

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Ленинградской области  
«Подпорожский политехнический техникум»

Методические указания  
к выполнению курсовых проектов  
по дисциплине «Технология машиностроения»  
специальность 15.02.08  
*“Технология машиностроения”*  
*IV курс*

Подпорожье  
2023

СОГЛАСОВАНО

на МК ПССЗ и ПКРС  
Председатель: \_\_\_\_\_ Л.А. Ядыкина

протокол № \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела по УР  
\_\_\_\_\_ И.Р. Тер-Абрамова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Разработчик: преподаватель Васина Т.В.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	6
I. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....	6
II. СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....	7
1. СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛИ.....	7
1.1. Геометрические показатели детали.....	8
1.1. Характеристика материала детали.....	8
1.3. Технологичность конструкции детали .....	9
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА, РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ.....	10
3. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА И СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ.....	11
4. НАЗНАЧЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ .....	14
5. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ .....	17
6. РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	20
6.1. Определение числа этапов обработки по каждой поверхности заготовки. ....	21
6.2. Последовательность обработки поверхностей заготовки .....	21
6.3 Формирование принципиальной схемы технологического маршрута.....	22
6.4. Построение эскизного технологического маршрута.....	23
7. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, РЕЖУЩЕГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТОВ.....	25
8. РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ .....	27

9.РАСЧЁТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЯ КАРТА НА ОДНУ ИЗ ОПЕРАЦИЙ.....	29
III. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....	29
ВЫВОДЫ ПО ПРОЕКТУ .....	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ А. БЛАНК ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ».....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ.....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. НАИМЕНОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ.....	40

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курсовой проект является завершающим этапом в изучении дисциплины "Технология машиностроения".

Основу курсового проекта составляет разработка технологического процесса изготовления заданной детали. Принятые в курсовом проекте решения должны быть экономически обоснованы, обеспечить заданные технические условия на изготовление и соответствовать типу производства.

В курсовом проекте следует предусмотреть максимальную механизацию и автоматизацию операций, использование новейших режущих материалов и на этой основе применять высокопроизводительные режимы резания, добиваться сокращения стоимости изготовления деталей за счёт применения быстродействующих механизированных приспособлений, современного оборудования, робототехники по изготовлению деталей машин.

Курсовой проект по учебной дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальности 15.02.08 – Технология машиностроения и для студентов смежных специальностей, предшествует выполнению дипломного проекта по учебной дисциплине «Технология машиностроения» и является самостоятельной работой студента.

Цель курсового проекта – научить студента методике проектирования технологического процесса изготовления детали, используя знания, полученные им при изучении предшествующих учебных дисциплин, пользоваться необходимой справочной технической литературой и руководящими материалами (ГОСТ 2.004-88 ЕСКД).

В результате выполнения курсового проекта обучающийся должен уметь:

- применять методику отработки деталей на технологичность;
- применять методику проектирования операций;

В результате выполнения курсового проекта обучающийся должен знать:

- способы обеспечения заданной точности изготовления деталей;
- технологические процессы производства типовых деталей и узлов машин

В процессе выполнения курсового проекта студент приобретает практические навыки проектирования технологических процессов изготовления деталей средней сложности.

При выполнении курсового проекта особое внимание уделяется самостоятельному творчеству студента с целью развития его инициативы в решении технологических задач. При защите курсового проекта студент должен аргументировано объяснить принятые им решения.

Роль преподавателя (руководителя курсового проекта) состоит в том, чтобы помочь студенту освоить методику проектирования технологического процесса изготовления детали (единичный технологический процесс); применить на практике знания, полученные при изучении учебной дисциплины «Технология машиностроения».

## ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Темой курсового проекта является проектирование технологического процесса изготовления детали средней сложности и обрабатываемой различными методами.

Задание на курсовой проект выдает руководитель в виде бланка задания (приложение А). В нем указываются исходные данные, которые включают: чертеж детали, объем производства, дату выдачи задания, срок выполнения курсового проекта.

Курсовой проект представляется в виде расчетно-пояснительной записки объемом 25– 30 страниц формата А4, оформленной в соответствии с ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Содержание расчетно-пояснительной записки изложено на обороте бланка задания на курсовой проект и не подлежит изменению.

Титульный лист пояснительной записки оформляется в соответствии с приложением Б.

В учебных целях объем выполняемой работы ограничен, часть вопросов, таких как расчет режимов резания, нормирования операций и др. не рассматривается.

## I. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

### СОДЕРЖАНИЕ

Содержание должно включать все разделы и составные части курсового проекта за исключением «титульного листа», «бланка задания» на курсовой проект и самого листа с содержанием. В содержание включают разделы и подразделы, имеющие заголовки. Наименования и последовательность разделов и подразделов должны полностью соответствовать содержанию расчетно-пояснительной записки, изложенному на второй странице «бланка задания» на курсовой проект (приложение А).

Приложения указывают в содержании вместе с их обозначениями и наименованиями. В содержании указывают номера страниц, на которых размещается начало составных частей без обозначений «с» или «стр» вверху.

## ВВЕДЕНИЕ

Введение в курсовой проект по учебной дисциплине «Технология машиностроения» должно раскрывать ту задачу, которую необходимо решить в результате разработки технологического процесса изготовления детали с использованием классических правил, изложенных в указанной выше дисциплине, описать цель проекта, актуальность цели, методику и последовательность его выполнения, результаты проекта, краткие выводы.

Максимальный объем введения – одна страница.

## II. СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

### 1. СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛИ

ГОСТ 2.101–68 «ЕСКД». Виды изделий» определяет, что изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению их на предприятии.

Выполнение данного раздела необходимо для творческого понимания функций детали, технологический процесс на которую необходимо разработать в соответствии с заданием. Технические характеристики изделия (сборочной единицы) предъявляют требования к служебному назначению детали и к ее техническим параметрам.

В процессе проектирования студент должен ознакомиться с конструкцией детали, ее назначением и условиями работы в узле или механизме. Все эти вопросы должны быть изложены в рассматриваемом разделе пояснительной записки.

Для технически грамотного и обоснованного изложения этого раздела необходимо изучить чертежи детали, дать описание конструктивных элементов, основных поверхностей детали и влияния их взаимного расположения, точности и шероховатости поверхности на качество работы механизма, для которого изготавливается деталь.

В этом разделе следует описать к какому классу относится деталь по ГОСТу 2.101–68. Для чего служит в изделии, где находит применение, из какого материала изготовлена.

Пример:

Деталь – ступенчатый вал относится к классу .... Назначение ступенчатых валов – передача крутящего момента от ... Валы находят свое применение в ...

Имеет следующие конструктивные элементы: шпоночный паз для..., шлицы для..., фаски ..., отверстие для... Вал выполнен из ...

### 1.1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕТАЛИ

В этом пункте требуется представить функциональные характеристики поверхностей детали, указать ее основные и вспомогательные конструкторские базы, а также свободные поверхности. Студенту следует проанализировать влияние точностных показателей (точности размеров, пространственных отклонений, макро- и микрогеометрии) поверхностей детали на качество работы изделия, в которое входит рассматриваемая деталь.

Из описания назначения и конструкции детали должно быть ясно, какие поверхности и размеры имеют основное, решающее значение для служебного назначения детали и какие – второстепенное.

Пример:

Деталь “Вал ” состоит из перечисленных ниже элементов.

Подшипниковой шейки длиной 16 мм и диаметром 40 мм с шероховатостью поверхностей Ra 1,6 мкм. На валу предусмотрены 10 шлицев, шириной 16 мм, допуском на размер  $d10_{-0,12}^{-0,05}$ , шероховатостью Ra 1,6 мкм, длиной 60 мм. На венце шестерни нарезаны 60 прямых зубьев, модулем 5, на диаметре 308 мм. Так как предполагается вывод из зацепления зубчатой передачи, с одной стороны зуб закруглён под радиус 30 градусов. Шероховатость по диаметру делительной окружности зубьев Ra 1,6 мкм. Также на вал-шестерне имеются паз под кольцо шириной 6,5 мм и шероховатостью Ra 3,2 мкм диаметром 103 мм, допуском на размер  $h9(-0,087)$ , два технологических сквозных отверстия, диаметром 28 мм на диаметре 230 мм.

К изготавливаемой детали предъявляют следующие требования:

- допуск радиального биения на...

Основной базовой поверхностью является ...

Вспомогательными базовыми поверхностями являются ...

### 1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ

Приводятся группа и марка материала детали, его химический состав. На основании справочной литературы указываются физико-механические характеристики материала, возможные методы термической обработки,



анализируются свойства материала (литейные свойства, деформируемость и др.). Кроме того, необходимо высказать свои соображения относительно правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле, целесообразности его замены другими марками и какими именно.

Пример:

Материал детали – (расшифровать маркировку материала)

Представить химический состав материала в таблице

Представить механические характеристики материала в таблице.

