

Г. П. Кремнев, Ф. В. Новиков, В. М. Колесник

СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ

Учебное пособие

2015

Г. П. Кремнев, Ф. В. Новиков, В. М. Колесник

СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ

Учебное пособие

Днепропетровск

ЛИРА

2015

УДК 075.8
ББК 873
К 79

Рецензенты:

- В.В. Коломиец**, докт. техн. наук, профессор кафедры “Теоретическая механика и детали машин” Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко;
- А.А. Андилахай**, докт. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой “Технология машиностроения” ГВУЗ “Приазовский государственный технический университет”, г. Мариуполь;
- В.В. Нежебовский**, канд. техн. наук, заместитель главного технолога ПАО “Харьковский машиностроительный завод “Свет шахтера”

*Рекомендовано к печати ученым советом
Института промышленных технологий, дизайна и менеджмента (ИПТДМ)
при Одесском национальном политехническом университете
Протокол №10 от 16 октября 2014 г.*

Кремнев Г. П.

К 79 Системы технологий : Учебное пособие / Г.П. Кремнев, Ф.В. Новиков, В.М. Колесник. –Д.: ЛИРА, 2015. – 140 с.
ISBN 978-966-383-623-2

В учебном пособии рассмотрены структура и характеристики технологических процессов, объекты производства, показатели качества продукции, включая точность и шероховатость поверхности, долговечность машин.

Проведен анализ отраслевых особенностей технологических процессов механической обработки и сборки, проведено экономическое обоснование выбора метода обработки и операции технологического процесса.

Учебное пособие предназначено для студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов III – IV уровня аккредитации машиностроительных и экономических специальностей.

**УДК 075.8
ББК 873**

ISBN 978-966-383-623-2

© Кремнев Г.П.,
Новиков Ф.В.,
Колесник В.М., 2015
© ЛИРА, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями по формированию у студентов умений и навыков практической работы будущего бакалавра и специалиста и в количестве часов, указанном в рабочем учебном плане (РУП) дисциплины, а также учебной программе курса и рабочей программе курса (РП).

Содержание работ соответствует отдельным темам курса, особенно тем темам, которые вызывают у студента некоторые сложности в усвоении и понимании материала, а также темам – опорным точкам в последующей инженерной практике.

Каждая работа имеет цель, задачи, общие положения теоретической части курса, задание на работу в нескольких вариантах, порядок выполнения работы, цифровой пример решения или исследования задач одного варианта задания, выводы, содержание отчета и список литературы. В конце приведены тесты – вопросы для самопроверки тех знаний, которые получены студентом. Ход проведения занятий предполагает, что студент, изучив общие положения работы, может (и должен) получить результат, указанный в цели и задачах.

Оформление протоколов работ в ходе самого занятия желательно, но не всегда реализуемо, поэтому этап оформления студенты должны выполнить самостоятельно и сдать готовый протокол руководителям на следующем занятии. Форма протокола указана в приложении данного пособия, и он может быть заполнен студентом как вручную, так и механизированным способом.

Курс «Системы технологий» считается одним из первых в структуре общеинженерных дисциплин и должен на минимальном начальном уровне информации сформировать у будущего бакалавра и специалиста определенную базу представлений и особенностей работы инженерно-технических работников (ИТР), которые сталкиваются с разработкой, сопровождением или обслуживанием технологических процессов в любой отрасли хозяйства. В технологии производства материальных продуктов всегда есть объект с набором харак-

теристик, определенная цель и задачи воздействия на объект, программа или процесс, в ходе которых происходят качественные изменения объекта (форма, размеры, свойства), и критерии оценки результатов воздействия на примере объектов машиностроения – деталей широко применяемых машин.

В учебном пособии рассмотрены структура и характеристики технологических процессов, объекты производства. Даны оценки процессов и производств, где эти процессы функционируют, показателей качества деталей машин и машин в целом, включая точность и шероховатость поверхности, долговечность машин. Проведен анализ отраслевых особенностей технологических процессов механической обработки и сборки.

С экономической точки зрения в учебном пособии сделан анализ объекта – детали, метода обработки, операции, а также операций для различной точности, и получены цифровые показатели трудоемкости и технологической (производственной) себестоимости принятого решения, проведено экономическое обоснование выбора метода обработки и операции технологического процесса.

Все работы имеют примеры цифровых решений и оценки вариантов выбора. Все цифровые данные приведены по состоянию на 01.01.2014 года и не носят справочный характер, а приведены для сопоставления, хотя и заимствованы авторами из инженерных источников.

Авторы выражают благодарность за помощь в подготовке работы М. Е. Лянной и магистру В. М. Дикаевой.

1. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ

Занятия в группе студентов могут быть проведены только при 100 процентном инструктаже всех студентов. Без такого инструктажа студент к занятиям не допускается.

1.1. Общие требования

До начала работы студенты должны:

- ознакомиться с правилами по технике безопасности, пройти инструктаж и расписаться в журнале по охране труда (ОТ) и технике безопасности (ТБ);
- ознакомиться с заданием и лабораторным оборудованием, на котором предстоит выполнять работу;
- категорически запрещается включать и выключать оборудование, на котором не выполняется данная лабораторная работа;
- нельзя прикасаться к электрооборудованию, клеммам, электропроводам, арматуре общего освещения и открывать дверцы электрошкафов;
- запрещается без разрешения преподавателя начинать выполнение работы;
- запрещается работать в лаборатории одному. Обязательное присутствие второго лица необходимо для оказания помощи пострадавшему при несчастном случае;
- при несчастном случае необходимо выключить оборудование, немедленно оказать первую помощь пострадавшему, известить преподавателя и отправить пострадавшего в поликлинику;
- после окончания работы необходимо обесточить станок и привести рабочее место в порядок.

1.2. Специальные требования при работе на металлорежущем оборудовании и сборочно-разборочных стендах.

1.2.1. Привести в порядок рабочую одежду: застегнуть рукава халата, надеть головной убор во избежание захвата одежды и волос вращающимися частями станка.

1.2.2. Проверить наличие на станке ограждений, заземления и их исправность.

1.2.3. Осмотреть и проверить исправность вспомогательного и режущего инструмента. Гаечные и патронные ключи должны точно соответствовать размерам гаек и головок болтов.

1.2.4. Проверить действие и исправность блокирующих и сигнализирующих устройств станции управления станками.

1.2.5. При помощи кнопок и переключателей станка и устройств ЧПУ проверить четкость срабатывания магнитных пускателей и реле.

1.2.6. Установить заготовку и режущий инструмент.

1.2.7. Перед осуществлением сборочно-разборочных работ проверить прочность крепления сборочной единицы в приспособлении или в тисках.

1.2.8. Разрешается работать только исправным инструментом. Молоток должен быть прочно насажен на рукоятку и расклинен заершенным клином.

1.2.9. В случае заедания гайки нельзя бить молотком по ключу, а также наращивать ключ другим ключом или трубой.

1.2.10. Во время работы необходимо:

- следить за тем, чтобы все вращающиеся части станка были ограждены кожухами, экранами и другими защитными устройствами;
- пользоваться защитными очками;
- не удалять стружку руками;
- не проводить измерение детали на ходу станка;
- работать на станках только под руководством лаборанта.

1.2.11. После окончания работы необходимо:

- выключить станок или другое лабораторное оборудование, отключить подачу электроэнергии;
- привести в порядок рабочее место: очистить станок от стружки и смазать его, протереть приспособление и инструменты, разложить их по своим местам;
- сдать рабочее место преподавателю или лаборанту.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА УРОВНЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

2.1. Производственный и технологический процесс

Цель занятия:

- ознакомить студента с основными терминами и понятиями в структуре технологического процесса;
- научить выделять составные части процесса при технологическом проектировании.

2.1.1. Общие положения

В соответствии с ГОСТ 3.1109-89 производственный процесс (ПП) – совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий.

На рис. 2.1 представлена упрощенная структура ПП, включающего в себя действия по изготовлению, сборке, контролю, хранению, транспортированию, управлению, включая и действия по подготовке производства.

Технологический процесс (ТП) – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда могут относиться заготовки изделия, сами изделия и др.

Технологическая операция (ТО) – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте одним или несколькими рабочими над одним или несколькими объектами непрерывно.

Обрабатываемая поверхность – поверхность, подлежащая воздействию в процессе обработки.

Технологический переход (П) – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

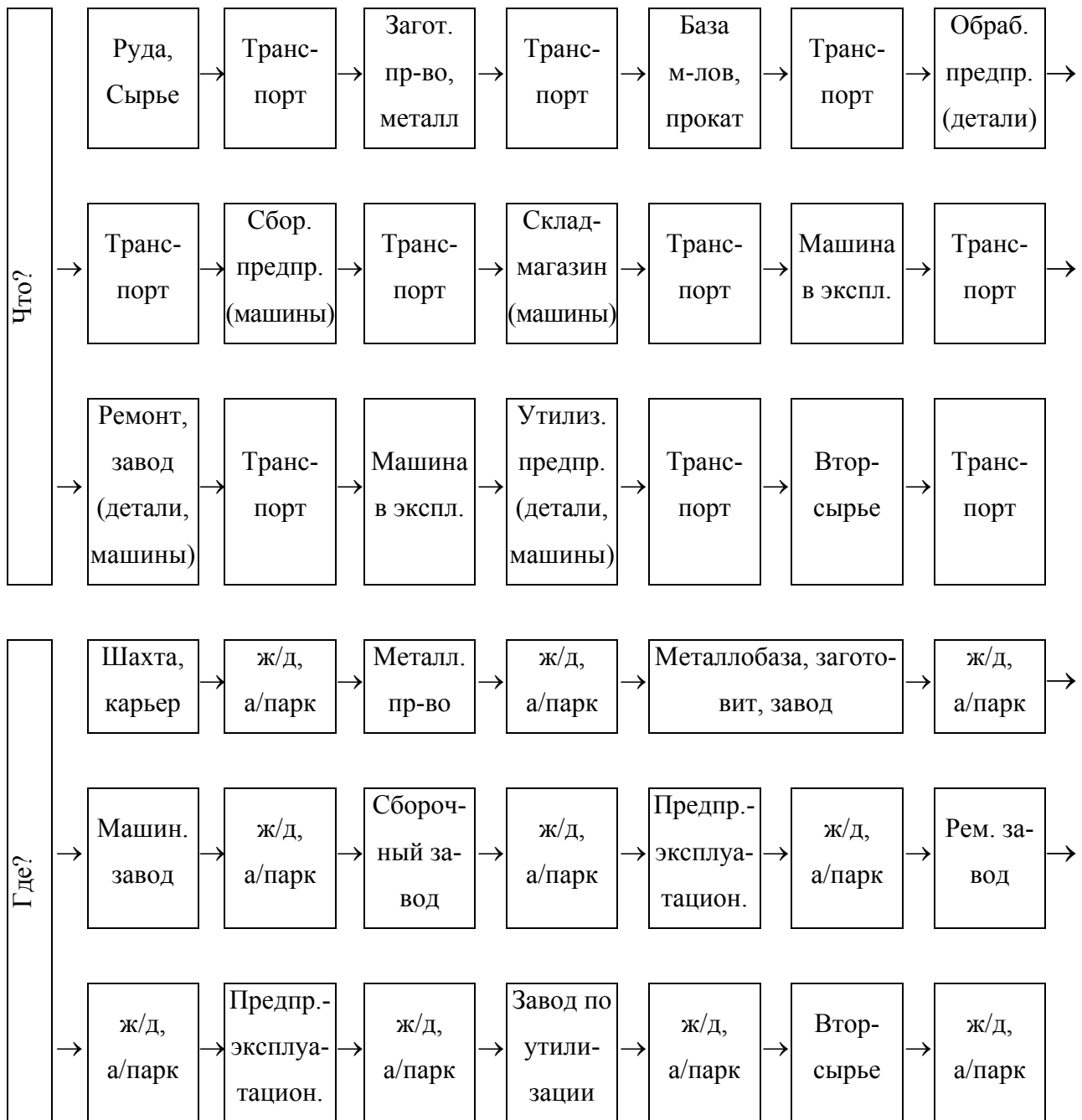


Рис. 2.1. Структура производственного процесса изготовления и уничтожения машин

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действия человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойства предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода.

Установ (У) – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Позиция (П) – исправленное положение, занимаемое неизменно-закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции.

Рабочий ход (РХ) – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождающаяся изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки.

Вспомогательный ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода.

Прием – законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных целевым назначением.

Заготовка – предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь.

Технологический процесс (ТП) включает в себя процессы литья, штамповки, термообработки, механической обработки, сборки и др.

Применительно к условиям механосборочного производства технологический процесс разделяют на операции (ТО) – части ТП, выполняемые непрерывно на одном рабочем месте над одним или несколькими одновременно обрабатываемыми (собираемыми) изделиями одним или несколькими рабочими.

Часть производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими единица оборудования с оснасткой и предметами производства, называется рабочим местом (РМ).

Рассмотрим условия непрерывности операции на следующем примере. Партия заготовок 10 штук. На вертикально-сверлильном станке необходимо

обработать 2 резьбовых отверстия М16х2-7Н. Деталь устанавливается в специальном поворотном приспособлении.

Обработку осуществляют двумя путями: I – установка + закрепление детали – сверление отверстия $\varnothing 13,9^{+0,24}$ мм, поворот приспособления, сверление отверстия $\varnothing 13,9$ мм, замена сверла с патроном в шпинделе станка на патрон с метчиком (для метчика нужен специальный резьбонарезной патрон, предотвращающий поломку метчика от перегрузки), нарезание резьбы, открепление детали, смена патрона с инструментом и так до 10-й детали включительно.

