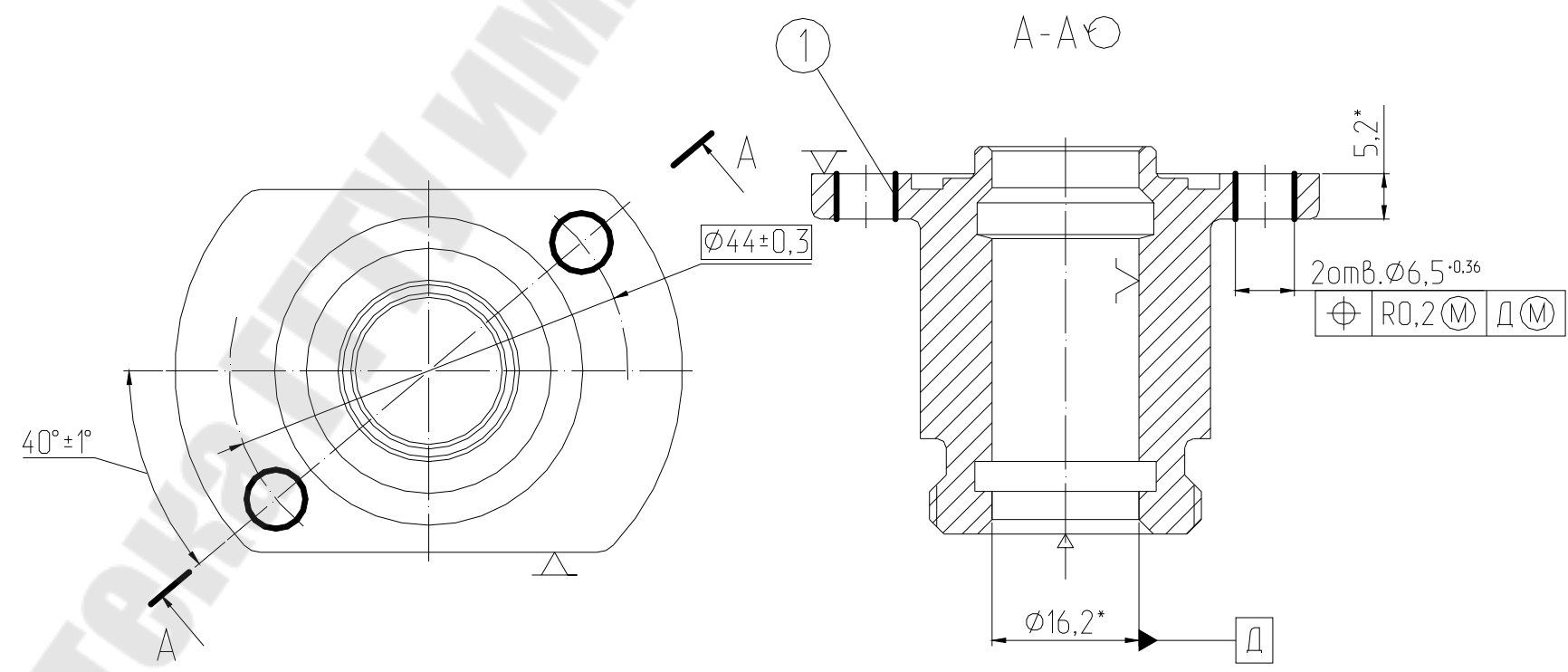
										РП70-014			03 0	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	---------	--



КЭ

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
												РП70-014		04 0	

$\sqrt{Ra12,5}$



КЭ

ОКТК	
------	--

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

12					
ОКТК					

Библиотека ГГТУ им. П.О.Скужого

12 | сок; качество промывки

ОКТК

Библиотека ГГТУ им.П.О.Суворова

С о д е р ж а н и е

1. Цели и задачи курсовой работы	3
2. Объем курсовой работы	5
3. Содержание расчетно-пояснительной записки	6
3.1. Технологический раздел	7
3.1.1. Назначение и конструкция обрабатываемой детали	7
3.1.2. Определение типа производства	10
3.1.3. Анализ технологичности конструкции детали	15
3.1.4. Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки	21
3.1.5. Анализ базового и технико-экономическое обоснование предлагаемого варианта технологического процесса обработки детали	25
3.1.6. Расчет режимов резания	31
3.1.7. Техническое нормирование	44
3.1.8. Выбор оборудования и расчет его количества	47
3.1.9. Уточнение типа производства и установление его организационной формы	51
3.2. Конструкторский раздел	51
3.2.1. Кондуктор для обработки отверстий	52
3.2.1.1. Назначение, описание конструкции и принцип действия кондуктора	52
3.2.1.2. Расчет необходимого усилия зажима	53
3.2.1.3. Расчет элементов кондуктора на прочность	55
3.2.2. Приспособление для контроля биения канавки	55
3.2.2.1. Назначение, описание конструкции и принцип действия приспособления	55
3.2.2.2. Расчет приспособления на точность	56
3.3. Выводы и предложения	57
4. Правила оформления технологической документации	57
5. Содержание графической части проекта	57
Литература	61
Приложения	64

Кульгейко Галина Степановна
Петухов Александр Владимирович

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИДРОПНЕВМОПРИВОДОВ

**Методические указания
к курсовой работе по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 01 07
«Гидропневмосистемы мобильных
и технологических машин»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 10.04.13.

Рег. № 62Е.
<http://www.gstu.by>