$\sigma_B$  - предел кратковременной прочности, МПа;

$\sigma_{0,2}$  - предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), МПа;

$\delta$  - относительное удлинение при разрыве, %;

$\Psi$  - относительное сужение, %;

НВ- твёрдость по Бринеллю, МПа.

Выписать, какими свойствами обладает материал, литейными, обрабатываемостью, прочностью и т.д.

### 1.3. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Технологичность изделия – это совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте, включая утилизацию изделия по окончании срока эксплуатации, при одних и тех же показателях качества изделия.

В рамках курсового проекта студент укрупненно оценивает только производственную технологичность конструкции детали. Для этого необходимо выполнить анализ последней с позиций возможности ее обработки лезвийным и абразивным инструментом ГОСТ Р 57944-2017. Таким образом, технологичность детали оценивается с точки зрения производственного процесса ее изготовления. Качественная оценка технологичности (простота, удобство обработки, величины точностных показателей, расположение поверхностей и др.). Количественная оценка технологичности (коэффициент унификации конструктивных элементов, коэффициент точности обработки, коэффициент шероховатости поверхностей и др.). По результатам проведенного анализа могут быть предложены изменения в чертеж детали для улучшения технологичности ее конструкции.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА, РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ

Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и

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

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

Под серийным производством понимают изготовление или ремонт изделий периодически повторяющимися партиями по неизменным чертежам в течение продолжительного промежутка календарного времени. Различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства.

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

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

На первом этапе проектирования тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема производства по табл. 1 [1].

Студент должен определить годовую программу изготовления деталей в штуках с учетом запасных частей и возможных потерь по формуле [1, 2, 3]:

$$P = P_1 \cdot m \left( 1 + \frac{\beta}{100} \right), \quad (1)$$

где  $P_1$  – объем производства деталей, шт./год;

$m$  – количество деталей данного наименования;

$\beta$  -количество дополнительно изготавливаемых деталей для запасных частей и для восполнения возможных потерь в процентах ( $\beta = 5 \dots 7 \%$ ).

Таблица 1 Определение типа производства

Тип производства	Годовой объем производства деталей одного наименования, шт.		
	Тяжелых (крупных) массой свыше 30 кг	Средних массой до 30 кг	Легких (мелких) массой до 6 кг

единичное	До 5	До 10	До 100
мелкосерийное	6-100	11-200	101-500
среднесерийное	101-300	201-1000	501-5000
крупносерийное	301-1000	1001-5000	5001-50000
массовое	Свыше 1000	Свыше 5000	Свыше 50000

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

$$n = \frac{P \cdot \alpha}{F}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  - число дней, на которые необходимо иметь запас деталей на складе (для обеспечения сборки, рекомендуется принимать  $\alpha = 10$ );

F - число рабочих дней в году (можно принимать F = 240).

В зависимости от размеров партии в рамках серийного производства различают:

- мелкосерийное производство (при количестве изделий в партии до 25 шт.);
- среднесерийное производство (при количестве изделий в партии от 25 до 200 шт.);
- крупносерийное производство (при количестве изделий в партии более 200 шт.).

В рамках курсового проекта нормирование технологического процесса не выполняется, поэтому тип производства определяется предварительно, без уточнения по коэффициенту закрепления операций.

На основании произведенного расчета следует указать, что представляет из себя данный тип производства, какое оборудование, оснастка и режущий инструмент соответствуют выбранному типу производства.

### 3. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА И СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

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

Наиболее распространенные в машиностроении методы получения заготовок (литье, штамповка и др.) могут быть реализованы разными способами (литье в кокиль, литье по выплавляемым моделям; штамповка на КГШП,

штамповка на ГКМ и т. д.), выбор которых требует технико-экономического обоснования.

В рамках курсового проекта студент должен осуществить оптимальный выбор способа получения заготовки и привести его обоснование.

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

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

2. Точность формы, размеров и качество поверхностного слоя заготовок.

Требуемая точность геометрических форм и размеров заготовок существенно влияет на их себестоимость. Чем выше требования к точности отливок, штамповок и других заготовок, тем выше стоимость их изготовления. Это определяется главным образом увеличением стоимости формообразующей оснастки (модели, штампы, пресс-формы), уменьшением допуска на ее износ, применением оборудования с более высокими параметрами точности (и, следовательно, более дорогого), увеличением расходов на его содержание и эксплуатацию.

Качество поверхностного слоя заготовки сказывается на возможности ее последующей обработки и на эксплуатационных свойствах детали, таких как усталостная прочность, износостойкость и др. Оно формируется практически на всех стадиях изготовления заготовки. Технологический процесс определяет не только микрогеометрию поверхности, но и физико-механические свойства поверхностного слоя.

3. Технологические свойства материала. Методы получения заготовок накладывают вполне определенные ограничения на использование тех или иных конструкционных материалов, которые определяются по достаточности литейных свойств, пластичности, свариваемости и других характеристик. При наличии достаточного комплекса всех этих свойств у материала его выходные механические характеристики могут сильно различаться у заготовок, полученными всеми возможными методами. Так, известно, что литые заготовки имеют крупнозернистое строение, неоднородность механических свойств и химического состава по сечению отливки. Пластически деформированный металл обладает ярко выраженной текстурой в виде волокнистого строения мелких зерен; анизотропией механических свойств в зависимости от направления

волокон; наклепом. В целом же, пластически деформированные заготовки обладают более высокими прочностными свойствами по сравнению с литыми.

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

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

6. Сроки освоения производства.

Данный критерий характеризует промежуток времени, необходимый предприятию на освоение нового для себя способа получения заготовок. Сроки освоения производства определяются сложностью изготавливаемого изделия, характером применяемых технологических процессов и типом производства. Чем больше количество и сложность используемого оборудования и оснастки, тем больше сроки освоения производства. Предварительно выбор заготовки может быть осуществлен на основе комплексного анализа указанных выше факторов.

Основными критериями, определяющими технологию получения заготовок, являются конструктивная форма и физико-механические свойства материала детали, тип производства и имеющееся технологическое оборудование.

Произведя выбор способа изготовления заготовки, необходимо выполнить расчет размеров заготовки в следующей последовательности:

- выбирают припуски на механическую обработку заготовки. Выбор припусков на механическую обработку штампованных заготовок осуществляется по таблицам ГОСТ 7505-74, литых 2309-55, 1855-55 и др. При отсутствии соответствующей справочной литературы определение значения припусков производится расчетно-аналитическим методом, разработанным проф. В.М. Кованом;

- рассчитывают размеры заготовки. Для расчета размеров заготовки табличные значения припусков на механическую обработку прибавляют к размерам наружных (охватываемых) поверхностей готовой детали, подлежащих обработке. Для определения внутренних (охватывающих) размеров заготовки припуски вычитают;

- выбирают отклонения размеров заготовок и определяют (выписывают) размеры и отклонения заготовок;

- выполняют эскиз заготовки, рисунок 3.1, с указанием размеров и отклонений; рассчитывают массу материала заготовки; рассчитывают коэффициент использования материала  $K_{им}$ .

Пример эскиза:

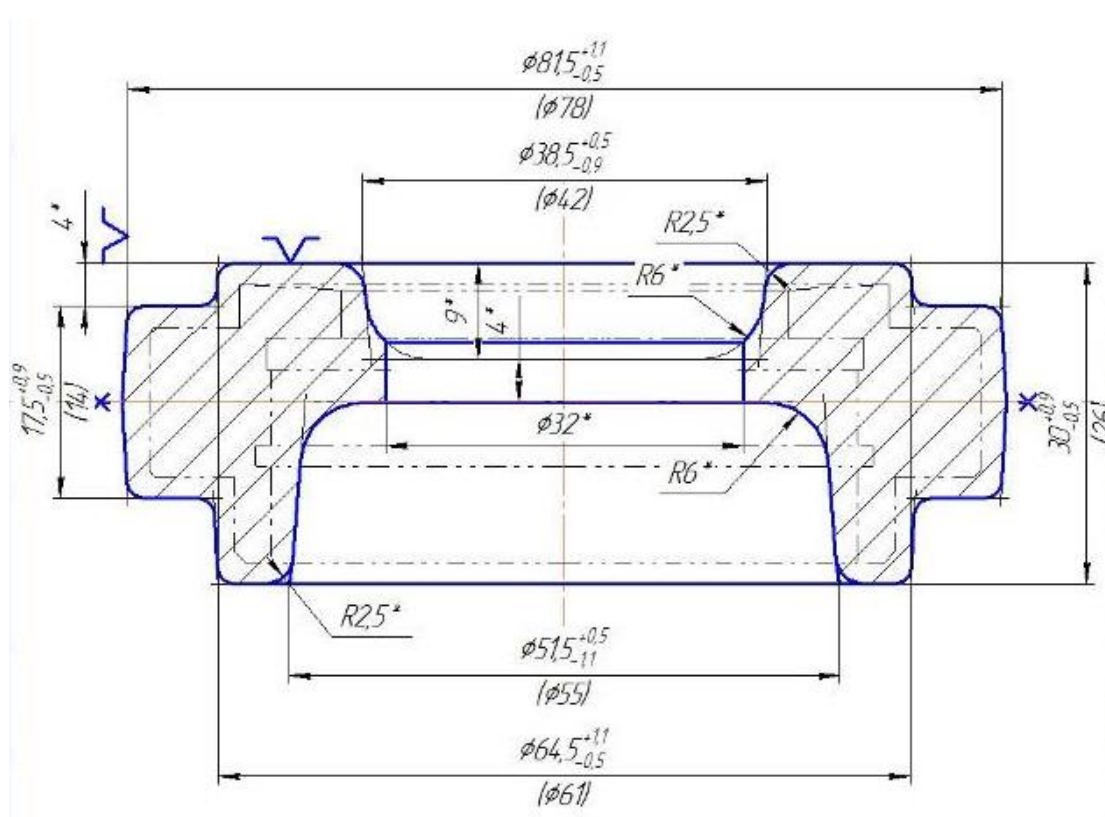


Рисунок 3.1 – Чертеж заготовки, получаемый ковкой

#### 4. НАЗНАЧЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

Задачей данного раздела курсового проекта является создание плана обработки поверхностей детали, рисунок 4.1, выбор таких методов и средств их обработки, которые позволили бы экономичным путем превратить заготовку в деталь и обеспечить при этом требуемое качество по всем показателям.