II путь – установка детали и ее закрепление, сверление отверстия $\varnothing 13,9$ мм, поворот приспособления, сверление отверстия, открепление детали, установка новой и т.д. до 10-й детали включительно. Замена сверла с патроном на метчик со специальным патроном и повторение вышесказанного.

I путь реализуется за 1 операцию, а II-ой – за 2 операции, т.к. условие непрерывности операции означает выполнение предусмотренной ею работой без перехода к обработке другого изделия.

В условиях ГПС непрерывность операции может нарушаться в связи с тем, что заготовка может быть направлена на промежуточный склад между обработкой на отдельных позициях, выполняемых на разных технологических модулях.

В структуре технологического процесса, особенно при обработке на ГПС, имеется ряд вспомогательных операций по транспортированию, контролю, удалению стружки и др., не изменяющих форму, размеры и свойства изделия, но необходимых для выполнения ТО.

Наименование технологической операции определяют согласно «Классификатора технологической операции». Каждая операция помимо наименования имеет четырехзначный код, указанный там же, где и наименование.

Технологический переход (II) характеризуется неизменностью режима работы обычного станка. Автоматическое изменение режима обработки внутри перехода возможно на станках с ЧПУ.

Наименование перехода присваивается по методу обработки, реализуемому на данном типе станка определенным инструментом.

Различают элементарный переход, сложный переход и вспомогательный переход.

Элементарный переход – часть П, выполняемая одним инструментом над одним участком обрабатываемой поверхности заготовки за один рабочий ход без изменения режима работы станка.

Сложный переход может выполняться несколькими инструментами, обрабатывающими одну или несколько поверхностей.

Рассмотрим пример обработки, поясняющий сущность перехода.

В детали призматической формы (например, корпуса) необходимо обработать с двух перпендикулярных друг другу сторон А и В по 1 отверстию с фаской в каждой из сторон (отверстие 1, фаска 2, отверстие 3, фаска 4).

Рассматриваемая деталь может быть обработана за 1 операцию, 2 установки, 2 позиции, вызванные наличием 2-х отверстий под углом 90° , и 5 переходов. В связи с тем, что обработка производится в основном на вертикально-сверлильных станках, наименование операции – вертикально-сверлильная, а ее содержание: сверление 2-х отверстий и зенкерование 2-х фасок.

Структура ТО: Установ А – установить заготовку на плоскость А в приспособление и закрепить.

Позиция 1 – вертикальное положение оси Отв. 1;

Переход 1 – сверлить Отв. 1;

Переход 2 – зенкеровать поверхность 2;

Установ В – установить в приспособление заготовку на плоскость В и закрепить;

Позиция 2 – вертикально ось Отв. 3;

Переход 3 – сверлить Отв. 3;

Переход 4 – зенкеровать поверхность 4;

Переход 5 – снять заготовку.

Наименование перехода формулируется в повелительном наклонении, например: «Сверлить отверстие $\varnothing 20,5$ мм». Вспомогательный П используется для установки и снятия детали со станка, смены инструмента, контроля и т.п., например: «Установить деталь, повернуть изделие...».

ТО не может быть произведена без двух данных элементов – установка и позиция.

Рассмотрим понятие установка на таком примере: необходимо обработать вал с двух сторон на токарном станке.

В связи с тем, что вал приводится во вращение с помощью хомутов, обработать сразу все поверхности невозможно и придется процесс обработки разделять: вначале обработка правой части вала, затем – левой части вала, при этом деталь будет иметь 2 установка: первый – хомут на левом конце вала, второй – на правом конце (при повороте детали на 180°).

Позиция позволяет детали занимать различные положения относительно станка при одном ее закреплении, например, на многошпиндельных станках, на станках с поворотными столами и др.

Позиция, как и установка, показывает готовность детали к выполнению П. Они представляют первый П или разделяют их число. В структуре ТО запись идет в такой последовательности: установка А, позиция 1, переход 1, 2 и т.д., позиция 2, переход 6, 7, 8 и т.д., установка В, позиция 3, переход 10, 11, 12 и т.д., позиция 4 и т.д., установка С.

Для сборочных операций важное значение имеет понятие приема, как характеристики элементарных движений рабочего (взять, положить, надавить, распрямить и т.д.).

2.1.2. Порядок проведения работы

1) В начале занятия преподаватель вместе со студентами решает вопросы терминологии в структуре технологического процесса и на примере любой из задач дает необходимые пояснения.

Обязательно следует разобраться в понятии непрерывности ТО, структуре простого и сложного перехода.

2) Затем студенты вместе с преподавателем должны решить задачи (1, 2, 3, 4, 5). Установить количество операций, выполняемых в партии деталей ($n=5$ штук) по обработке комплекта поверхностей, приведенных ниже.

2.1) Обработка ступенчатого вала в центрах с двух сторон в следующем порядке: обтачивание правого конца вала у всех деталей, затем обработка левого конца.

2.2) Обработка точного отверстия сверлом, зенкером и разверткой в следующем порядке: сверление, смена инструмента, зенкерование, смена инструмента, развертывание, смена инструмента и смена детали-заготовки.

2.3) Обработка отверстия и торца сверлом и зенковкой следующим образом: зенкерование торца у 3 деталей, смена инструмента, сверление отверстия у 5 деталей.

2.4) Обработка торца и отверстия резцом, сверлом и разверткой в следующем порядке: подрезка торца резцом у 5 деталей, сверление отверстий, смена инструмента, развертывание отверстия, смена инструмента и замена детали-заготовки (4 раза).

2.5) Обработка отверстия комбинированным инструментом сверло–зенковка: установка детали, сверление и зенкерование, замена детали и т.д.

3) В ходе занятия каждый студент получает эскиз несложной детали и решает такие проблемы: определение наименования операции на обработку 2-х, 3-х поверхностей, определение числа установок, позиций и переходов и их запись в определенной последовательности.

2.1.3. Оформление протокола

- 1) Основные термины и понятия.
- 2) Эскиз детали и эскизы операций с их записью.

2.1.4. Рекомендуемая литература [3; 8]

2.1.5. Вопросы для самоконтроля

- 1) Что отличает технологическую операцию от других:
 - непрерывность;
 - неизменность;

- состав;
- состояние;
- понятие.

2) Если Вы сверлите 6 отверстий и делаете 6 фасок, то сколько будет переходов:

- 6;
- 12;
- 18;
- 24;
- один.

2.2. Определение типа производства

Цель работы: научить студентов определять тип производства и размер производственной партии деталей.

2.2.1. Общие сведения

В соответствии с ГОСТ 3.1108-89 машиностроительное производство может быть единичным, серийным и массовым. Серийное производство подразделяют на: мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Основной характеристикой типа производства является коэффициент закрепления операции $K_{з.о.}$. Он показывает отношение числа всех различных технологических операций O на участке или в цехе, выполняемых в течении месяца, к числу рабочих мест C_p :

$$K_{з.о.} = \frac{O}{C_p}. \quad (2.1)$$

Для массового производства $K_{з.о.} = 1$; для крупносерийного $K_{з.о.} = 1 - 10$; среднесерийного $K_{з.о.} = 10 - 20$; мелкосерийного $K_{з.о.} = 20 - 40$. В единичном производстве $K_{з.о.}$ не регламентируется.

В учебных проектах формула (2.1) несколько видоизменяется:

$$K_{3.0.} = \frac{m_{Gi} \cdot \sum C_{Pi} \cdot m_{OGi}}{\sum C_{Pi}}, \quad (2.2)$$

где m_{Gi} – количество наименований (типоразмеров) обрабатываемых деталей, шт./мес.;

m_{OGi} – количество операций, закрепленных за одним рабочим местом (станком) при обработке деталей одного наименования, шт.;

C_{Pi} – число рабочих мест (станков) одного наименования, шт.

В упрощенном варианте при известных размерах детали и ее массе тип производства можно определить по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Количество обрабатываемых деталей в год одного наименования
в разных типах производства

Тип производства	Тип производства		
	Крупные тяжелые детали массой более 30 кг	Средние детали массой 8 – 30 кг	Мелкие детали массой до 8 кг
Единичное	≤ 5	≤ 10	≤ 100
Мелкосерийное	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Среднесерийное	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Крупносерийное	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Массовое	≥ 1000	≥ 5000	≥ 50000

Размер производственной партии деталей или группы заготовок (деталей) n одного наименования и типоразмера, запускаемых в обработку в течение определенного интервала времени, определяют по упрощенной зависимости:

$$n = \frac{N \cdot t}{F_T}, \quad (2.3)$$

где N – годовой выпуск изделий, шт.;

t – запас заготовок (деталей) на складе в днях хранения (для крупных деталей $t = 2 - 3$ дня; средних $t = 5 - 10$ дней; мелких $t = 10 - 30$ дней);

F_T – годовой фонд времени работы, дней.

Размер партии П должен быть кратным годовому выпуску изделий и поэтому величину П после расчета корректируют в сторону уменьшения или увеличения.

Иногда партию П целесообразно приравнять к размерам сменной выработки, в ряде случаев П должна быть кратной количеству деталей, одновременно обрабатываемых в многоместных приспособлениях и ваннах. Иногда П приравнивают к стойкости режущего инструмента.

В массовом производстве детали идут непрерывным потоком с интервалом между двумя соседними объектами, который называется тактом t :

$$t = \frac{60 \cdot F_{\Gamma}}{N}, \quad (2.4)$$

где F_{Γ} – годовой фонд рабочего времени оборудования при заданном количестве рабочих смен, час.

2.2.2. Порядок выполнения работы

1) Каждый студент получает у преподавателя вариант задания, приведенный в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Варианты заданий

№	Кол-во рабочих мест (станков) C_p	Кол-во разм. деталей m_{Gi}	Станки по типам					Кол-во операций, закрепленных за рабочим местом, m_{Gi}				
			C_{P1}	C_{P2}	C_{P3}	C_{P4}	C_{P5}	m_{G1}	m_{G2}	m_{G3}	m_{G4}	m_{G5}
1	25	10	8	2	4	6	5	2	2	2	1	3
2	10	30	2	2	2	2	2	6	6	6	3	9
3	15	10	4	4	2	2	2	2	1	3	1	3
4	30	10	8	8	4	4	6	2	2	2	2	2
5	15	30	4	4	2	2	3	6	6	6	4	8
6	15	15	4	4	2	2	3	3	3	3	2	5
7	10	10	2	2	2	2	2	2	1	2	1	3

2) После анализа задания студент делает такие шаги.

2.1) Определение типа производства по коэффициенту $K_{3.0}$ выполняется по формуле (2.2).

Из табл. 2.1 определяется тип производства по упрощенной схеме (масса детали 6 кг, $N=3000$ шт./год).

2.2) Определение партии деталей Π производится по формуле (2.3) и корректируется полученная величина по кратности годовому выпуску N .

2.3) Определение такта выпуска T производится по формуле (2.4).

3) На примере задания №1 выполнен цифровой расчет параметров $K_{з.о.}$;

3.1) Определение коэффициента

$$K_{з.о.} = \frac{10 \cdot (8 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 4 \cdot 2 + 6 \cdot 1 + 5 \cdot 3)}{25} = 10 \cdot \frac{49}{25} = 19,6$$

Это соответствует среднесерийному типу производства.

3.2) Исходя из табл. 2.1 для $N = 3000$ шт./год и массы ≤ 8 кг – это производство среднесерийное.

3.3) Партия $n = \frac{3000 \cdot 18}{255} = 212$ штук. Принимается $n = 200$ штук, что кратно 3000.

3.4) Такт выпуска T не определяется, так как производство не массовое.

2.2.3. Оформление протокола

В протоколе приводятся данные задания и величины расчетов $K_{з.о.}$, n и t , дается краткая характеристика определенному расчетом типу производства.

2.2.4. Литература [2; 8]

2.2.5. Вопросы для самоконтроля

1) Какой коэффициент закрепления операций соответствует массовому производству: 0,5; 1; 1,5; 5; 10.

2) В серийном производстве машины изготавливают сериями, а детали:

– штуками;

– партиями;

– наборами;

– комплектами;

– все выше указанное.

2.3. Исследование систематических погрешностей обработки

Цель работы – исследовать причины и закономерности появления систематических погрешностей обработки и пути управления ими.

2.3.1. Общие сведения

Систематической погрешностью (СП) называют такую погрешность, величина которой, знак и закон изменения заранее известны.

Причинами появления СП могут быть:

- ошибки оборудования, приспособлений и инструментов;
- износ составных частей станков, приспособлений и инструментов;
- тепловые деформации элементов технологической системы.

Наибольшее влияние на величину СП имеет износ, т.к. инструмент в процессе обработки подвержен наибольшим нагрузкам, темп его износа будет наибольшим. Поэтому важно провести исследование влияния износа инструмента на формирование систематической погрешности (СП).

При износе инструмента, например резца, в процессе обработки партии заготовок в поперечном сечении детали имеет место увеличение размера D_i , а в продольном направлении формируется отклонение формы Δ_k (рис. 2.2, а, б, в).