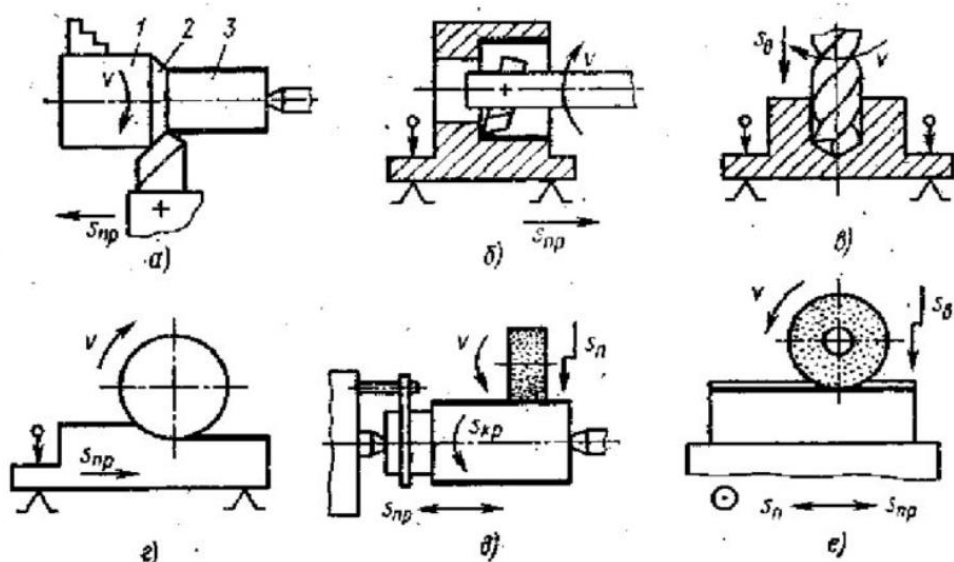


Рисунок 4.1 – Схема обработки детали

Выявление необходимого набора методов обработки по каждой поверхности детали относится к многовариантным задачам и предшествует этапу проектирования маршрутного технологического процесса изготовления детали. На выбор методов обработки влияют нижеследующие факторы.

1. Требования к качеству, которым должна отвечать готовая деталь.
2. Качество заготовки.
3. Количество деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени и по неизменяемому чертежу.
4. Техничко-экономические показатели, характеризующие каждый метод обработки.

Выбор методов обработки производится по направлению от детали к заготовке. С использованием таблиц экономической точности (табл.1 Приложения Г) по каждой поверхности детали назначается набор методов обработки, исходя из коэффициентов уточнения.

Коэффициент уточнения – отношение допуска на размер заготовки к допуску на соответствующий размер готовой детали.

Рассмотрим назначение методов обработки для обеспечения требуемой точности поверхности детали А. Пусть требуется изготовить партию валиков, погрешность наружных диаметров которых должна находиться в пределах допуска  $TA_{dem} = 2$  мкм. В качестве заготовки примем калиброванный пруток с допуском на диаметральный размер  $TA_{zag} = 280$  мкм.

Устанавливаем общий расчетный коэффициент уточнения  $\xi$  :

$$\xi = \frac{TA_{zag}}{TA_{dem}} = \frac{280}{2} = 140.$$

Технологические системы, способные обеспечить уточнения в 140 раз, отсутствуют, поэтому возникает необходимость в нескольких технологических переходах.

В качестве финишного метода обработки выбираем притирку, которая способна обеспечить погрешность обработки в пределах 2 мкм. Тогда, с учетом того, что  $TA_1 = TA_{\text{дем}}$ , а допуск  $TA_2$  на операцию, предшествующую притирке (предварительную притирку), составляет 15 мкм, коэффициент уточнения данной операции составит:

$$\xi_1 = \frac{TA_2}{TA_1} = \frac{TA_2}{TA_{\text{дем}}} = \frac{15}{2} = 7,5.$$

Для поиска остальных методов находим их суммарное уточнение:

$$\xi_{2,3} = \frac{\xi_0}{\xi_1} = \frac{140}{7,5} = 18,6.$$

Бесцентровое шлифование по таблицам точности методов обработки обеспечивает точность диаметра в пределах 100 мкм. Отсюда получим:

$$\xi_3 = \frac{280}{100} = 2,8.$$

Следовательно, между притиркой и бесцентровым шлифованием необходимо ввести еще один технологический переход – предварительную притирку с уточнением  $\xi_2$ :

$$\xi_2 = \frac{\xi_{2,3}}{\xi_3} = \frac{18,6}{2,8} = 6,8.$$

Это возможно при условии, если заготовки, поступающие на предварительную притирку, имеют отклонение по диаметральному размеру не более 100 мкм, что обеспечивается предшествующим бесцентровым шлифованием.

Таким образом, для достижения заданной точности валиков необходимо применить три метода обработки: бесцентровое шлифование, предварительную притирку и окончательную притирку, которые обеспечат требуемое уточнение:

$$\xi = \xi_3 \cdot \xi_2 \cdot \xi_1 = 2,8 \cdot 6,8 \cdot 7,5 = 142,8.$$

Из приведенного примера видна связь между технологическими переходами и обоснованность их последовательности при достижении точности диаметра поверхности А валика.

Аналогичным образом нужно произвести расчет коэффициентов уточнения по величине шероховатости поверхности детали. При этом следует иметь в виду, что, если коэффициент уточнения по шероховатости поверхности больше, чем коэффициент уточнения по точности размера, то набор необходимых методов обработки следует производить по шероховатости поверхности детали.

Направление расчета и нумерация переходов при составлении плана обработки идет от готовой детали к заготовке.



Значения коэффициентов уточнения должны быть больше единицы.

Однако для термической обработки, операций нанесения гальванических покрытий и т. п. значения коэффициентов уточнения меньше единицы, так как эти виды обработки снижают точность детали.

Обоснованный расчет или назначение набора методов обработки по каждой поверхности детали с использованием таблиц экономической точности позволит спроектировать технологический процесс изготовления детали с учетом экономической эффективности методов обработки.

Необходимо отметить, что проектирование плана обработки поверхностей имеет направленность от детали к заготовке. При изготовлении детали процесс обратный – от заготовки к детали.

## 5. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ

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

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

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

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

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

Базы классифицируют по назначению, лишаемым степеням свободы и характеру проявления (рис. 1) [10].

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

При выборе технологических баз необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. В качестве технологической базы желательно выбирать конструкторскую базу.
2. На первой операции технологическую базу следует выбирать с учетом решения одной из двух задач: равномерного распределения припуска между обрабатываемыми поверхностями детали или обеспечения размерной связи между поверхностями, подлежащими обработке и поверхностями необрабатываемыми.
3. В качестве установочной технологической базы следует выбирать поверхность, имеющую наибольшую протяженность в 2-х взаимно перпендикулярных направлениях.

4. В качестве направляющей технологической базы необходимо выбирать поверхность, имеющую наибольшую протяженность в одном направлении.
5. В качестве опорной технологической базы необходимо выбирать поверхность, имеющую наименьшие габариты.
6. Поверхности, которые будут использованы в качестве технологической базы в дальнейшем, должны быть обработаны на первой операции, желательно за один установ детали.

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

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

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

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

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

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

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

Схема базирования – схема расположения опорных точек на базах заготовки или изделия. На рис. 1 – 11 Приложения Д приведены типовые схемы базирования и установки деталей [9].

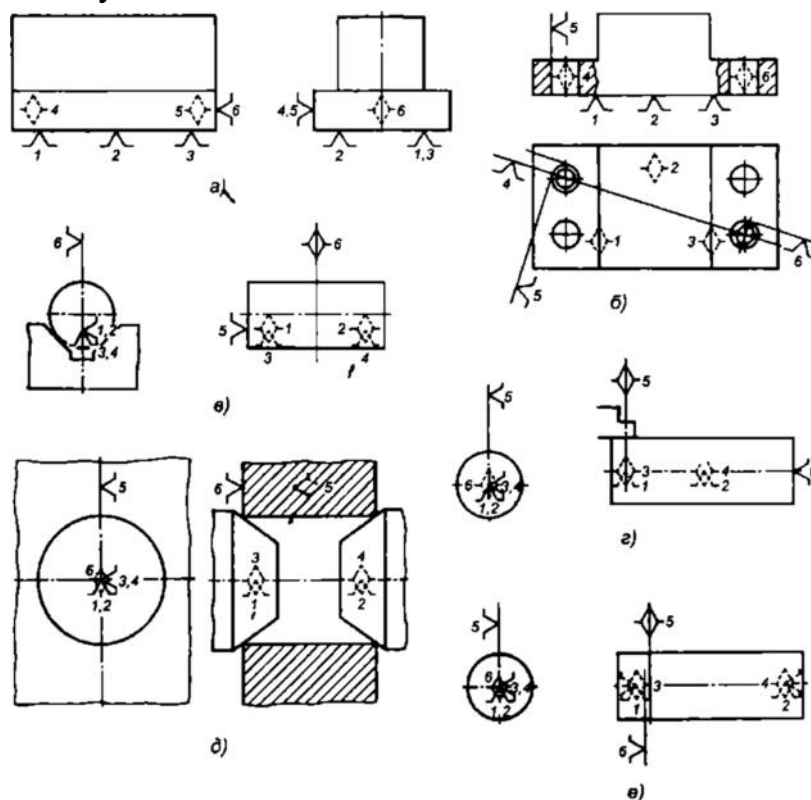
При составлении схем базирования необходимо соблюдать следующие правила.

1. Все опорные точки на схеме базирования изображают условными обозначениями (рис. 2) и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек. В качестве примера на рис. 3 представлена схема базирования призматической детали.

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

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

В рассматриваемом разделе пояснительной записки необходимо привести схемы базирования с указанием названий технологических баз и лишаемых



степеней свободы.

Так, например, на рис. 3:

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

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

6 – опорная явная база, лишает деталь 1 степени свободы (перемещений вдоль оси  $OX$ ).

## 6. РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

На основании выбранных ранее экономически целесообразных методов обработки определяем необходимое число этапов (ступеней) обработки по каждой поверхности заготовки.

Рассмотрим основное назначение каждого из этапов обработки детали.

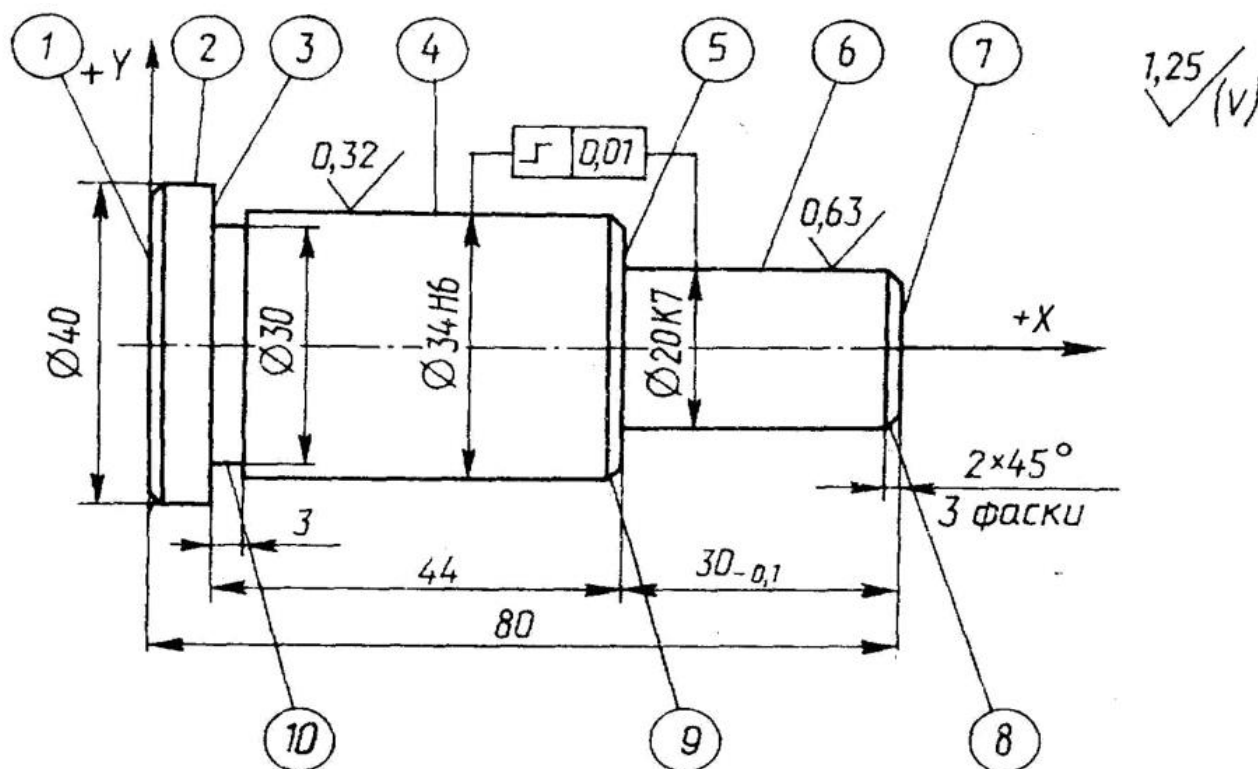
Черновой этап – уменьшение и равномерное распределение припуска на последующую обработку; удаление поверхностных дефектов с заготовки; сравнительно невысокая точность обработки; высокопроизводительное оборудование.

Чистовой этап – обеспечение минимальных припусков под окончательные операции; режимы резания менее напряженные, чем при черновом этапе, оборудование более точное.

Окончательный этап – получение требуемой точности детали и качества поверхностного слоя; режимы резания, технологическое оборудование и оснастка назначаются с учетом обеспечения требований конструкторской документации.

Отделочный этап – обеспечение требуемого качества поверхностного слоя детали, если оно не было достигнуто на окончательном этапе из-за невозможности или экономической нецелесообразности; например такие методы обработки как суперфиниш, притирка, хонингование и т. п.

### 6.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ЭТАПОВ ОБРАБОТКИ ПО КАЖДОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗАГОТОВКИ.



В данном разделе пояснительной записки необходимо составить таблицу с этапами обработки по каждой поверхности

Таблица 6.1 – Этапы обработки

Поверхность обработки	Этапы обработки
1	Черновая
	Чистовая
	Окончательная
2	Черновая
3	Черновая
4	Черновая
	Чистовая
	Окончательная
5	Черновая
	Чистовая
	Окончательная

Следует отметить, что набор этапов обработки и их совместное применение не является строго обязательным, и определяется в каждом конкретном случае техническими требованиями к показателям качества изготавливаемой детали, способом получения заготовки, материалом детали, программой выпуска, типом производства.

## 6.2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗАГОТОВКИ

В разделе 5 были выявлены сочетания методов обработки по каждой поверхности детали, причем их выбор происходил в направлении от детали к заготовке.

В данном подразделе следует произвести переориентацию выбранных выше методов обработки (с учетом ее этапов (стадий), сформированных в подразделе 6.1) в направлении от заготовки к детали.

Обработка поверхностей заготовки ведётся в порядке от более грубых методов обработки к более точным. Последний метод обработки по параметрам точности и качества должен соответствовать требованиям чертежа.

Поверхность 1 – черновое точение;

Поверхность 4 – черновое точение;

Поверхность 5 – черновое точение;

Поверхность 3 – черновое точение;

Поверхность 14 – черновое точение;

Поверхность 3 – чистовое точение;

Поверхность 11 – чистовое точение;

Поверхность 14 – чистовое точение;

Поверхность 12 – чистовое точение;

И т.д.

### 6.3. ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА

На основании выбранных ранее методов обработки, а также ее этапов (стадий) и последовательности составляется принципиальная схема обработки заготовки. Данная схема является основанием для разработки эскизного технологического маршрута и включает в себя последовательность операций в направлении от заготовки к готовой детали. Наименования операций следует выбирать в соответствии с табл. 1 Приложения Е.

Схема начинается с заготовки (с указанием метода и способа ее получения) и заканчивается деталью; даются пояснения к схеме, разъясняющие ее элементы.

- 1) Фрезерование: пов. 2, пов. 7;
- 2) Черновое точение: пов. 1, пов. 4, пов. 5;
- 3) Черновое точение: пов. 3, пов. 14;
- 4) Чистовое точение: пов. 14, пов. 3, пов. 4, пов. 8, пов. 12, пов. 13, пов. 16;
- 5) Чистовое точение: пов. 5, пов. 9, пов. 10, пов. 11;
- 6) Фрезеровать: пов. 14, пов. 6;
- 7) Шлифование: пов. 5;
- 7) Шлифование: пов. 4;

И т.д.