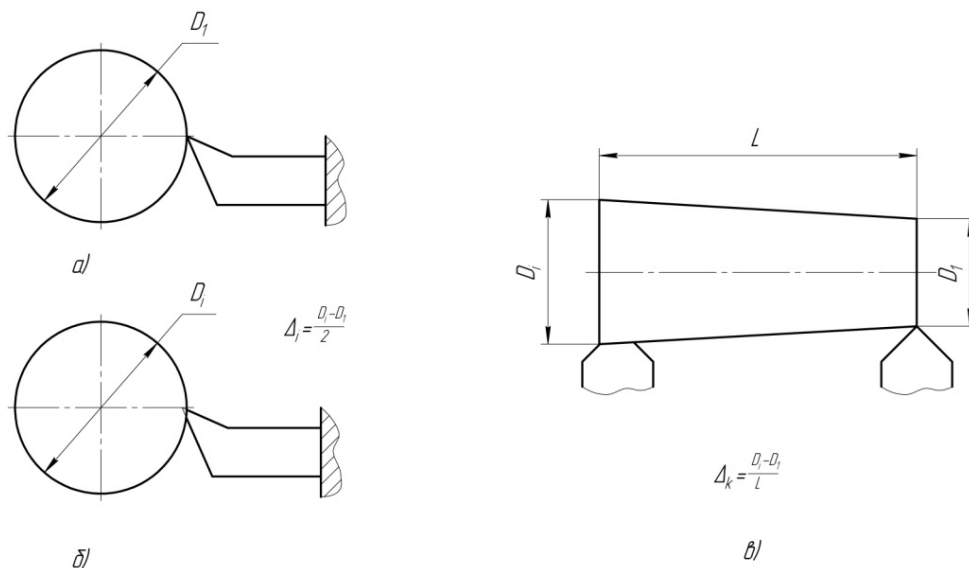


Рис. 2.2 – Погрешности Δ_i и Δ_k

Закон поведения инструмента или износа в нормальных условиях эксплуатации описывается зависимостями:

$$U = f(L_0) \quad \text{или} \quad U = f(\tau), \quad (2.5)$$

где L_0 – путь резания, пройденный инструментом, м;

τ – время обработки, мин.

Графическое представление закона приведено на рис. 2.3. При этом связь между L_0 и τ устанавливается из зависимости:

$$\tau = \frac{L_0}{n \cdot S}. \quad (2.6)$$

Чем больше путь резания, пройденный инструментом L_0 , тем больше время τ и износ инструмента U . На рис. 2.3 можно выделить четко 3 зоны износа инструмента: I – начальную, II – основную и III – катастрофическую.

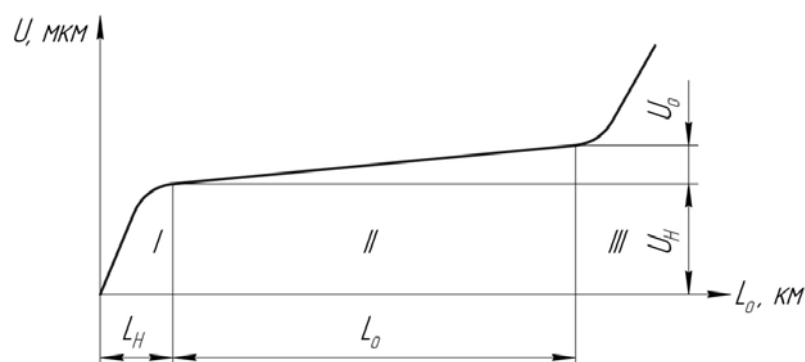


Рис. 2.3 – Зависимость износа инструмента U от пути резания L_0

В зоне I происходит приработка инструмента, его износ U_n составляет от 3 до 5 мкм, а путь резания – 500–2000 м. В зоне II протекает равномерный износ U_i и поэтому можно принять, что он близок к линейному закону и пропорционален пути резания. Величина пути резания может достигать до 50000 м. В зоне III износ инструмента резко увеличивается и может сопровождаться поломкой инструмента, что не допустимо. В общем случае имеем:

$$U = U_n + U_i = U_0(L_{0i} + L_{дон}), \quad (2.7)$$

где U_0 – удельный износ, мкм/км;

L_{0i} – путь резания, км;

$L_{дон}$ – дополнительный путь резания, соответствующий зоне I и равный в среднем 1000 м или 1 км.

Для цилиндрической детали:

$$L_{0i} = \frac{\pi \cdot D}{10^6} \cdot \frac{L_i}{S}, \quad (2.8)$$

где D , L_i , S – соответственно диаметр изделия, мм; длина обработки, мм; подача, мм/об.

В табл. 2.3 приведены некоторые данные по износу проходных резцов при чистовом точении и растачивании разных материалов с глубиной резания $t = 0,1 - 0,3$ мм, при этом шероховатость поверхности $R_z = 10$ мкм, $U_H = 3 - 5$ мкм, L_p – путь до начала разрушения, км.

Таблица 2.3

Относительный износ U_o резцов при чистовом точении и растачивании

Обработка материала и его структура	Материал и марка инструмента	Режим резания		Стойкость по шероховатости, L_p , км	Относительный износ U_o мкм/км
		Скорость резания, V , м/мин	Подача S , мм/об		
Сталь углеродистая качественная	Т30К4	100-180	0,04–0,08	12,5	6,5
	эльбор	550-600	0,04–0,06	25,0	3,0
Сталь легированная	Т30К4	120-180	0,04–0,08	20,0	4,7
	эльбор	450-500	0,04–0,06		
Сталь высоколегированная	Т30К4	80-120	0,02–0,04	11,0	6,5
	эльбор	200-220		15,5	3,0
Стальное литье	Т30К4	100-160	0,04-0,06	7,0	8,5
	эльбор	200-230		12,5	7
Стали конструкционные закаленные (HRC7 Y6)	Т30К4	70-150	0,02-0,05	7,0	10
	эльбор	300-350	0,02-0,04	21,0	5
Чугун СЧ15-18	ВК3М	100-160	0,04-0,08	21,0	6,0
Чугун СЧ21-28	ВК3М	120-160	0,04-0,08	23,0	6,5
Чугун ковкий КЧ30; КЧ37	ВК3М	80-140	0,03-0,06	19,0	6,0
	эльбор	300-350	0,03-0,06	22,0	3,0
Чугун, модифицированный СМ	ВК3М	120-160	0,04-0,08	18,0	5,0
	эльбор	300-350	0,04-0,06	20,0	3,0

Если предположить, что за короткий отрезок времени действует СП от износа инструмента, а остальные причины ее появления мало влияют на процесс, то есть СП от их действия весьма малы, то сопоставляя допуск детали ITD с величинами износа U можно судить о наличии годности или брака изделий и намечать пути управления СП, например, заменяя материал резцов на более износостойкий или изменяя темп износа через изменения режима резания.

2.3.2. Порядок работы

В ходе занятия исследования СП проводятся по двум задачам – 1 и 2.

1) Задача 1. На ТРС обрабатывается партия N деталей – валов из стали 45 размером: $\varnothing 20_{-0,1}$ мм, длина L_{∂} мм, режим резания при точении: $t = 0,3$ мм; $V_p = 100$ м/мин; $S = 0,3$ мм/об. Резец Т15 К6Т ($U_0 = 20$ мкм/км).

Необходимо определить увеличение размера последней детали партии N при условии, что станок работает без подналадки, и дать рекомендации по обеспечению работы без брака. Задания студентам приведены в табл. 2.4 и каждый студент получает свой номер задания.

Таблица 2.4

Варианты заданий. Задача 1

№ варианта	Длина детали L_i , мм	Размер партии деталей N , шт.
1	30	500
2	50	500
3	100	400
4	100	1000
5	20	1000
6	20	500

2) Определяется размерный износ:

$$U = U_0 \cdot (L_{oi} + L_{\partial}) = U_0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D \cdot L_i \cdot N}{10^6 \cdot S} + L_{\partial} \right). \quad (2.9)$$

3) Определяется увеличение последней детали в партии N штук по диаметру:

$$\Delta = 2 \cdot U. \quad (2.10)$$

4) Сравниваются значения ITd и $2 \cdot U$. Если вторая величина больше первой, то неизбежен брак. Предлагается одно из наиболее простых решений: из табл. 2.3 выбирается второй вариант по материалу резца большей стойкости, т.е. меньшего износа, и проверяется по формулам (2.9) и (2.10).

5) Выполняется цифровой расчет для варианта 1 из табл. 2.4.

5.1) Определяется U при $L_d = 30$ мм, $N = 500$ шт. и $U_0 = 20$ мкм/км (для резца, изготовленного из твердого сплава Т15К6Т):

$$U_0 = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 500}{10^6 \cdot 0,3} + 1 \approx 83 \text{ мкм.}$$

5.2) Определяется изменение последней детали по допуску:

$$\Delta = 2 \cdot 83 = 166 \text{ мкм.}$$

Как видно, величина Δ больше допуска в 100 мкм, и поэтому будет иметь место брак.

5.3) Заменяя резец другим резцом с пластиной из твердого сплава Т30К4 ($U_0 = 6,5$ мкм/км из табл. 2.3), получено:

$$U_0 = \frac{3,14 \cdot 6,5 \cdot 30 \cdot 500}{10^6 \cdot 0,3} = 26,9 \text{ мкм.}$$

Откуда $2U = 2 \cdot 26,9 \approx 54$ мкм, что меньше 100 мкм, т.е. брак отсутствует.

6) Задача 2. На токарно-винторезном станке обрабатывается вал $\varnothing 200_{-0,25}$ мм и длиной L_d (мм) резцом из твердого сплава Т30К4 с режимом резания: $V_p = 100$ м/мин; $t = 0,5$ мм и S (мм/об). Значения L_d и S приведены в таблице заданий 2.5.

Каждый студент получает свой номер задания. Требуется определить увеличение размера детали по конусности и дать заключение о ее годности.

7) Определяется размерный износ резца в конце пути обработки:

$$U = U_0 \cdot L_i = U_0 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D \cdot L}{10^6 \cdot S} + L_{don} \right). \quad (2.11)$$

8) Определяется ошибка конусности детали Δ_k :

$$\Delta_k = \frac{D^{кон} - D^{нач}}{L_d}.$$

Варианты заданий. Задача 2

№ варианта	Подача S , мм/об.	Длина детали L_d (обработки L_0), мм
1	0,05	3000
2	0,05	1000
3	0,1	2000
4	0,1	3000
5	0,2	1000
6	0,3	2000

Следует сравнить значение Δ_k с допуском детали ITd и принять решение о дальнейших действиях.

9) Производится цифровой расчет для варианта 1 из табл. 2.5.

9.1) Определяется износ резца U для $U_0 = 6,5$ мкм/км (табл. 2.3):

$$U = 6,5 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 200 \cdot 3000}{10^6 \cdot 0,05} + 1 \right) = 6,5 \cdot 38,7 = 252 \text{ мкм.}$$

9.2) Определяется ошибка: $\Delta = 2 \cdot U = 2 \cdot 252 = 504$ мкм = 0,504 мм. Следовательно, деталь будет забракована, т.к. допуск $ITd = 0,25$ мм, что меньше 0,504 мм.

Определяется $\Delta_k = \frac{0,504}{3000} = 0,17$ мм.

9.3) Управлять значением Δ можно, выбрав резец из эльбора-Р вместо резца из твердого сплава Т30К4, для которого справедливо условие $U_0 = 3$ мкм/км. Тогда $U = 3,0 \cdot 38,7 \approx 116$ мкм, а $\Delta = 2 \cdot U = 2 \cdot 116 = 232$ мкм, что меньше допуска. Конусность $\Delta_k = \frac{0,232}{3000} = 0,077$ мм / 1000 мм.

9.4) Следует обратить внимание на то, что в формуле (2.11) увеличение подачи S ведет к уменьшению U без замены материала резца.

2.3.3. Оформление протокола

В протоколе работы следует отразить:

- 1) Схему метода обработки, указав все движения объекта и инструмента.
- 2) Привести результаты расчета погрешности в поперечном сечении и рекомендации по исключению брака.

3) Привести результаты расчета погрешности в продольном сечении и рекомендации по устранению брака.

4) Дать общую оценку величины погрешности от износа инструмента и пути управления ею.

2.3.4. Литература [11; 13]

2.3.5. Вопросы для самоконтроля

1) Систематическая – это погрешность, о которой заранее известны:

- ее величина;
- ее характеристика;
- ее знак;
- ее закон изменения;
- все указанное выше в целом.

2) Систематическая погрешность обработки появляется, если есть

- ошибки оборудования;
- износ опорных элементов приспособлений;
- тепловая деформация инструментов;
- погрешности сборки приспособлений;
- износ направляющих станка.

3) Какие факторы в наибольшей степени влияют на износ резца:

- скорость резания;
- глубина резания;
- число проходов;
- подача;
- частота вращения шпинделя.

4) Уменьшить износ инструмента возможно, заменив:

- материал инструмента;
- способ его крепления;
- условия хранения;
- точность изготовления;
- шероховатость передней поверхности.

2.4. Исследование точности операции при распределении значений параметров по закону нормального распределения

Цель работы:

- изучить методику статистического исследования точности операции механической обработки при распределении погрешностей по закону Гаусса;
- проверить гипотезу нормальности распределения партии деталей и дать заключение о наличии брака и определить его размер.

2.4.1. Общие сведения

При механической обработке деталей распределение показателей качества обработки наиболее часто происходит по законам нормального распределения (Гаусса) и эксцентриситета.

При устойчивом процессе обработки деталей при отсутствии влияния во времени систематического фактора и наличии действия большого числа взаимонезависимых факторов погрешности обработки подчиняются закону Гаусса.

Функция распределения случайной величины x имеет вид:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}},$$

где x , \bar{x} – текущие и средние значения случайной величины x :

σ – среднее квадратичное отклонение случайной величины x от \bar{x} .

Для исследования точности операции принимается достаточно большая выборка деталей, обработанных на станке при постоянной настройке и других неизменных условиях процесса. При этом выдвигается гипотеза о характере распределения показателя и, используя метод математической статистики, или подтверждается или отвергается.

2.4.2. Порядок выполнения работы

Статистический анализ партии деталей можно выполнить путем изготовления 100 штук деталей на настроенном станке. Для этой цели применимы шайбы или диски Ø40 мм и толщиной 4–5 мм с допуском до 0,2 мм, а также могут быть использованы обработанные ранее партии деталей $n = 100$ штук.