### 6.4. ПОСТРОЕНИЕ ЭСКИЗНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА

Эскизный технологический маршрут включает наименования операций, операционные эскизы с указанием схем базирования, операционных размеров и шероховатостей обрабатываемых поверхностей. Обрабатываемые поверхности в обязательном порядке выделяются цветом. По каждой операции указывается применяемое оборудование.

Построение технологического маршрута обработки во многом определяется конструктивно-технологическими особенностями детали, в т. ч. требованиями, предъявляемыми к точности ее основных и вспомогательных конструкторских баз. Выбор маршрута обработки существенно зависит от типа производства, уровня автоматизации и применяемого оборудования.

При проектировании технологических процессов используют два взаимоисключающих принципа: принцип концентраций технологических переходов, принцип дифференциации переходов.

Принцип концентрации технологических переходов – сосредоточении в одной операции выполнения большого числа технологических переходов по обработке разных поверхностей детали (единичное и серийное производство).

Принцип дифференциации – разукрупнение переходов вплоть до соответствия одной операции одному технологическому переходу (массовое производство).

На построение технологического процесса изготовления детали помимо выше названных факторов оказывают влияние:

- цель и место проведения термической, химико-термической обработки;
- гальванические и лакокрасочные покрытия и правила подготовки поверхностей к их проведению;
- электрофизические и электрохимические методы обработки и др.

При разработке эскизного технологического маршрута следует руководствоваться рекомендациями [1, 8, 11, 12].

1. На первых операциях целесообразно обрабатывать поверхности, которые в дальнейшем будут базовыми.
2. Последовательность обработки определяется выявленными ранее этапами (стадиями) обработки.
3. При невысокой точности исходной заготовки технологический процесс следует начинать с предварительной обработки поверхностей, имеющих наибольшие припуски. Это необходимо для раннего выявления литейных и других дефектов (раковины, трещины) и отсеивания брака. В дальнейшем обрабатывают менее точные, а затем и более точные поверхности.
4. Операции обработки поверхностей, имеющих второстепенное значение и не влияющих на точность основных размеров детали, как правило, выполняют в конце технологического процесса до операций окончательной обработки ответственных поверхностей.
5. Легко повреждаемые поверхности (наружные резьбы, шлифованные поверхности) обрабатывают на заключительном этапе технологического процесса.
6. В наиболее ответственных случаях после предварительных операций проводят естественное или искусственное старение, во время которого происходит релаксация остаточных напряжений.
7. На стадиях окончательной обработки устраняют погрешности, возникающие при предварительной обработке, и обеспечивают требуемые точность и качество поверхностного слоя детали.



8. При обработке достаточно жестких заготовок, имеющих сравнительно небольшие обрабатываемые поверхности, технологический процесс можно построить по принципу концентрации операций (без разделения на предварительные и окончательные). В этом случае первую операцию следует сделать наиболее концентрированной (т. е. содержащей максимально возможное число технологических переходов).

9. В условиях единичного производства, как правило, используют универсальные станки, операции стремятся делать максимально концентрированными. При серийном производстве применяют универсальные станки, станки с ЧПУ, агрегатные станки (в зависимости от размеров серии, масштаба выпуска и условий производства). Перспективным в серийном производстве является применение гибких производственных систем (линий, участков, цехов), особенно при наличии условий для групповой организации производства. В массовом производстве широко используют специальное и специализированное технологическое оборудование, а также автоматические линии.

Пример:

Маршрутный технологический процесс может быть представлен следующим образом (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Маршрутный технологический процесс

№ оп.	Наименование	Краткое содержание	Оборудование
00	Заготовительная		прокат
005	Фрезерная	Фрезерование торцев, центрование отверстий	Фрезерно-центровальный станок МП-73
010	Токарная	Обтачивание наружного диаметра	Токарный станок ТС-75
015	Токарная	Обтачивание наружного диаметра	Токарный станок ТС-75
020	Термическая	Термообработка (термоулучшение) производится для достижения заданной твердости материала.	Печь

И т.д.

Эскизный технологический маршрут с операционными эскизами и указанием схем базирования, операционных размеров и шероховатостей обрабатываемых поверхностей представлен на плакате КП.15.02.08.426.01.01.ПЛ

## 7. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, РЕЖУЩЕГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТОВ

При выборе станков для каждой операции необходимо руководствоваться следующими соображениями [1, 8, 11, 12].

1. Станок должен соответствовать выбранному методу обработки.
2. Станок должен обеспечить возможность обработки деталей заданного качества (точность размеров, относительного положения поверхностей, форм поверхностей, шероховатость).
3. Размеры рабочей зоны станка должны превышать габаритные размеры деталей. Например, диски больших размеров целесообразно обрабатывать на токарно-лобовых станках с короткой станиной вместо токарно-винторезных с большой длиной станины.
4. Производительность станка должна соответствовать заданной программе обрабатываемых на нем деталей.
5. Мощность станка и его кинематические возможности должны соответствовать выбранным режимам резания. В рамках курсовой работы расчет режимов резания не производится, поэтому данный критерий не может быть применен.
6. Выбор станков с ЧПУ с требуемыми технологическими возможностями.

Для установки обрабатываемых деталей на металлорежущем оборудовании применяют различные приспособления.

С технологической точки зрения все приспособления можно разбить на две основные группы:

- универсальные приспособления;
- специальные приспособления.

Универсальными называются приспособления, применение которых не ограничивается отдельными операциями или деталями. Специальными называются такие приспособления, которые используются только лишь на определенных конкретных деталях и операциях. Выбираемое приспособление должно соответствовать схеме базирования детали на операции технологического процесса.

В технологии машиностроения режущий инструмент можно разбить на две группы:

- 1) стандартный инструмент;
- 2) специальный инструмент.

К стандартному относится такой инструмент, который имеет стандартные размеры, стандартную конструкцию и применяется вне зависимости от конструкции деталей. Например, к стандартному режущему инструменту относятся сверла, резцы, зенкеры, развертки и др., имеющие стандартные

размеры. Специальный режущий инструмент проектируют для определенных деталей с учетом специфики обрабатываемых поверхностей, например фасонные резцы, фасонные фрезы и т. д.

Метод обработки поверхности заготовки определяет группу инструмента (например, фреза). В зависимости от обрабатываемого материала и типа заготовки устанавливают подгруппу инструмента (например, фреза торцевая с твердосплавными режущими вставками). Конфигурация обрабатываемой поверхности, принятая схема установки заготовки выявляют форму и расположение режущих лезвий, что позволяет определить вид (типоразмер) режущего инструмента. Наконец, с учетом условий работы устанавливают значения конструктивных параметров режущего инструмента. Режущий инструмент целесообразно применять одной или нескольких близких марок инструментального материала с обоснованием их выбора.

Все измерительные средства, независимо от характера контролируемого параметра, делятся на две группы:

- 1) универсальные измерительные устройства и приборы (штангенинструменты, микрометрические инструменты, шкальные инструменты и приборы и т. д.);
- 2) специальные измерительные инструменты и устройства (приспособления), предназначенные для проверки правильности изготовления конкретных деталей с учетом особенностей измерений.

Кроме того, все измерительные устройства можно разграничить на две группы в зависимости от наличия или отсутствия совмещения операций обработки и контроля:

- а) средства контроля, используемые для проверки правильности выполнения операции (в отношении достижения заданных технических условий) после ее завершения;
- б) средства контроля, применяемые для проверки требуемых параметров непосредственно в процессе обработки.

Основные требования, предъявляемые к измерительным средствам:

- 1) соответствие их точности точностным показателям проверяемого элемента (рекомендуемая точность измерительного средства 10 % от допуска на контролируемый параметр);
- 2) максимальная простота конструкции и минимальная стоимость;
- 3) быстродействие.

Специальные средства контроля быстро окупают себя в условиях крупносерийного и массового производства; в остальных случаях их применение требует экономического обоснования.

Пример:

Для проведения токарных операций выбираем станок марки ...

Операцию сверления выполняем на ...

Для торцевания и точения применяем стандартный резец токарный проходной отогнутый ...

В качестве инструментов при сверлении используем ...

Для измерения диаметра ... используем инструмент ...

## 8. РАСЧЕТ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

При расчете операционных размеров считаем, что обработка производится при автоматическом получении размеров на предварительно настроенном оборудовании.

Расчет операционных размеров заключается в правильном определении величин операционных припусков и операционных допусков с учетом особенностей разработанной технологии. Он производится при полностью разработанном технологическом процессе. Если операционные размеры не обеспечивают требуемую по чертежу детали точность, то разрабатывается новый маршрут обработки, и вновь рассчитываются операционные размеры. Эти действия повторяются до тех пор, пока не будет получена требуемая по чертежу точность [2, 11, 13].

Данный пункт включает в себя сведения о припусках, допусках, операционных размерах и выбор метода назначения припусков: опытно-статистический или расчетно аналитический

### 8.1. РАСЧЕТ ДЛИННОВЫХ РАЗМЕРОВ

Исходными данными для расчета операционных размеров являются:

- чертеж заготовки,
- чертеж детали,

Для расчета длинновых операционных размеров рекомендуется использовать литературу [1]

### 8.2. РАСЧЕТ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

В этом разделе пояснительной записки приводится расчет операционных размеров для поверхностей с двусторонним расположением припуска.

Для расчета величины минимального припуска  $Z_{\min}$  («на сторону») для  $i$ -го перехода рекомендуется использовать расчетно-аналитический метод, согласно которого указанная выше величина определяется следующим образом [1, 8, 11]:

$$Z_{\min_i} \geq R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (5)$$

где  $R_{z_{i-1}}$  – высота микронеровностей, полученная на данной поверхности после ее обработки на предшествующем переходе;

$T_{i-1}$  – глубина дефектного поверхностного слоя, полученная на предшествующем переходе;

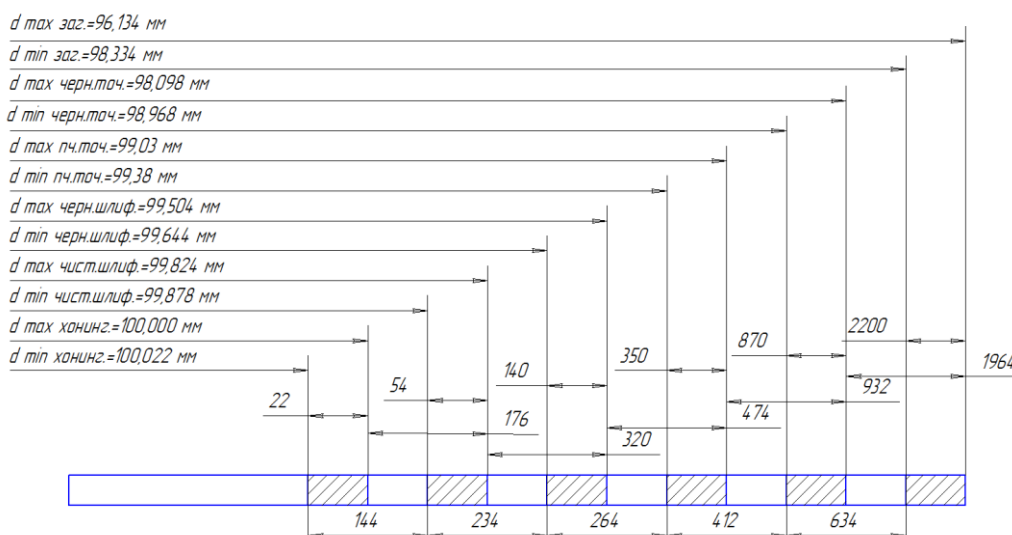
$\rho_{i-1}$  – пространственные отклонения в расположении базовых поверхностей и поверхностей, подлежащих обработке на данной операции;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на данном переходе [8, 11].

Расчет диаметральных размеров в обязательном порядке представляется в табличной форме. Пример расчета представлен в табл. 3.

Таблица 3

Пример расчета диаметральных операционных размеров



## 9 РАСЧЁТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ НА ОДНУ ИЗ ОПЕРАЦИЙ

Под наладкой понимается подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению операции. Пример расчета приведен ниже.

РТК разработана на операцию № 025 “Токарная с ЧПУ”. Оборудование - токарный станок с ЧПУ VT-36. Материал обрабатываемой детали сталь 15X16K5.

В качестве настроечных размеров принимаем размеры, соответствующие середине поля допуска операционного размера.

Величину допуска на настроечный размер рекомендуется принимать в пределах:

$$\delta_n = (0,1 \div 0,2) \cdot \delta_{on}, \quad (9.1)$$

где  $\delta_{on}$  – допуск на операционный размер.

Произведем расчет настроечных размеров

1. Операционный размер  $138,5_{-0,16}$

Настроечный размер  $A_n$

$$A_n = 138,5 - \frac{1}{2} \cdot 0,16 = 138,42$$

$$\delta_n = (0,1 \div 0,2) \cdot 0,16 = 0,016 \div 0,032$$

Принимаем  $\delta_n = 0,02$ , значит  $A_n = 138,42 \pm 0,02$

Аналогичным образом произведем расчет для остальных настроечных размеров.

Расчеты сводим в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Настроечные размеры

Операционный размер	Настроечный размер
$29,8^{+0,21}$	$299,05 \pm 0,015$

Расчет координат опорных точек ведем с учетом радиуса инструмента  $R = 1$  мм.

На основании данных расчетов проектируется расчетно-технологическая карта.

### III. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ ВЫВОДЫ ПО ПРОЕКТУ

В разделе указывается, что достигнуто в результате проектирования технологического процесса (повышение производительности, снижение себестоимости и т. д.) и освещаются наиболее важные части курсового проекта, которые, по мнению студента, решены наиболее удачно и оригинально.

Так как по окончании работы у студента могут возникнуть новые, лучшие решения и, кроме того, выявиться отдельные ошибки, то их тоже следует показать в выводах по работе с конкретными предложениями.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Список использованных источников должен содержать все источники, использованные при выполнении работы. В соответствии с ГОСТ 2.105-95 и 7.32-2001 источники следует располагать в порядке появления ссылок в тексте. В исключительных случаях допускается располагать источники в алфавитном порядке.

Конспекты лекций, записанных студентами на занятиях, проведенных преподавателями техникума, допускается включать в список использованных источников только в исключительных случаях – при отсутствии соответствующих сведений в опубликованных источниках.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология машиностроения Практикум и курсовое проектирование /Под ред. А.И. Ильянкова, В.Ю. Новикова: Учебное пособие – М. Академия, 2022. – 432с.
2. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. М. А. Марасинова, А. В. Никифорова. – Ярославль, 2021.
3. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. – Минск: Высшая школа, 2022.– 256 с.
4. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие / П. А.Руденко. – Киев: Выща школа, 2022. – 247 с.: ил.
5. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов.
6. Допуски размеров, массы и припуски под механическую обработку. – М.: Изд-во стандартов, 2020 – 54 с.
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Изд-во стандартов, 2022. – 36с.
8. Базров Б. М. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2018. –736 с.
9. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2022. – 76 с.
10. Марасинов М. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. – Ярославль, 2022. – 75 с.
11. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2021. – 912 с.
12. ГОСТ 3.1702–79. Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – М.: Изд-во стандартов, 2022. – 21 с. 37

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Ленинградской области  
«Подпорожский политехнический техникум»

**ЗАДАНИЕ**  
**НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

студент \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Спроектировать технологический процесс изготовления детали \_\_\_\_\_

при объёме производства \_\_\_\_\_ штук в год

Срок выполнения работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

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

Руководитель проекта \_\_\_\_\_  
подпись Ф.И.О

Подпорожье 20\_\_

Рис. 1. Бланк задания (титульный лист)



Курсовой проект представляется в виде расчётно-пояснительной записки, оформленной в соответствии с ГОСТ 2.004-88 ЕСКД

## СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Титульный лист

Задание на выполнение курсового проекта

Содержание

Введение

1 Служебное назначение, технические характеристики и технологичность детали

1.1 Геометрические показатели детали

1.2 Характеристика материала детали

1.3 Технологичность конструкции детали

2 Определение типа производства и размера партии деталей

3 Обоснование выбора метода и способа получения заготовки

4 Назначение методов обработки

5 Выбор технологических баз

6 Разработка маршрутного технологического процесса

6.1 Определение числа этапов обработки по каждой поверхности заготовки

6.2 Последовательность обработки поверхностей

6.3 Формирование принципиальной схемы технологического маршрута

6.4 Построение эскизного технологического маршрута

7 Обоснование выбора оборудования, приспособления, режущего и измерительного инструмента

8 Расчёт операционных размеров

Выводы по работе

Список использованных источников

Приложения

Чертеж детали

Чертеж заготовка

Плакат маршрутного технологического процесса

Плакат расчётно-технологической карты на операцию

*Пример оформления титульного листа расчетно-пояснительной записки  
курсового проекта*

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Ленинградской области  
Подпорожский политехнический техникум

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по учебной дисциплине  
«Технология машиностроения»

на тему

«Проектирование единичного операционного технологического процесса  
изготовления детали «Крышка»».

Чертёж КП.15.02.08.426.01.01

Годовой объём выпуска изделия –2000шт

Расчетно-пояснительная записка

Студент группы 426

\_\_\_\_\_

И. И. Иванов

«\_\_» декабря 20\_\_ г.