1) Обработать партию деталей $n = 100$ штук на настроенном станке в размер или выбрать для анализа подготовленную ранее партию.

2) Произвести измерение всех деталей партии по толщине с помощью микрометра с ценой деления 0,01 мм или специального измерительного индикаторного приспособления с ценой деления 0,005 мм. Данные измерений занести в табл. 2.6. Эта таблица заполнена данными измерений партии деталей №1 (шайба Ø30 мм и толщиной $b = 4,7_{-0,2}$ мм), а в лаборатории каждый студент будет измерять свою партию с указанными для нее размерами.

Таблица 2.6

Протокол измерения толщины колец, обработанных на токарном автомате
(нормальность распределения следует доказать)

№ п/п	Размер	№ п/п	Размер	№ п/п	Размер	№ п/п	Размер	№ п/п	Размер
1	4,595	21	4,63	41	4,63	61	4,62	81	4,62
2	4,63	22	4,65	42	4,65	62	4,64	82	4,64
3	4,65	23	4,64	43	4,66	63	4,63	83	4,63
4	4,61	24	4,61	44	4,64	64	4,66	84	4,65
5	4,64	25	4,64	45	4,63	65	4,63	85	4,67
6	4,66	26	4,64	46	4,66	66	4,67	86	4,64
7	4,62	27	4,62	47	4,64	67	4,65	87	4,67
8	4,65	28	4,65	48	4,61	68	4,63	88	4,64
9	4,66	29	4,64	49	4,65	69	4,66	89	4,65
10	4,62	30	4,63	50	4,63	70	4,64	90	4,64
11	4,64	31	4,64	51	4,63	71	4,63	91	4,65
12	4,66	32	4,63	52	4,64	72	4,64	92	4,63
13	4,65	33	4,65	53	4,62	73	4,65	93	4,65
14	4,63	34	4,64	54	4,65	74	4,64	94	4,64
15	4,66	35	4,61	55	4,64	75	4,65	95	4,63
16	4,595	36	4,64	56	4,62	76	4,62	96	4,67
17	4,66	37	4,62	57	4,65	77	4,67	97	4,63
18	4,64	38	4,65	58	4,64	78	4,685	98	4,67
19	4,66	39	4,61	59	4,66	79	4,65	99	4,65
20	4,61	40	4,64	60	4,63	80	4,685	100	4,67

3) Установить на основании данных табл. 2.6 наибольшее и наименьшее значения параметра b . В рассматриваемой партии $b_{max} = 4,685$ мм, $b_{min} = 4,595$ мм.

4) Определить допуск партии: $ITb = b_{нб} - b_{нм} = 4,685 - 4,595 = 0,09$ мм.

5) Разделить все размеры деталей на 9 групп так, чтобы допуск h группы был равен (2–4) значениям ошибки измерительного прибора или инструмента. В нашем случае $h = 2 \times 0,005 = 0,01$ мм и $0,09 : 9 = 0,01$ мм.

6) Установить границы интервалов для каждой группы и заполнить табл. 2.7, в которой в графе 2 записать эти границы, в графе 3 из табл. 2.6 записать частоты m_i (количества деталей) в каждой группе, в графе 4 - средние значения размера интервала y_l .

Таблица 2.7

Подсчет эмпирических и теоретических частот распределения

№ изм.	Интервал	m_i	y_l	y'_l	$m_i y'_l$	$m_i (y'_l)^2$	t	$\Phi(t)$	$F(x)$	m'_i	m'_i^*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4,595–4,605	2	4,6	-4	-8	32	-2,36	0,481	0,019	1,9	2
2	4,605–4,615	6	4,61	-3	-18	54	-1,5	0,433	0,067	4,8	5
3	4,615–4,625	9	4,62	-2	-18	36	-0,92	0,321	0,179	11,2	11
4	4,625–4,635	18	4,63	-1	-18	18	-0,35	0,137	0,363	18,4	18
5	4,635–4,645	25	4,64	0	0	0	0,23	0,091	0,591	22,8	23
6	4,645–4,655	20	4,65	1	20	20	0,81	0,291	0,701	20,0	20
7	4,655–4,665	11	4,66	2	22	44	1,39	0,418	0,018	12,7	13
8	4,665–4,675	7	4,67	3	21	63	1,96	0,476	0,973	5,7	6
9	4,675–4,685	2	4,68	4	8	32	2,54	0,494	0,904	1,9	2
		Σ 100			+9	299					100

*Округленные значения m_i .

7) Найти интервал с наибольшей частотой m_i . В нашем примере это $y_0 = 4,64$ мм, в котором $m_i = 25$.

Заполнить графу 5, указав по убывающей и возрастающей от y_0 значения моментов y'_l . Заполнить графы 6: $m_i \cdot y'_l$ и 7: $m_i \cdot (y'_l)^2$. Определить суммы граф 6 и 7.

8) Определить параметр t (графа 8) по формуле:

$$t = \frac{x_{нб} - \bar{x}}{S'}$$

где S' - среднее квадратичное отклонение параметра;

\bar{x} - среднее значение параметра;

$$\bar{x} = y_0 + h \frac{\sum m_i \cdot y'_i}{\sum m_i}$$

Тогда по данным табл. 2.7: $\bar{x} = 4,64 + 0,01 \cdot 9/100 = 4,641$ мм;

$$S = h \cdot \sqrt{\frac{\sum m_i (y'_i)^2}{\sum m_i} - \left(\frac{\sum m_i \cdot y'_i}{\sum m_i} \right)^2} = 0,01 \cdot \sqrt{\frac{299}{100} - \left(\frac{9}{100} \right)^2} = 0,0173 \text{ мм.}$$

9) Построить полигон распределения и кривую распределения (рис. 2.4).

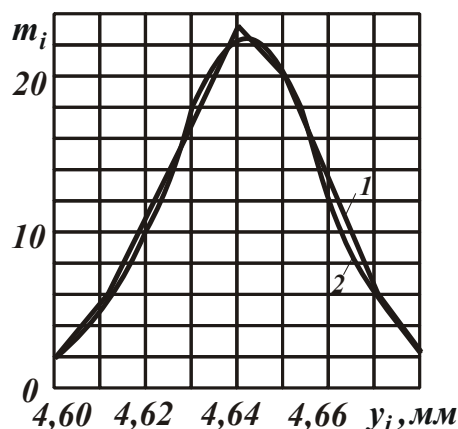


Рис. 2.4 – Эмпирический полигон 1 и теоретическая кривая нормального распределения 2

По оси абсцисс отложить в некотором масштабе размер b , а по оси ординат – частоты m_i . Определить середины интервалов и поставить точку при пересечении середины с m_i (см. рис. 2.4). Точки соединить прямыми линиями и получить полигон 1, а, соединив точки плавной кривой 2 – получить кривую распределения.

10) Заполнить графу 9 табл. 2.7, используя функцию Лапласа $\Phi(t)$ (при табл. 2.8).

11) Определить интегральную функцию $F_x = 0,5 - \Phi(t)$. Заполнить графу 10 табл. 2.7.

$$\text{Значение функции Лапласа } \Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

t	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0909	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1555	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	0,1915	1950	1985	2019	2045	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	0,3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3683	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	0,4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	0,4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2,1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4865	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2,5	0,4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2,6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2,7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2,8	4984	4975	4976	4977	4978	4978	4979	4979	4980	4981
2,9	4971	4982	4982	4983	4984	4984	4985	4985	4986	4986

t	Φ(t)	t	Φ(t)	t	Φ(t)
3,00—3,02	0,4987	3,14—3,17	0,4992	3,39—3,48	0,4997
3,03—3,04	0,4988	3,18—3,21	0,4993	3,49—3,61	0,4998
3,05—3,07	0,4989	3,22—3,26	0,4994	3,62—3,89	0,4999
3,08—3,10	0,4990	3,27—3,32	0,4995	4,50	0,499997
3,11—3,13	0,4991	3,33—3,38	0,4996	5,00	0,4999997

12) Определить теоретическую частоту $m'_i = F_{(x)_i} \cdot n$.

Для первого интервала $m'_1 = F_{(x)_1} \cdot n = 0,019 \cdot 100 = 1,9$;

для второго интервала: $m'_2 = [F_{(x)_2} - F_{(x)_1}] \cdot n = (0,067 - 0,019) \cdot 100 = 4,8$ и т.д.

Заполнить графу 11 таблицы.

Так как m'_i , по сути, объекты – детали, то они не могут быть дробными величинами, поэтому необходимо выполнить округления и заполнить графу 12. При правильном расчете должно получиться 100 деталей.

13) Сопоставить эмпирическое и теоретическое распределение, используя критерий χ^2 Пирсона: $\chi^2 = \sum_{i=1}^z \frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i}$, где z – число сравниваемых частностей; m_i, m'_i – эмпирическая и теоретическая частности в i -м интервале.

Расчет значений χ^2 удобно выполнять в форме вспомогательной табл. 2.8, две первые графы которой заполняются на основании табл. 2.7.

Если частоты в отдельных интервалах менее 5, то объединяются с соседними интервалами.

Таблица 2.9

Слагаемые для вычисления критерия χ^2

m_i	m'_i	$m_i - m'_i$	$(m_i - m'_i)^2$	$(m_i - m'_i)^2 / m'_i$
2 } 6 } 8	2 } 5 } 7	1	1	14
9	11	2	4	0,36
18	18	–	–	–
25	23	2	4	0,17
20	20	–	–	–
11	13	2	4	0,31
7 } 2 } 9	6 } 2 } 8	1	1	0,11
				$\chi^2 = 0,98$

После заполнения всей таблицы вычисляется число степеней свободы $k = z - p - 1$, где r – число сравниваемых частот (в нашем примере $z = 7$); p – число параметров теоретического распределения (для закона нормального распределения $p = 2$). В нашем примере $k = 7 - 2 - 1 = 4$.

Область допустимых значений критерия χ^2 или область принятия гипотезы характеризуется неравенством:

$$\chi_{на\ бл}^2 < \chi_{кр}^2(\alpha, k),$$

где $\chi_{на\ бл}^2$ – значение критерия, вычисленное по данным наблюдений;

$\chi_{кр}^2(\alpha, k)$ – критические значения критерия при заданных α и k ;

α – уровень значимости, в технике обычно принимается равным 0,05.

Из табл. 2.10 находим $\chi_{кр}^2(0,05;4) = 9,5$. Так как $0,98 < 9,5$, то нет оснований отвергать гипотезу о нормальном распределении анализируемого размера b .

Таблица 2.10

Критические точки распределения χ^2 при уровне значимости $\alpha = 0,05$

k	χ^2	k	χ^2	k	χ^2
1	3,8	11	19,7	21	32,7
2	6,0	12	21,0	22	33,9
3	7,8	13	22,4	23	35,2
4	9,5	14	23,7	24	36,4
5	11,1	15	25,0	25	37,7
6	12,6	16	26,3	26	38,9
7	14,1	17	27,6	27	40,1
8	15,5	18	28,9	28	41,3
9	16,9	19	30,1	29	42,6
10	18,3	20	31,4	30	43,8

14) Проверить дополнительно правильность вывода п. 13) по критерию

Романовского: $A = \frac{|\chi^2 - k|}{\sqrt{2k}}$. Если $A < 3$, то гипотеза принимается. Если $A \geq 3$, то

гипотеза отвергается. В нашем случае $A = \frac{|0,98 - 4|}{\sqrt{8}} = 1,07$. Следовательно, эмпирическое распределение соответствует нормальному закону.

15) Определить поле рассеивания.

Поле рассеивания размеров принимается для нормального закона распределения $\omega = 6 \cdot S$, что обеспечивает вероятность получения годных деталей в пределах 99,73 %.

В нашем случае $\omega = 6 \cdot 0,173 = 0,104$ мм.

16) Определить показатель точности технологической операции по формуле $K_p = \frac{\omega}{\sigma} = \frac{6 \cdot S}{\delta}$, где δ – поле допуска исследуемого параметра качества.

Если выполняется условие $K_p = 0,75 - 0,85$, то точность процесса считается удовлетворительной. В нашем случае $K_p = \frac{0,104}{0,2} = 0,5$, т.е. в этой партии бракованных деталей нет.

2.4.3. Содержание отчета

- 1) Название работы.
- 2) Эскиз детали с указанием измеряемого размера.
- 3) Протокол измерений (см. табл. 2.6).
- 4) Расчет эмпирических и теоретических частот (см. табл. 2.7).
- 5) Расчет среднего значения и среднего квадратического отклонения измеренного параметра.
- 6) Эмпирический полигон и теоретическая кривая распределения.
- 7) Расчет критерия χ^2 (см. табл. 2.9) и критерия А.
- 8) Заключение о проверке гипотезы нормального распределения.
- 9) Определение поля рассеивания и показателя точности технологической операции.

10) Выводы.

2.4.4. Литература [4; 7; 10]

2.4.5. Вопросы для самопроверки

- 1) Какое условие ставится в гипотезе нормальности распределения объектов:
- устойчивость процесса;
 - отсутствие систематических факторов;
 - взаимозаменяемость факторов;
 - случайность факторов;
 - большое число факторов.
- 2) Каким числом связаны ошибки измерения и допуск группы:
- 1; -2; -5; -10; -20.
- 3) Каким числом связано поле рассеивания ω и среднее квадратическое отклонение σ : -1; -2; -3; -5; -6.

2.5. Исследование влияния геометрических факторов на шероховатость поверхности при механической обработке

Цель работы – установить влияние геометрических факторов на шероховатость поверхности при механической обработке и научить студента использовать их для управления качеством поверхности.

2.5.1. Общие сведения

Совокупность неровностей с относительно малым шагом, образующая рельеф поверхности и рассматриваемая в пределах заданной базовой длины, представляет собой шероховатость поверхности. Параметры шероховатости поверхности нормируются ГОСТ 2789-89.

Профиль неровностей связан с геометрическими параметрами инструмента (радиусом при вершине резца, углами в плане) и величиной подачи. Величину шероховатости поверхности можно рассчитать, исходя из сопоставления двух смежных положений инструмента, смещенных относительно друг друга на величину подачи. Величину шероховатости можно рассчитать по формуле в зависимости от формы неровностей и участия в работе только радиусной или переходных частей вершины резца (рис. 2.5).

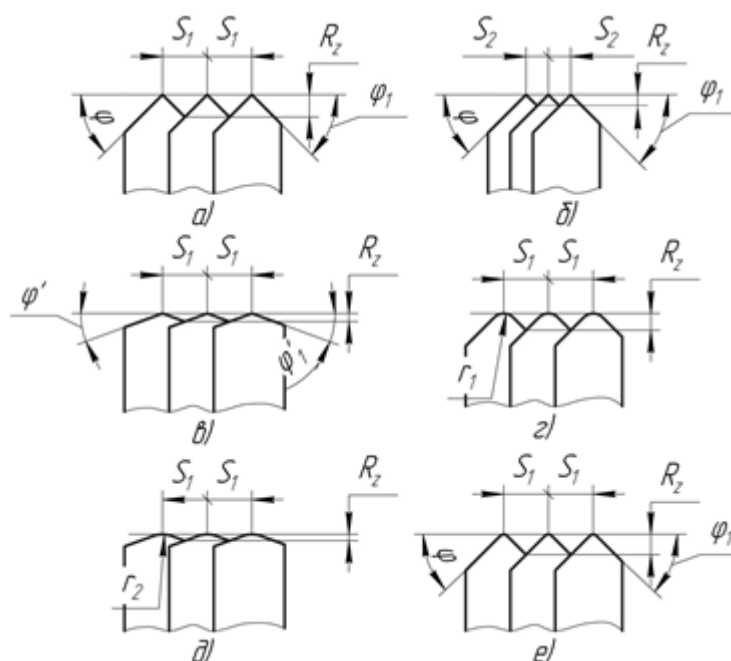


Рис. 2.5 – Образование шероховатости при точении поверхности:

- а) $R_z = f(S_1)$; φ и φ_1 – велики; б) $R_z = f(S_2)$; при условии $S_2 < S_1$; φ и φ_1 – велики; в) $R_z = f(S_1)$; φ и φ_1 – малы; г) $R_z = f(r_1)$; д) $R_z = f(r_2)$; при условии $r_2 > r_1$; е) $R_z = f(r + \varphi + \varphi_1)$.

Формула неровностей (рис. 2.5)	Формула для расчета высоты шероховатостей, мкм
Вариант 1	$R_z = R - 0,5 \cdot \sqrt{4R^2 - S^2}$ (рис. 2.5,г)
Вариант 2	$R_z = R \cdot (1 - \cos \varphi_1) + S \cdot \sin \varphi_1 \cdot (\cos \varphi_1 - \sin \varphi_1) \times$ $\times \sqrt{S \cdot \sin \varphi_1 - (2R - \sin \varphi_1 \cdot S)}$ (рис. 2.5,е – $\varphi = 0$)
Вариант 3	$R_z = \frac{\sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \cdot \left[S - R \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right) \right]$ (рис. 2.5,е)

В формулах: R – радиус при вершине резца, мм; S – подача, мм/об; φ – главный угол резца в плане; φ_1 – вспомогательный угол резца в плане.

Работа выполняется на токарных, фрезерных и расточных станках и включает в себя следующие этапы:

Этап 1.

1.1. Измерение геометрических параметров резца.

1.2. Совместить ось резца или кромку тела резца с горизонтальной осью градусного диска, который предварительно устанавливается на «0».

1.3. Совместить вторую ось градусного диска с кромкой резца.

1.4. Отсчитать значения φ и φ_1 , в градусах и минутах и данные занести в протокол.

Этап 2.

2.1. Измерения радиуса закругления резца при вершине.

2.2. Определить величину a и h путем перемещения предметного столика инструментального микроскопа до совмещения с горизонтальными осями градусного диска, отчет вести по продольному и поперечному микрометрам.

2.3. Определить радиус закругления резца при вершине по формуле:

$$R = \frac{a^2 + h^2}{2h}$$

и данные занести в протокол.

Этап 3.

3.1. Расчет теоретической высоты шероховатостей по приведенным ранее формулам, взяв за основу ряд реализуемых на станках подач.

3.2. В зависимости от подачи, главного и вспомогательного углов в плане по графику (рис. 2.6) определить вариант формы неровностей и форму для расчета теоретической высоты шероховатости поверхности. Для этого определить соотношение S/R и по замеренным значениям φ и φ_1 определить зону, определяющую вид расчетной формулы.

Э т а п 4.

4.1. Произвести обработку образцов (рис. 2.7, а, б, в) на станках, реализуя выбранный ранее ряд подач (от минимального до максимального значения) при заданных скоростях резания.

Этап 5.

5.1. Произвести контроль величины шероховатости поверхности на двойном микроскопе МИС-11 наружных поверхностей или на приборе «Калибр» для наружных и внутренних поверхностей.

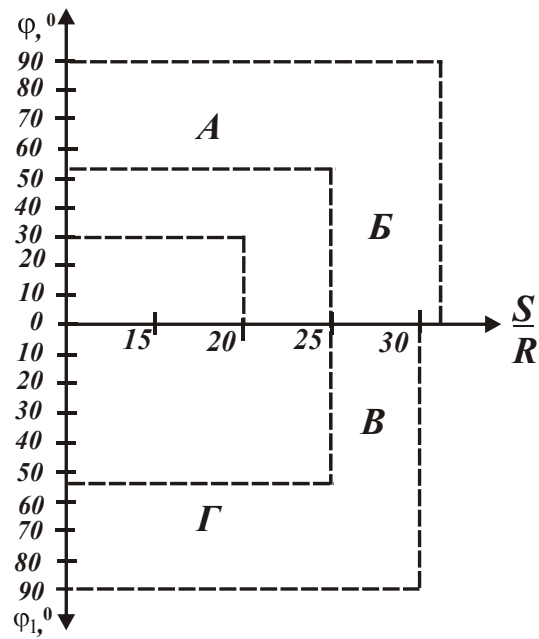


Рис. 2.6 – График для определения варианта формы неровностей и формулы для расчета

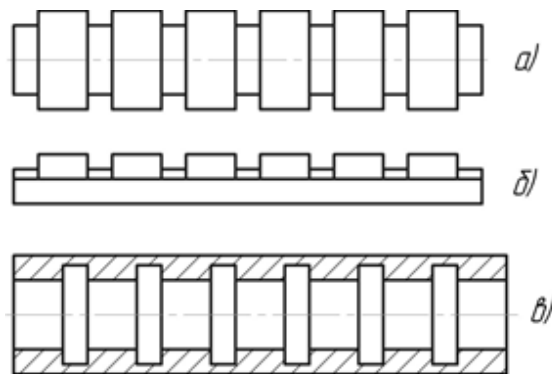


Рис. 2.7 – Образцы для исследований: точение (а); фрезерование (б); растачивание (в)

5.2. Выбрать объектив микроскопа в соответствии с ожидаемой величиной шероховатости поверхности, используя таблицы в инструкции МИС-11.

5.3. Установить в микроскопе подобранные: объектив и окуляр с объективом-микрометром.

5.4. Установить на предметный столик детали испытания, используя специальные базирующие устройства.

5.5. Произвести измерение высоты шероховатостей по нескольким неровностям, характерным для данной поверхности, перемещая оси сетки объектива

микрометра от основания к вершине и фиксируя значения отсчета по измерительному барабанчику.

5.6. Определить высоту шероховатости по формуле (для пяти измеренных значений):

$$R_z = a \cdot E,$$

где R_z – высота шероховатостей;

a – разность двух отсчетов по измерительному барабанчику;

E – переводной коэффициент, учитывающий увеличение объектива с дополнительной линзой.

Полученные данные внести в протокол.

5.7. Для внутренних поверхностей измерения произвести на приборе «Калибр» с фиксацией значений R_a или выполнить запись профилограммы с пересчетом значений R_z по указанию руководителя. Полученные данные внести в протокол.

Этап 6.

6.1. Построить график зависимости шероховатости поверхности от подачи при заданных скоростях резания. Нанести на те же графики теоретические значения шероховатости, полученные по расчетам в пункте 2.3.

6.2. Сделать выводы о соответствии значений расчетной и экспериментально полученной шероховатости поверхности.

2.5.2. Порядок выполнения работы

- 1) Получить задание у преподавателя.
- 2) Выполнить последовательно все этапы работы.
- 3) Результаты расчетов и их измерений внести в соответствующие протоколы.
- 4) Сделать выводы о влиянии геометрических параметров на шероховатость поверхности.

2.5.3. Содержание отчета

- 1) Название работы.

2) Эскизы экспериментальных образцов и инструментов, используемых в работе.

3) Расчет ожидаемой величины шероховатости.

4) Протоколы измерения образцов.

5) Графики $R_z = f(R)$ и $R_a = f(R)$.

6) Выводы.

2.5.4. Литература [7; 13]

2.5.5. Вопросы для самоконтроля

1) На величину шероховатости поверхности влияет нарост. При каких условиях режима резания он имеет место?

– $V = 5 - 10$ м/мин;

– $V = 20 - 50$ м/мин;

– $V = 60 - 100$ м/мин;

– $V = 120 - 200$ м/мин;

– $V = 250 - 500$ м/мм.

2) При каких свойствах материала детали параметр шероховатости поверхности R_z будет максимальным?

– хрупкий;

– жесткий;

– пластичный;

– упрочненный нормализацией;

– упрочненный закалкой.

2.6. Обоснование выбора станка (или машины) по их долговечности

Цель занятия: научить студента определять эффективность выбора машины разной стоимости и долговечности.

Задачи:

– научить определять срок окупаемости машины общего назначения при заданных условиях производства;

– научить определять экономический эффект от использования надежной машины при заданных условиях.

2.6.1. Общие сведения

Выбор станка или машины на этапе проектирования технологического процесса (ТП) – один из главных и ответственных этапов. Выбор размеров зоны станка, режимов работы, типа привода, системы управления очень важен, но затраты на покупку определяют окончательное решение, а эти затраты существенно зависят от надежности работы станка, в первую очередь от его долговечности. Известно, что надежность закладывается на этапе конструирования машины, в основной части, и на этапе изготовления ее, в меньшей части.

При конструировании машин экономический фактор играет одну из главных ролей, т.е. одна из главных целей конструирования – это увеличение экономического эффекта машины. К этой цели можно прийти двумя путями:

1 путь – уменьшить стоимость изготовления машины, избегать сложных и поэтому дорогих решений, применять наиболее простые технологические процессы;

2 путь – обеспечить соотношение полезной отдачи машины и суммы эксплуатационных расходов за весь период работы машины, в котором стоимость машины является только одной и не всегда главной, а иногда и незначительной составляющей суммы расходов.

Очевидно, второй путь более эффективен и поэтому главными факторами экономичности машины являются полезная отдача машины, надежность, расходы на оплату труда рабочих, энергопотребление и стоимость ремонтов.

Полезная отдача $\eta_{исп}$ частично может быть представлена отношением времени фактической работы машины h (часов) за определенный календарный (годовой) период H (часов):

$$\eta_{исп} = \frac{h}{H}. \quad (2.12)$$

Если машина работает до полного исчерпания своего ресурса, то h представляет собой долговечность D (часов) и тогда:

$$\eta_{исп} = \frac{D}{H}. \quad (2.13)$$

Опыт показывает, что при работе в одну, две или три смены справедливо $\eta_{исп} = 0,2; 0,4$ или $0,6$, а при круглогодичной непрерывной работе $\eta_{исп} = 0,95$. У машин сезонного применения $\eta_{исп} = 0,05 - 0,1$.

Рентабельность машины q , как характеристику полезной отдачи, можно выразить:

$$q = \frac{O_T}{P}, \quad (2.14)$$

где O_T – полезная отдача за определенный период, грн.;

P – сумма расходов за тот же период, грн.

Сумма расходов применительно к механической обработке можно записать:

$$P = C_{\text{мат}} + C_{\text{эн}} + C_{\text{зарпл}} + C_{\text{инстр}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{обсл}} + C_{\text{накл}} + C_{\text{аморт}}, \quad (2.15)$$

где слагаемые по порядку указывают стоимость материалов и заготовок, энергии, зарплату рабочих, стоимость инструментов, ремонтов и обслуживания, накладных расходов и амортизационных отчислений. Величина q должна быть больше единицы, иначе машина будет работать в убыток и теряет смысл ее использовать.

Годовой доход или экономический эффект Q_z определяется:

$$Q_z = O_{mz} - P_z = O_{mz} \cdot \left(1 - \frac{P}{O_{mz}}\right) = O_{mz} \cdot \left(1 - \frac{1}{q}\right). \quad (2.16)$$

Суммарный экономический эффект $\sum Q$ за весь период службы машины:

$$\begin{aligned} \sum Q = O_m - P = \sum O_m - (\sum C_{\text{мат}} + \sum C_{\text{эн}} + \sum C_{\text{зарпл}} + \sum C_{\text{инстр}} + \sum C_{\text{рем}} + \\ + \sum C_{\text{обсл}} + \sum C_{\text{накл}} + \sum C_{\text{аморт}}). \end{aligned} \quad (2.17)$$

Отдача машины и все расходы за исключением $\sum C_{\text{аморт}}$ и $\sum C_{\text{рем}}$ пропорциональны продолжительности фактической работы h за период эксплуатации.