Руководитель

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Т. В. Васина

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Нормоконтролер

Начальник отдела по УР

\_\_\_\_\_

И.Р. Тер-Абрамова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Подпорожье 2023 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Экономическая точность методов обработки поверхностей деталей

Таблица 1

Экономическая (статистическая) точность методов обработки поверхностей деталей [14]

Метод обработки	Шероховатость R a , мм										Точность, классы
	12,5	6,3	3,2	2,5	1,2 5	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Сверление</i>	■	■	■								11...13
<i>Зенкерование</i>			■	■							9...11
<i>Точение, растачивание:</i>											
черновое	■	■									12...13
получисто- вое, чистовое			■	■							9...11
тонкое					■	■	■				6...8
<i>Фрезерование цилиндрическое:</i>											
черновое	■	■									12...14
получистовое, чистовое			■	■							10...11
тонкое					■						7...9
<i>Фрезерование торцевое:</i>											
черновое	■	■									12...14
получистовое, чистовое			■	■							9...11
тонкое						■	■				6...7
<i>Протягивание</i>					■	■					6...9
<i>Развертывание:</i>											
предваритель- ное			■	■							9
чистовое				■	■	■					6...8
тонкое							■	■	■		6...7
<i>Круглое шлифование:</i>											
чистовое					■	■	■				6...9
тонкое							■	■	■		4...7
<i>Плоское шлифование:</i>											
чистовое				■	■	■					6...9
тонкое						■	■				6...7



Пример оформления чертежей курсового проекта

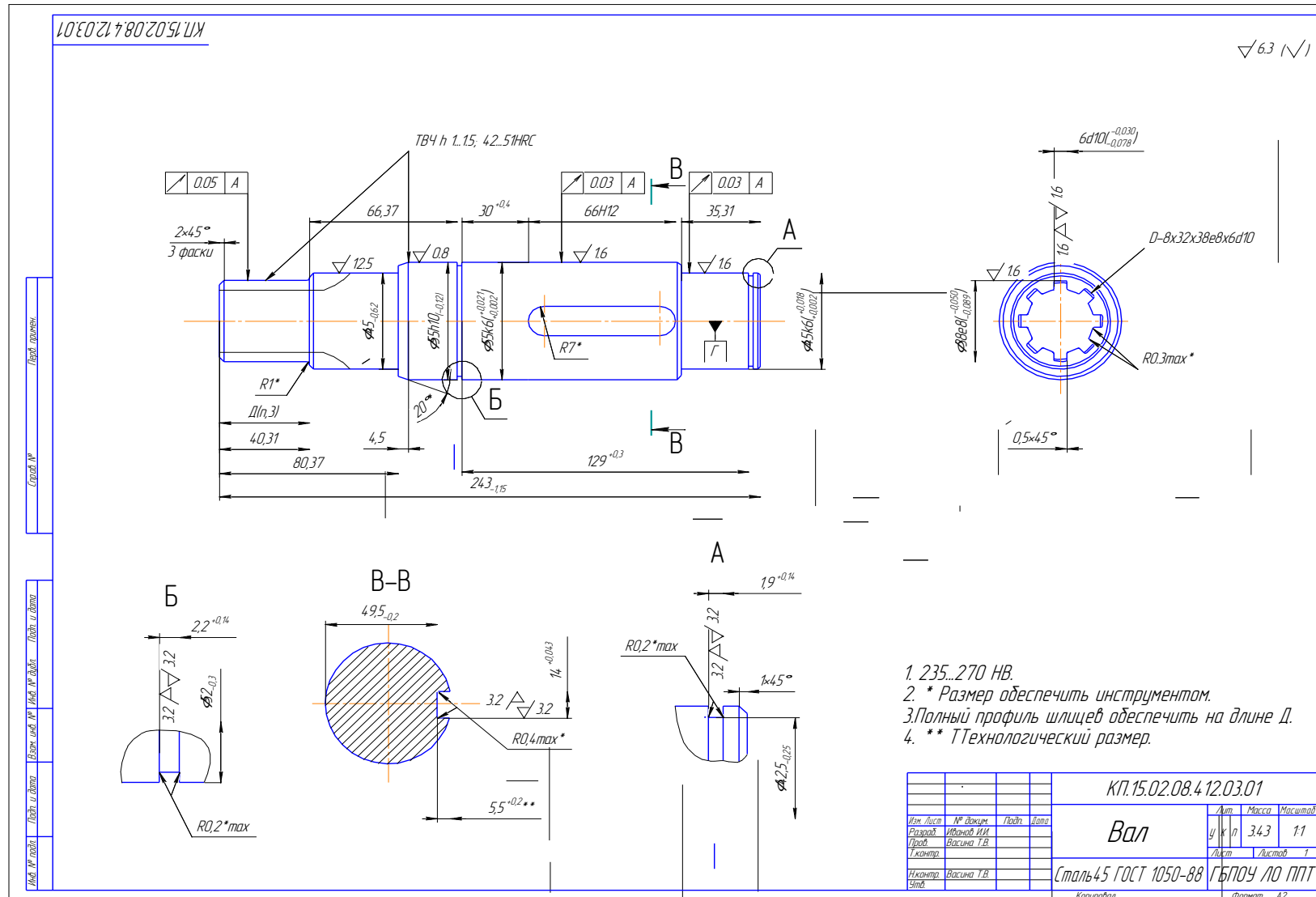
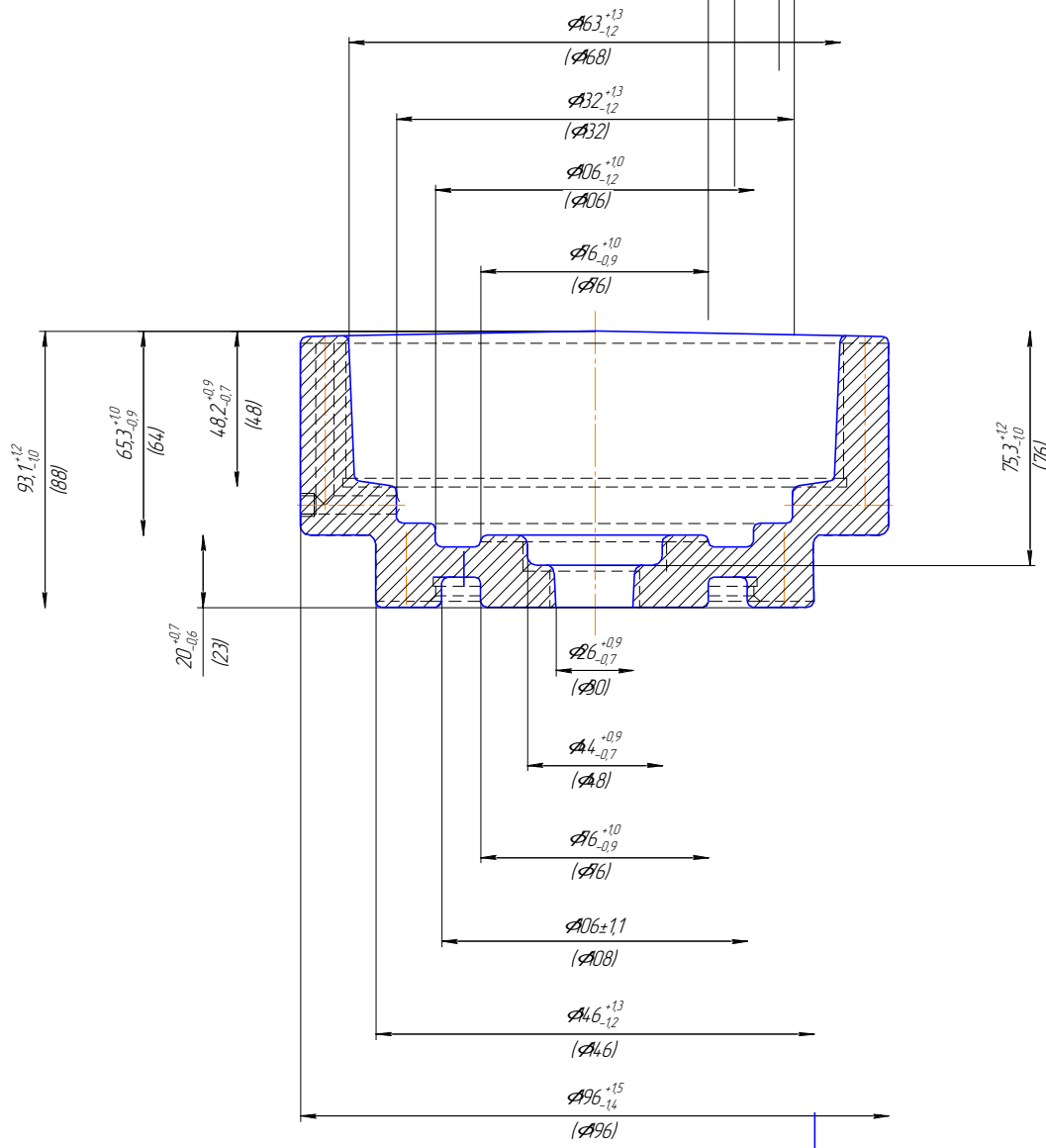


Рис.1-Пример оформления чертежа детали курсового проекта

КП.15.02.08.4.12.15.02



1. Металл изготовления - литье в песчаные формы
2. 170...230 НВ
3. КИМ = 0,80
4. Неуказанные формовочные уклоны не более 3°, литейные радиусы R6.
5. Точность отливки 7-5-9-6 по ГОСТ 26645-85.