Расходы $\sum C_{\text{аморт}}$ за период эксплуатации равны стоимости машины $\sum C_m$. Величина $C_{\text{рем}}$ не находится в прямой зависимости от h , так как их раз-

мер и периодичность зависят от условий эксплуатации и надежности машины.

Поэтому выражение (2.17) можно представить в другом виде:

$$\sum Q = h [O_{тг} - (C_{мат.г} + C_{эн.г} + C_{зарпл.г} + C_{инстр.г} + C_{обсл.г} + C_{накл.г})] - \sum C_{рем} - C_m. \quad (2.18)$$

Если машина работает до исчерпания ресурса ($h = D$), то

$$\sum Q = D [O_{тг} - (C_{мат.г} + C_{эн.г} + C_{зарпл.г} + C_{инстр.г} + C_{обсл.г} + C_{накл.г})] - \sum C_{рем} - C_m. \quad (2.19)$$

Повышение отдачи, выражающееся увеличением числа единиц готовой продукции, имеет расход материалов и инструментов, пропорциональный отдаче:

$$C_{мат} + C_{инстр} = O_T \cdot \alpha,$$

где $\alpha = 0,1 - 0,5$ – доля стоимости материалов и инструментов в стоимости продукции.

Преобразуем выражение (2.19) к виду:

$$\sum Q = D [O_{тг} \cdot (1 - \alpha) - (C_{эн.г} + C_{зарпл.г} + C_{обсл.г} + C_{накл.г})] - \sum C_{рем} - C_m. \quad (2.20)$$

Так как накладные расходы можно выразить в долях трудозатрат: $C_{накл} = \beta \cdot C_{зарпл}$ (где β – коэффициент, зависящий от типа производства, организационной структуры и других условий, и изменяется в пределах $\beta = 0,5 - 3$), то уравнение (2.20) примет вид:

$$\sum Q = D [O_{тг} \cdot (1 - \alpha) - (C_{эн.г} + (1 + \beta)C_{зарпл.г} + C_{обсл.г})] - \sum C_{рем} - C_m. \quad (2.21)$$

Срок окупаемости машины $H_{ок}$ можно определить, как период ее работы, при котором суммарный эффект равен стоимости машины:

$$C_m = H_{ок} \cdot \eta_{исп} \cdot (O_T - P_г) - C_{аморт}, \quad (2.22)$$

где $P_г$ – годовые эксплуатационные расходы;

$$P_г = C_{эн.г} + C_{мат.г} + C_{инстр.г} + C_{зарпл.г} + C_{обсл.г} + C_{накл.г}.$$

Затраты на ремонт, как правило, весьма малы в первые годы эксплуатации и поэтому ими можно пренебречь.

Расходы на амортизацию

$$C_{аморт} = \frac{C_m \cdot H_{ок}}{H} = \frac{C_m \cdot H_{ок} \cdot \eta_{исп}}{D}. \quad (2.23)$$

Из формулы (2.22) после преобразований следует:

$$H_{ок} = \frac{C_m}{\eta_{исп} \cdot \left(O_T - P_z \frac{C_m}{D} \right)}. \quad (2.24)$$

2.6.1. Порядок выполнения работы

Каждый студент получает перед началом занятия у преподавателя задание, варианты которого приведены в табл. 2.9 (номера №1–5), проводит расчеты и делает выводы.

Задание №6 в этой таблице – «провокационное», т.к. оно имеет минимальную стоимость в гривнах и самый лучший показатель отношения полезной отдачи к стоимости машины – 5,8, т.е. хотелось бы эту дешевую машину купить раньше других, но это первый взгляд, т.к. долговечность D у этого варианта не из высоких значений. Стоит ли рисковать?

Задавая реальный объект-станок, необходимо выполнить реальные расчеты за период эксплуатации (часть 1) и суммарного экономического эффекта за период эксплуатации (часть 2) на основании задания 1, приведенного в табл. 2.11, и сравнить его с вариантом 6.

Таблица 2.11

Варианты заданий

Обосновать выбор станка стоимостью C_m грн. при полезной отдаче за время эксплуатации O_T грн; показателям эффективности работы K , α , β и установленной долговечности D , лет; мощности двигателя $N=10$ кВт; $\eta_z = 0,85$; при стоимости 1 кВт – 0,2 грн.

№ задания	Параметры					
	C_m , грн.	O_T , грн.	$K = O_T / C_m$	α	β	D , лет
1	20 000	80 000	4	0,25	100 %	5
2	40 000	80 000	2	0,3	100 %	5
3	20 000	10 000	5	0,5	100 %	2
4	15 000	60 000	4	0,1	100 %	3
5	20 000	60 000	3	0,2	100 %	3
6	10 000	50 000	5,8	0,2	100 %	3

1) Определяется срок окупаемости для варианта №1.

1.1) Определяется время фактической работы машины h :

$$h = Q_{\text{раб.дн}} \cdot C_{\text{час/см}} \cdot K_{\text{см}};$$
$$\eta_3 = 255 \text{дн} \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,85 = 3480 \text{ час.}$$

1.2) Определяется годовой календарный период времени H :

$$H = Q'_{\text{дней}} \cdot C'_{\text{час/день}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ час.}$$

1.3) Определяется коэффициент использования станка $\eta_{\text{исп}}$:

$$\eta_{\text{исп}} = \frac{h}{H} = \frac{3480}{8760} \cong 0,4.$$

1.4) Определяется $C_{\text{эн.г}}$:

$$C_{\text{эн.г}} = h \cdot N \cdot C_9 = 3480 \cdot 10 \cdot 0,21 \cong 7300 \text{ грн.}$$

1.5) Определяется $C_{\text{мат.г}} + C_{\text{инстр.г}}$:

$$C_{\text{мат.г}} + C_{\text{инстр.г}} = O_T \cdot \alpha = 80000 \cdot 0,25 = 20000 \text{ грн.}$$

1.6) Определяется $C_{\text{зарпл.г}}$:

$$C_{\text{зарпл.г}} = C_{\text{мин.м}} \cdot 12 = 1280 \cdot 12 = 15360 \text{ грн.}$$

1.7) Определяются накладные расходы $C_{\text{накл.г}}$:

$$C_{\text{накл.г}} = \beta \cdot C_{\text{зарпл.г}} = \beta \cdot C_{\text{мин.м}} \cdot 12 = 1 \cdot 1280 \cdot 12 = 15360 \text{ грн.}$$

1.8) Определяется $C_{\text{обсл.г}}$:

$$C_{\text{обсл.г}} = C_{\text{обсл.м}} \cdot 12 = (0,15 + 0,02) \cdot C_{\text{мин.м}} \cdot 12 = 0,17 \cdot 1280 \cdot 12 \cong 2700 \text{ грн.}$$

1.9) Определяется годовые расходы P_2 :

$$P_2 = C_{\text{эн.г}} + C_{\text{мат.г}} + C_{\text{инстр.г}} + C_{\text{зарпл.г}} + C_{\text{обсл.г}} + C_{\text{накл.г}} =$$
$$= 7300 + 20000 + 15360 + 2700 + 15360 = 60720 \text{ грн.}$$

1.10) Определяется срок окупаемости $H_{\text{ок}}$:

$$H_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{м}}}{\eta_{\text{исп}} \cdot \left(O_T - P_2 \frac{C_{\text{м}}}{D} \right)} = \frac{20000}{0,4 \cdot (80000 - 60720 - 4000)} = 3,27 \text{ года.}$$

При работе в 1 смену $\eta_{\text{исп}} = 0,2$ и $H_{\text{ок}} \cong 6,5$ лет.

2) Проверяются п.п. (1.5) – (1.10) для варианта № 6:

$$C_{\text{мат.з}} + C_{\text{инстр.з}} = 11600 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{зарпл.з}} = 15360 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{обсл.з}} \cong 2700 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{накл.з}} = 15360 \text{ грн.};$$

$$P_2 = 7300 + 11600 + 15360 + 2700 + 15360 = 52320 \text{ грн.};$$

$$H_{\text{ок}} = \frac{10000}{0,4 \cdot (58000 - 52320 - 3330)} \cong 10,64 \text{ года.}$$

3) Сравнивая варианты №1 и №6 видно, что более долговечный станок в 3,3 раза окупит себя быстрее и поэтому он выгоден покупателю.

4) Определяется суммарный экономический эффект за период эксплуатации станка $\sum Q$ при условии, что $C_{\text{рем}} = C_{\text{м}} = 20000$ грн:

$$\sum Q = 5 \cdot [80000(1 - 0,25) - (7300 + 15360 + 2700 + 15360)] - 20000 - 20000 = 56400 \text{ грн.}$$

5) Определяются годовой доход и экономический эффект:

$$Q_2 = 80000 - (7300 + 20000 + 15360 + 2700 + 15360) = 19280 \text{ грн.}$$

Так как действительные затраты на станок составят $C_{\text{рем}} = C_{\text{м}} + C_{\text{рем}} = 20000 + 20000 = 40000$ грн, а не затраты на приобретение станка в сумме 20000 грн, то срок возврата этих затрат будет $D = C_{\text{м}} / Q_2 = 40000 / 19280 = 2,07$ года, т.е. через 2,07 года эксплуатации можно ожидать эффекта, а долговечность D должна быть больше 2,07 года.

2.6.2. Содержание отчета

- Цифровой отчет срока окупаемости.
- Цифровой расчет суммарного экономического эффекта.
- Выводы по работе.

2.6.2. Литература: [11]

2.6.3. Вопросы для самоконтроля.

- 1) Какой фактор увеличивает экономический эффект машины:
 - избегать сложных решений;
 - уменьшить стоимость изготовления;

- применять наиболее простые техпроцессы;
- применять дешевые инструменты;
- применять низкоуглеродистые стали вместо конструкционных.

2) Срок окупаемости машины – это период ее работы, при котором получим:

- суммарный экономический эффект равный стоимости машины;
- срок ее эксплуатации без ремонта;
- срок ее эксплуатации с учетом ремонтов;
- срок, равный долговечности;
- срок работы до разрушения.

2) Полезная отдача машины – это:

- отношение времени фактической работы к времени календарному;
- отношение стоимости;
- отношение затрат денег;
- отношение затрат энергии;
- отношение расходов материалов.

3. ОТРАСЛЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

3.1. Технологический анализ чертежа детали

Цель работы: ознакомить студента с информацией на чертеже детали и научить его использовать эту информацию при последующих этапах изготовления или ремонта детали.

3.1.1. Общие сведения

1) Состав машин.

Продукция машиностроения – это изделия, которые могут быть в виде машин, механизмов, установок и другого.

Изделия могут быть простыми, сложными и комплексными.

Простые изделия состоят из деталей или деталей и сборочных единиц.

Деталь – это часть изделия, не подвергаемая сборке.

Сборочная единица – это часть изделия, подвергаемая сборке. В свою очередь сборочная единица 1-го порядка, если она состоит только из деталей, и 2-го и более высокого порядка, если в нее входят детали, другие сборочные единицы и покупные изделия (т.е. не изготавливаемые на предприятии, а приобретаемые на стороне). Сложные изделия состоят из деталей, сборочных единиц разного порядка и групп.

Группа – это сборочная единица, для выпуска которой необходимо самостоятельно организованное производство. Группа может состоять из деталей, сборочных единиц и других групп.

2) Состав чертежа детали.

Состав чертежа детали определяется информацией в графической или текстовой его частях.

2.1) Графическая часть. В этой части на проекциях, разрезах, сечениях или видах показаны элементы детали, их размеры, допуски, взаимное расположение, требования по шероховатости поверхности, особые требования к качеству или точности.

Для систематизации работы по сбору и обработке информации поверхности чертежа детали в этой части обычно шифруют цифрами в определенном порядке (по часовой или против часовой стрелки), например, $\varnothing 50 h7 = \textcircled{5}$.

2.2) Текстовая часть. В этой части чертежа в штампе или над ним (т.н. технические требования) дается информация по шифру детали, материалу, массе, требованиям твердости, прочности, точности или отклонениям от точности, маркировке, покрытиям и т.д. От полноты этой информации во многом зависят конечные показатели детали и ее стоимость.

Для проведения анализа каждому студенту выдается чертеж детали – типового представителя какого-то класса деталей, и студент должен мысленно представить место этой детали в сборочной единице или машине в целом и предположить функции, выполняемые этой деталью в соответствующей структуре. Так как студенты уже выполнили проект по деталям машин, то они имеют представление о валах, зубчатых колесах, фланцах, крышках и корпусах, например, стандартных редукторов. На примере этих деталей и будет построена дальнейшая работа в ходе занятия.

3.1.2. Методические указания

1) Преподаватель кафедры выдает группе студентов набор чертежей: валов, зубчатых колес, крышек, втулок, цилиндров, и каждый студент на своем объекте проводит анализ в таком порядке (для примера взят чертеж шестерни, рис. 3.1).

1.1) В штампе чертежа находит:

- шифр детали КК. 002. 087. 007;
- наименование детали – шестерня;
- завод-изготовитель (проектант) СКБ СС;
- масса детали 0,9 кг;
- материал – сталь 40Х ГОСТ 1669-89.

1.2) Над штампом находит:

– все размеры на чертеже без указания допуска для охватываемых поверхностей – $h14$, охватывающих – $H14$, прочих - $\pm \frac{1}{2} H14$;

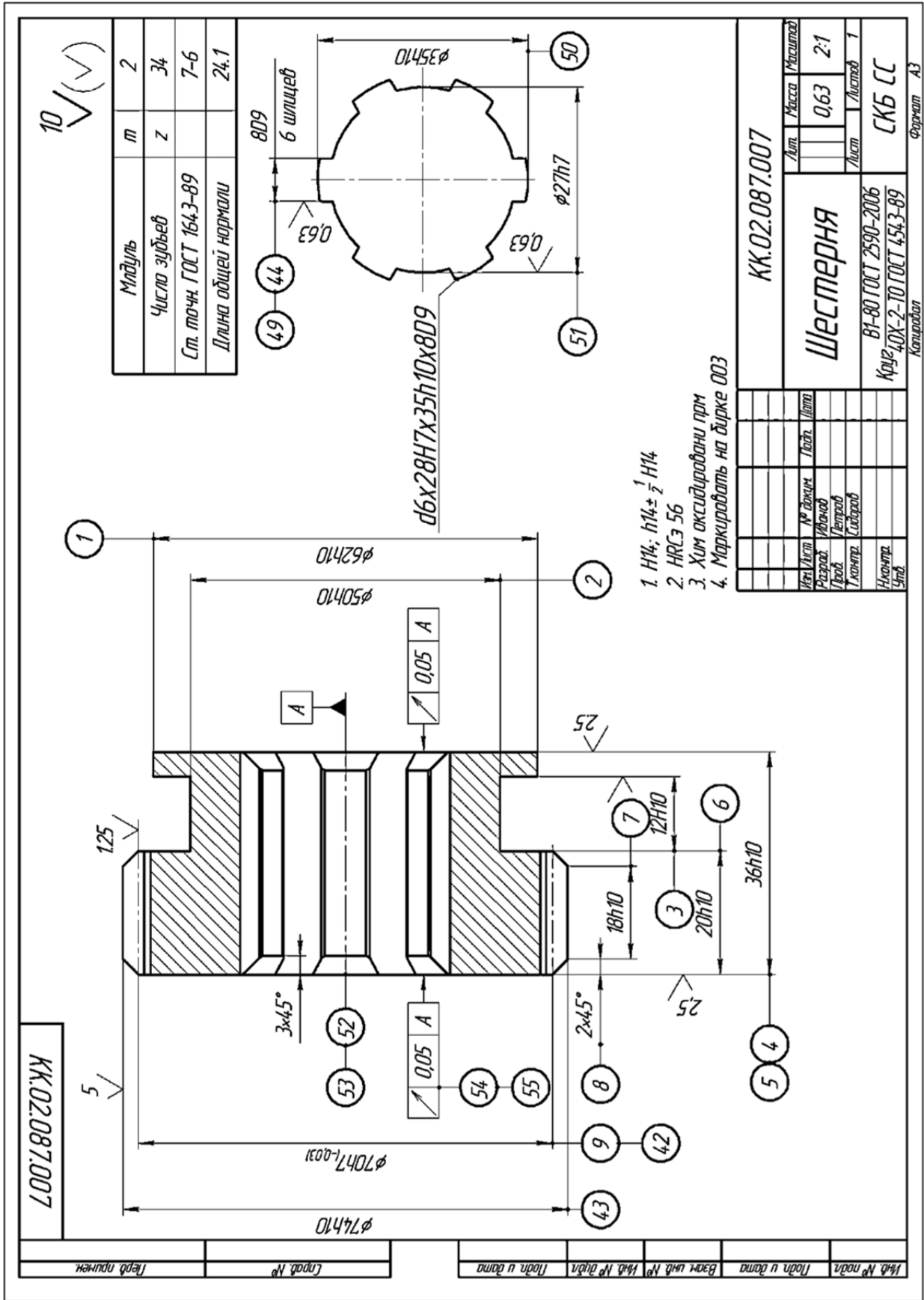


Рис. 3.1 – Чертеж шестерни

- твердость $HRC_{\Delta} 56$;
- наружная поверхность проходит покрытие – химическое оксидирование;
- номер детали 007 следует нанести на бирке формы 003 и закрепить на детали.

1.3) На самом графическом изображении следует выполнить разметку цифрами всех поверхностей № от 1 до 52 и найти:

- габариты детали: $\varnothing 74 \times L36$ (отметим, что $L/d = 36/74 < 1$, т.е. деталь неустойчива на цилиндре);
- самую точную поверхность – $\varnothing 28 h7$;
- поверхность с минимальной шероховатостью – $\varnothing 28 h7 Ra = 0,63$ мкм;
- отклонение расположения $| \nearrow | 0,05 | A |$;
- базовые поверхности – $\varnothing 28 h7$ имеет знак ▲.

1.4) В правом верхнем углу чертежа приведен индекс $\sqrt{10}$. Это означает, что шероховатость поверхностей, не указанная на графической части, равна $Ra=10$ мкм.

2) Получив весь набор информации, указанный в п.п. 1.1 – 1.4, и называемый конструкторским, следует провести ее анализ с точки зрения технолога-изготовителя этой детали.

2.1) Наименование детали – шестерня, которая является представителем класса деталей «зубчатые колеса», имеющего определенную функцию. В нашем случае – это передача моментов или сигналов управления в каком-то механизме.

Завод-изготовитель (проектант) – СКБ специальных станков указывает на принадлежность к отрасли машиностроения и даже иногда на объем выпускаемых машин. В нашем случае – это станкостроение с выпуском станков сериями, а деталей – партиями.

Масса – 0,9 кг дает понятие, что деталь легкая, и человек может манипулировать ею руками (ограничение – до 12 кг для женщин, до 16 кг для мужчин).

Материал – сталь 40X показывает на то, что деталь из высоколегированной стали повышенной прочности, и ее обрабатываемость может быть поэтому затруднена.

2.2) Твердость $HRC_{\Sigma} 56$ показывает на необходимость выполнения термообработки: закалки, закалки с отпуском и т.д., т.е. в технологическом процессе необходимо предусмотреть дополнительную термическую операцию, которую обычно выполняют в специализированных условиях термического цеха или участка.

Покрытие – химическое оксидирование – показывает на необходимость выполнения дополнительной операции – гальванической, химико-термической или другой после выполнения всех остальных операций обработки.

Номер 007 на бирке – показывает на необходимость дополнительной операции клеймения, маркировки или слесарной после всех операций, чтобы деталь можно было легко найти на складе.

2.3) Габариты детали, кроме устойчивости, о чем отмечалось выше, указывают на потенциальные размеры рабочей зоны станка или приспособления. В нашем случае – $\varnothing 74 \times 36$ мм меньше 500 мм по длине и меньше 100 мм по диаметру допускают использование нормальных размеров станков, а не удлиненных, например.

Точность $\varnothing 28h7$ и шероховатость $R_a = 0,63$ мкм потенциально свидетельствуют о сложностях их обеспечения. В нашем примере – следует выполнить несколько этапов обработки, чтобы получить $h7$ и $R_a = 0,63$ мкм, т.е. технологический процесс будет многоэтапным.

Обычно считают, что после предварительной обработки (черновой) точность будет по $h12$, после чистовой обработки – $h9 - h10$, после финишной обработки – $h7 - h8$.

Отклонение $\left| \nearrow \right| 0,05 \left| A \right|$ свидетельствует о биении поверхности, к которой направлена стрелка, по отношению к базовой поверхности и даже, если допуск этой поверхности будет гораздо больше 0,05 мм, то придется его ужесточить до малой величины, что усложнит процесс изготовления.

Знак \blacktriangle по мнению конструктора – это поверхность, через которую деталь присоединяется к машине, т.е. основная конструкторская база. Часто наличие таких знаков баз подсказывает технологу выбор поверхности или нескольких

поверхностей для установки детали на станок или в приспособление (т.н. технологические базы).

2.4) Наличие знака $Ra = 10$ мкм на большей части поверхностей свидетельствует об относительно простых и доступных методах обработки для ее обеспечения.

Таким образом, технологический анализ чертежа дает полное представление о сложностях, которые ожидаются при проектировании технологического процесса, и возможных контрмерах для их устранения или снижения влияния.

3.1.3. Порядок выполнения работы

- 1) Получить задание у преподавателя.
- 2) Обозначить все поверхности детали порядковыми цифрами от 1 до последней.
- 3) Найти информацию по аналогии с п. 2.1 – 2.4.
- 4) Занести информацию в табл. 3.1.
- 5) Дать качественную характеристику детали и ее особенностей.

Таблица 1=3.1

№ п/п	Размер, мм	Квалитет точности поверхности	Шероховатость поверхности Ra , мкм	Отклонение формы или размера	Прочие сведения
1	Ø62	h10	2,5	-	-
2	Ø50	h10	2,5	-	-
3	12	H10	2,5	-	-
4					

3.1.4. Содержание отчета

Отчет состоит из чертежа детали с разметкой, табл. 3.1 и словесной характеристики детали.

3.1.5. Литература [2; 8]

3.1.6. Вопросы для самоконтроля

- 1) Информация о материале детали приведена:

– в ведомостях процесса;

- в штампе чертежа;
- в чертеже сборочной единицы;
- на поле чертежа;
- в правом верхнем углу чертежа.

2) Деталь – это часть машины, полученная:

- без применения сборочных операций;
- без термического воздействия;
- без нагрева;
- без проведения У-контроля;
- без сварки.

3) Информация о твердости детали находится:

- в штампе чертежа;
- в ТУ чертежа;
- в сборочном чертеже;
- в паспорте машины;
- в техническом описании.

3.2. Отработка конструкции детали на технологичность

Цель занятия: научить студентов практическим навыкам расчета количественных показателей технологичности конструкции детали.

3.2.1. Общие сведения

Обеспечение технологичности конструкции (ТК) в единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП) – первая и основная функция подготовки производства, реализуемая совместно конструкторами и технологами и нацеливающая их на обеспечение высокой преемственности и технологической рациональности конструкций, в конечном счете – на улучшение технико-экономических показателей производства и качества выпускаемой продукции.

По ГОСТ 14.20-89 обработка конструкции изделия на технологичность направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого его качества. Конструкция изделия может быть признана технологичной, если обеспечивает простое и экономичное его изготовление.

В соответствии с ГОСТ 14.201-89 и ГОСТ 14.2040-89, ТК детали могут оцениваться качественными (хорошо – плохо) и количественными (базовыми, основными и дополнительными) показателями.

К таким показателям относятся:

– показатели, характеризующие технологическую рациональность конструкции: трудоемкость изготовления T_u , технологическую себестоимость изготовления C_m , коэффициент использования материала K_{um} , коэффициент применения типовых технологических процессов $K_{m.n.}$, коэффициент точности обработки $K_{m.ч.}$, коэффициент шероховатости поверхности $K_{ш.}$; коэффициент обрабатываемости K_v ;

– показатели, характеризующие преемственность конструкции: коэффициент стандартизации конструкции $K_{ст.}$ и коэффициент унификации конструктивных элементов K_y .

При рассмотрении чертежа детали вне связи с конкретным производством, где она может изготавливаться, оценку ТК производят качественную по обрабатываемости материала и количественную по коэффициентам $K_{m.ч.}$, K_y и $K_{ш.}$

ТК по показателям трудоемкости и себестоимости окончательно определяется только после разработки и нормирования технологического процесса, а по коэффициенту использования материала – после выбора способа получения заготовки и расчетов припусков на обработку.

3.2.1.1. Качественная оценка ТК по материалу.

При выборе материала детали следует исходить из ее назначения, условий эксплуатации и производства.

При назначении материала необходимо применять материалы с наилучшими технологическими свойствами по обрабатываемости, которые могут быть оценены коэффициентом относительной обрабатываемости K_v или отношением допускаемой скорости резания принятого материала к скорости резания материала, принятого за эталон (например, стали 45), быстрорежущим и твердосплавным инструментом:

$$K_v = \frac{V_{рез.мат.}}{V_{рез.Ст45}} \quad (1.1=3.1)$$

В табл. 3.2 приведены значения K_v для сталей. Если величина K_v для принятой марки стали больше единицы, то обрабатываемость хорошая, имеются резервы повышения производительности (по скорости резания), и наоборот.

3.2.1.2. Количественная оценка ТК

1) Коэффициент унификации конструктивных элементов K_y определяется:

$$K_y = \frac{Q_{y.э.}}{Q_э} \quad (1.2=3.2)$$

где $Q_{y.э.}$ – число унифицированных типоразмеров и конструктивных элементов (отверстия, зубья, шлицы и т.д.);

$Q_э$ – число типоразмеров конструктивных элементов в изделии.

При $K_y > 0,6$ деталь относится к технологичным.

2) Коэффициент точности обработки $K_{m.ч}$ характеризует сложность изготовления и измерения точных поверхностей и повышение затрат труда и средств на обеспечение точности и качества поверхности:

$$K_{m.ч} = 1 - \left(\frac{1}{IT_{cp}} \right) \quad (1.3=3.3)$$

где IT_{cp} – средний квалитет (номер);

$$IT_{cp} = \frac{(IT_1 \dots IT_{19})}{(n_1 + \dots + n_{19})} = \frac{(1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 19 \cdot n_{19})}{(n_1 + n_2 + \dots + n_{19})} \quad (1.4=3.4)$$

где n – количество размеров соответствующего квалитета (от 1 до 19).