				КП.15.02.08.4.12.15.02			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
					4/К/П	8,57	1:1
Разработ.				Петров И.П.			
Проб.				Васина Т.В.			
Т.контр.							
Н.контр.				Васина Т.В.			
Этб.							
				Корпус		1	
				С418-36 ГОСТ 1412-54		ГБПОУ ЛО ППТ	

Копирвал Формат А2

Рис.2- Пример оформления чертежа заготовки курсового проекта

# Маршрутный технологический процесс

№оп.	Наименование операции	Эскиз обработки детали	Оборудование	№оп.	Наименование операции	Эскиз обработки детали	Оборудование
	Заготовит.		Отливка	020	Сверлильная с ЧПУ		Сверлильный станок с ЧПУ NV-5000
005	Токарная		Токарный станок 1Г340	025	Сверлильная с ЧПУ		Сверлильный станок с ЧПУ NV-5000
010	Токарная		Токарный станок 1Г340	030	Турбодразная		Турбодразная установка
015	Токарная с ЧПУ		Токарный станок NL3000Y	035	Прямая		Моющая машина
040	Токарная с ЧПУ			040	Токарная с ЧПУ		Токарный станок NL3000Y
045	Прямая			045	Прямая		Моющая машина
050	Контрольная			050	Контрольная		Контрольный стол

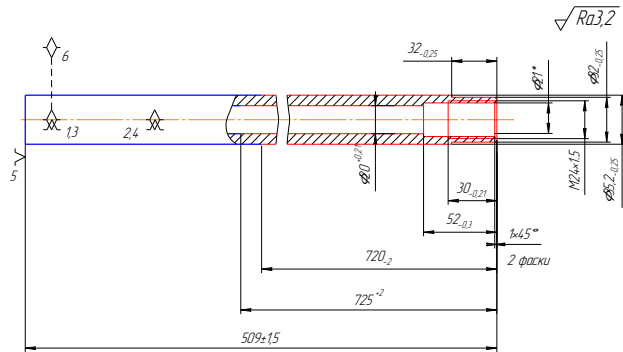
Эскизы: Угрюмов И. И. Проверка: Васкина Т.В.
К11.15.02.08.4.12.13.17.11
ГБ/ОУ 10.011

Рис. 3 – Пример оформления плаката маршрутного технологического процесса

КП.15/001.ВТ.1.06.02.П/2

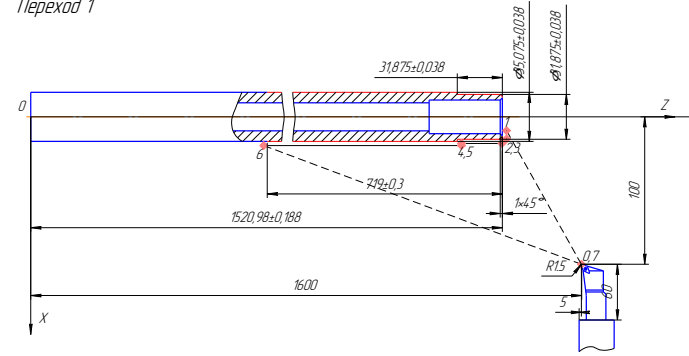
## РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА НА ТОКАРНУЮ ОПЕРАЦИЮ № 25

Эскиз детали с операционными размерами



Эскизы детали с настроечными размерами

Переход 1



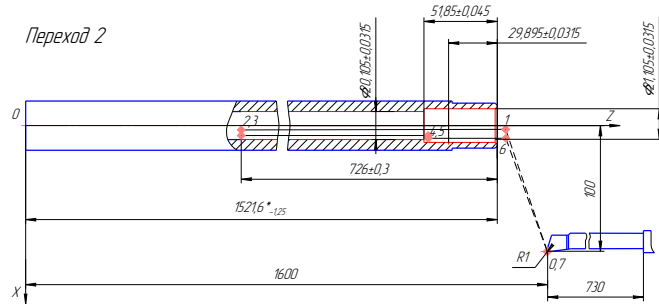
Режимы обработки

S мм/об	n об/мин	V м/мин	t, мин
0,8	600	66	3,7

Режимы обработки

S мм/об	n об/мин	V м/мин	t, мин
0,8	750	47	2

Переход 2



Переход 2

N точки	Перемещение		Перемещение	
	по оси X	по оси Z	ΔX	ΔZ
0	100	1600	0	0
1	5	1530	95	70
2	5	795	0	735
3	19,105	795	14,105	0
4	19,105	1469,75	0	674,75
5	20,105	1469,75	1	0
6	20,105	1530	0	60,25
7	100	1600	79,895	70

Переход 1

N точки	Перемещение		Перемещение	
	по оси X	по оси Z	ΔX	ΔZ
0	100	1600	0	0
1	20	1521,98	-80	78,02
2	30,375	1521,98	10,375	0
3	32,875	1520,48	1,5	1,5
4	32,875	1490,105	0	30,375
5	36,875	1490,105	2	0
6	36,875	800	0	690
7	100	1600	33,125	800

1. Тип и модель станка – Токарный станок с ЧПУ JRAIS T500
2. Материал детали Сталь 45 ГОСТ 1050-80
3. Метод настройки станка – пробными деталями
4. Количество деталей в пробной партии – 2 штуки
5. Цена импульса  
по оси X – 0,001 мм  
по оси Z – 0,005 мм
6. Измерительный инструмент – ШЦ-I-1650-0,01 ГОСТ 166-89
7. Пунктиром указан холостой ход инструмента

Исполнитель	Проверенный	Дата	Лист
			1

Рис. 4 Пример оформления расчётно-технологической карты на одну из операций



## Наименования операций обработки резанием

Таблица 1

Операции обработки резанием (ГОСТ 3.1702-79 [15])

№ п/п	Наименование операции	№ п/п	Наименование операции
1	2	3	4
01	Автоматно – линейная	36	Расточная с ЧПУ
02	Агрегатная	37	Сверлильная с ЧПУ
03	Долбежная	38	Токарная с ЧПУ
04	Зубодолбежная	39	Фрезерная с ЧПУ
05	Зубозакругляющая	40	Шлифовальная с ЧПУ
06	Зубонакатная	41	Вертикально-протяжная
07	Зубообкатывающая	42	Горизонтально-протяжная
08	Зубоприрабатывающая	43	Алмазно-расточная
09	Зубопритирочная	44	Вертикально-расточная
10	Зубопротяжная	45	Горизонтально-расточная
11	Зубопротяжная	46	Координатно-расточная
12	Зуботокарная	47	Болтонарезная
13	Зубофрезерная	48	Гайконарезная
14	Зубохонинговальная	49	Резьбонакатная
15	Зубошлифовальная	50	Вертикально-сверлильная
16	Специальная зубообрабатывающая	51	Горизонтально-сверлильная
17	Шлиценкатная	52	Координатно-сверлильная
18	Шлицестрогальная	53	Радиально-сверлильная
19	Шлицестрогальная	54	Сверлильно-центровальная
20	Шлицефрезерная	55	Поперечно-строгальная
21	Комбинированная	56	Продольно-строгальная
22	Виброабразивная	57	Автоматная токарная
23	Галтовка	58	Вальцетокарная
24	Доводочная	59	Лоботокарная
25	Опиловочная	60	Резьботокарная
26	Полировальная	61	Специальная токарная
27	Притирочная	62	Токарно – бесцентровая
28	Суперфинишная	63	Токарно – винторезная
29	Хонинговальная	64	Токарно – затыловочная
30	Абразивно-отрезная	65	Токарно – карусельная
31	Ленточно-отрезная	66	Токарно – копировальная
32	Ножовочно-отрезная	67	Токарно – револьверная
33	Пило-отрезная	68	Торцеподрезная центровальная
34	Токарно-отрезная	69	Барабанно – фрезерная
35	Фрезерно-отрезная	70	Вертикально – фрезерная

71	Горизонтально – фрезерная	84	Заточная
72	Гравировально – фрезерная	85	Карусельно-шлифовальная
73	Карусельно – фрезерная	86	Координатно-шлифовальная
74	Копировально - фрезерная	87	Круглошлифовальная
75	Продольно – фрезерная	88	Ленточно-шлифовальная
76	Резьбофрезерная	89	Обдирочно-шлифовальная
77	Специальная фрезерная	90	Плоскошлифовальная
78	Универсально-фрезерная	91	Резьбошлифовальная
79	Фрезерно-центровальная	92	Торцешлифовальная
80	Шпоночно-фрезерная	93	Центрошлифовальная
81	Бесцентрово-шлифовальная	94	Шлифовальная специальная
82	Вальцешлифовальная	95	Шлифовально-затыловочная
83	Внутришлифовальная	96	Шлицешлифовальная