Таблица 3.2

Коэффициент относительной обрабатываемости K_v
для различных марок сталей

Марки стали	Механические свойства стали		K_v	
	Твердость НВ, кг/мм ²	Предел проч- ности σ_B , кг/мм ²	P6M5 (P18)	T5K10
1	2	3	4	5
Сталь углеродистая обыкновенного качества				
Ст. 0	102–105	37–38	1,75	2,10
Ст. 2	137	48	1,60	1,50
Ст. 3	125	44	1,65	1,70
Ст. 5	155–160	54,5–56	1,20	1,15
Ст. 6	170–207	60–73	0,95	0,95
Сталь углеродистая качественная				
08	130	46	1,65	2,10
10	135	48	1,50	2,10
15	143	50	1,60	1,50
20	126–130	44,5–46	1,65	1,70
25	156	54,5	1,25	1,30
30	135–187	48–66	1,10	1,20
35	187	66		1,05
40	140–170	49,5–59,5	1,00	1,40
45	170–179	49,5–63	1,00	1,00
50	170–230	49,5–79,5	0,70	0,85
55	170–180	59,5–63		1,05
60	180–240	63–83	0,65	0,70
70				
20Г	140–187	49,5–66	0,95	1,00
30Г	149–197	53,0–69,5	0,80	0,85
40Г	174–207	61,5–73	0,70	0,85
50Г	197–229	53–79,5	0,55	0,75
65Г	240	83	0,55	0,60
Сталь углеродистая для отливок				
20Л	120–126	43–44,5	1,30	1,50
25Л	180–187	63–66	0,85	0,95
30Л				
35Л	130–220	46–76	0,60	1,25
45Л	200	70	0,50	0,80
55Л	169–207	70–73		0,70

1	2	3	4	5
Сталь легированная				
20X	130	47	1,30	1,70
40X	197–207	70–73	0,75	0,85
45X	215	73,5		1,00
50X	217	74,5	0,65	0,80
35Г2	156–207	54,5–71		0,85
45Г2	170–230	59,5–79,5	0,55	0,80
33ХС	229–269	79,5–93	0,45	0,70
18ХГТ	150–185	53–64,5	0,90	1,00
30ХГТ	205–215	71–74,5	0,60	0,75
20ХПА	140–195	49,5–68	0,90	0,95
30ХМ	230–270	79,5–93	0,50	0,70
40Н	160–170	56–59,3	1Д0	1,10
40ХН	166–170	58–60	0,85	1,05
12ХН2	156–205	54,5–71	0,75	0,85
20ХН3А	177	60	0,45	
202Н4А	180–255	63–88		0,75
30ХГС	207–217	71–74,5	0,50	1,10
35ХГСА	215	74,5	0,45	0,70
38ХГН	185–235	64,5–81	0,90	1,00
20ХН2М	155–217	54,5–74,5	0,80	0,90
38Х2МЮА	240–280	83–96	0,55	0,75

Знаменатель представляет собой общее количество размеров, подвергающихся обработке. При $K_{m.ч} > 0,85$ изделия относятся к технологичным.

3) Коэффициент использования материала $K_{u.м}$. Этот показатель определяют как отношение «сухой» массы детали $M_д$ к «сухой» массе заготовки:

$$K_{u.м} = \frac{M_д}{M_з}. \quad (3.5)$$

Если отношение масс больше 0,71, выбор заготовки технологичен.

3.2.2. Перечень задач

Для проведения занятия предлагается решение одной задачи, которая изображена на рис. 3.1 – пример 1.

В этой задаче варьироваться для студентов могут качества и шероховатость поверхности поверхностей 1–6, 9–43, 45–50, 52 и величина припуска z , по указанию преподавателя (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Значение квалитетов для разных поверхностей детали – шестерня (рис. 3.1)

№ варианта	Номера поверхностей					Припуск z, мм
	1 – 6	9 – 42	43 – 50	52	Остальные поверхности	
	квалитет	степень точности	квалитеты			
1	9	6	8	8	10	2
2	9	6	9	8	10	3
3	9	6	10	8	10	4
4	9	6	8	7	10	2
5	10	7	8	7	10	3
6	10	7	9	7	10	4
7	10	7	10	7	10	3
8	10	7	8	8	10	5
9	10	7	9	8	10	2
10	9	7	7	7	10	3
11	9	7	8	8	10	4
12	9	7	9	7	10	2
13	9	7	10	8	10	3
14	9	7	7	8	10	4
15	9	6	7	6	10	2
16	9	6	7	7	10	3
17	9	6	7	7	10	4
18	9	6	7	8	10	3
19	10	7	8	7	10	5
20	10	7	9	7	11	6
21	10	7	10	7	11	3
22	10	7	7	7	11	4
23	8	7	7	7	11	5
24	8	7	8	7	11	4
25	8	7	9	7	11	5

Примечание: С некоторым допущением номер квалитета равен степени точности

3.2.3. Порядок проведения занятия

На плакатах изображены эскиз детали (рис. 3.1), табл. 3.2 и 3.3.

Дается вводный материал и пояснения по показателям технологичности, объясняется связь показателей K_v , $K_{m.ч}$, K_y , $K_{и.м}$ с экономичностью (по элементному методу: $C = C_1 + C_2 + \dots + C_i$) и трудоемкостью обработки.

На доске приводится пример решения задачи и поясняется система составления табл. 3.4. Для определения K_y , $K_{m.ч}$ разрабатывается эскиз детали, на котором должны быть показаны все обрабатываемые поверхности. Их нумерация осуществляется арабскими цифрами в кружках диаметром 6 – 8 мм. Номер поверхности соединяют линией, которая является продолжением размерной линии. Цифры проставляют по часовой стрелке, начиная с правого угла (пример № 1). Для подсчета коэффициентов составляется табл. 3.4.

Таблица 3.4

Значения параметров точности и шероховатости поверхности

Номера поверхностей	Идентичные поверхности	Квалитет №	Шероховатость, Ra , мкм	Примечание
1		10	10	
2		10	10	
3		10	2,5	
4		10	2,5	
5		10	10	
6		10	2,5	
7	18	10	10	Фаски зубьев
8	2	14	10	
9 – 42	70	7*	1,25	34 зуба колеса
43	74	10	5	
44 – 49	8	9	0,63	6 шлицов
50	35	10	10	6 шлицов
51	28	7	0,63	
52 – 53		14	10	2 фаски
54 – 55	15	8		2 торца

Примечание: * с некоторым допущением № квалитета = № степени точности.

Для оценки коэффициента $K_{u.m}$ студенты должны предположить, что размеры заготовки из круглого проката следует увеличивать на z или $2z$ и найти массу такой заготовки (потери при разделке проката не учитываются), а затем найти $K_{u.m}$. После оценки технологичности ниже приведена последовательность анализа.

Цифровой пример расчета $K_{y.э}$, $K_{m.ч}$, $K_{u.m}$. (задание №1).

1) Коэффициент унификации элементов:

$$K_y = \frac{Q_{y.э}}{Q_э} = \frac{45}{55} = 0,8 > 0,6.$$

2) Коэффициент точности:

$$K_{m.ч} = 1 - \left(\frac{1}{IT_{cp}} \right);$$

$$IT_{cp} = \frac{(7 \cdot 35 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 6 + 10 \cdot 12)}{54} = \frac{427}{54} = 7,9;$$

$$K_{m.ч} = 1 - \frac{1}{7,8} = 0,87 > 0,85.$$

Из выполненных расчетов видно, что обрабатываемые поверхности по точности вполне технологичны. Чтобы избежать замеченных недостатков в конструкции детали, анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности:

а) на основании изучения условий работы детали в сборочной единице и типа производства следует проанализировать возможность ее упрощения, а также возможность и целесообразность замены материала;

б) установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки;

в) определить труднодоступные места для обработки;

г) увязать на чертежах допускаемые отклонения размеров, шероховатость и пространственные отклонения по геометрической форме и взаимному расположению поверхностей с геометрическими погрешностями станков;

д) определить базирующие поверхности;

е) проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки;

ж) предусмотреть в конструкциях деталей, подвергаемых термообработке, конструктивные элементы, уменьшающие коробление деталей в процессе нагрева и охлаждения.

В заключение анализа конструкции детали необходимо отметить: допускает ли она применение многоинструментальной обработки, ведение обработки от постоянных баз, возможность обработки нескольких деталей одновременно.

После приведенного анализа ТК все предложения по изменению конструкции детали должны быть систематизированы в пояснительной записке.

Коэффициент $K_{и.м}$ следует определять: на указанные на рис. 3.1 размеры детали добавить значения z из табл. 3.3 и найти массу заготовки:

$$M_z = \frac{\pi(D_z^2 - d_z^2)}{4} \cdot L_z \cdot C, \quad (3.6)$$

где D_z – наружный диаметр заготовки ($D_z = D_\partial + 2z$), мм;

d_z – внутренний диаметр заготовки ($d_z = d_\partial - 2z$), мм;

L_z – толщина заготовки ($L_z = L_\partial - 2z$), мм;

C – плотность (для стали $C=7,8$), кг/м³.

Из чертежа детали в штампе найти значение M_∂ и определить $K_{и.м}$.

Сравнить полученный результат $K_{и.м}$ с допустимым и сделать вывод о целесообразности выбора порезки из проката в качестве заготовки.

Для примера 1 ($Z = 2$ мм):

$$M_z = \frac{3,14[(74 + 2 \cdot 2)^2 - (28 - 2 \cdot 2)^2]}{4} \cdot (36 + 2 \cdot 2) \cdot 7,8 = 1,35 \text{ кг};$$

$$K_{и.м} = \frac{0,63}{1,35} = 0,47.$$

Решение о выборе заготовки из проката – нетехнологичное. После рассмотрения изложенного, все студенты производят расчеты параметров K_v , K_y , $K_{т.ч}$ по заданию, которое приведено в табл. 3.3, а также оформляют протокол.

3.2.4. Содержание отчета

Наименование работы.

Чертеж детали с нумерацией поверхностей и табл. 3.3 и 3.4.

Коэффициенты K_v , $K_{т.ч}$, K_y , $K_{и.м}$.

Выводы.

3.2.5. Литература [13]

3.2.6. Вопросы для самоконтроля

1) К показателям технологичности детали относятся:

- коэффициент трения;
- коэффициент полезного действия;
- коэффициент точности;
- коэффициент линейного расширения;
- коэффициент отражения.

2) Величина коэффициента унификации должна быть больше:

- 0,5;
- 0,6;
- 0,7;
- 0,8;
- 1,0.

3.3. Методы достижения точности и шероховатости поверхностей при механической обработке

Цель работы: ознакомить студента с некоторыми вариантами достижения точности и шероховатости поверхности при механической обработке и научить выбирать их в соответствии с заданием.

3.3.1. Общие сведения

Известно, что многообразие деталей машин базируется на том, что любая конструкция детали состоит из набора поверхностей. Они могут многократно повторяться. В деталях применяют поверхности, различные по происхожде-

нию, по функциям, выполняемым ими в этой детали, по точности и параметрам качества. По происхождению поверхности могут быть:

- наружными цилиндрическими (индекс 1),
- внутренними цилиндрическими – отверстиями (2),
- наружными коническими (3),
- внутренними коническими (4),
- плоскими (5),
- резьбовыми (6),
- фасонными (7).

Из теории резания известно, что получить эти поверхности можно путем перемещения прямой по определенным траекториям, например, наружный цилиндр получают путем вращения на 360^0 одной прямой по отношению к неподвижной другой прямой так, чтобы масса находилась внутри полученного цилиндра и т. д.

По функциям поверхности разделяют на исполнительные, основные, вспомогательные и свободные.

По точности поверхности могут быть грубыми, если допуски их лежат в пределах IT14 – IT12, нормальными – IT12 – IT9, точными – IT8 – IT6, особо точными – меньше IT6.

Основная масса поверхностей деталей (до 75 %) изготавливается по IT10 – IT14 и только около 25 % имеют более высокую точность.

Кроме так называемой номинальной точности, т.е. допуска поверхности, поверхность может быть связана по точности с другими поверхностями (по параллельности, перпендикулярности, соосности, биению и др.).

На чертежах эти связи обозначают так:

$\left| \nearrow 0,1 \mid A \mid \right.$ – биение поверхности, к которой направлена стрелка, по отношению к базовой A, не более 0,1 мм;

$\left| \parallel 0,1 \mid A \mid \right.$ – отклонение от параллельности;

$\left| \perp 0,1 \mid A \mid \right.$ – отклонение от перпендикулярности;

$\left| \equiv 0,12 \mid A \mid \right.$ – отклонение от симметричности.

Может быть сделано и словесное обозначение таких связей в ТУ чертежа, например: 1. Биение поверхности Б по отношению к базовой поверхности А не более 0,1 мм.

По показателям качества (под этими показателями имеется в виду шероховатость) поверхности могут быть с грубой шероховатостью – R_a больше 5 – 10 мкм, нормальной – R_a 1,25 – 5 мкм и малой – R_a менее 1,25 мкм.

Если на чертеже приведено значение шероховатости поверхности R_z , мкм, то с известной долей ошибки можно считать, что $4 \cdot R_a = R_z$ и пользоваться этим переводом R_a в R_z только для сравнительной оценки.

При нормальных требованиях к точности и качеству поверхности допуск IT и шероховатость поверхности R_a должны примерно соответствовать друг другу (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Связь точности и шероховатости поверхности

Переход			
Окончательный		Предшествующий	
Квалитет точности	Шероховатость R_a , мкм	Квалитет точности	Шероховатость R_a , мкм
5	0,16	8	0,63
6	0,32	11	1,25
8	1,25	13	2,5
8	0,63	13	5
11–13	4–5	14–16	10
11–14	10	14–16	20

В табл. 3.6 – 3.10 приведены справочные данные по экономически оправданной точности и шероховатости поверхности определенного происхождения. Экономически оправданной точностью и качеством поверхности считают такие поверхности, которые можно изготовить с минимальными затратами.

Таблица 3.6

Экономическая точность и шероховатость внешних цилиндрических
поверхностей при разных МОП

№ п/п	Переход МОП	Квалитет точности (ГОСТ 25347 – 89)	Шероховатость поверхности R_a , мкм (ГОСТ 2789-89)
1	2	3	4
1	Обтачивание одностороннее	12	10 – 5
2	То же предварительное То же чистовое	11 – 10	5 – 2,5
3	То же одностороннее Шлифование одностороннее	10 – 9	2,5 – 0,63
4	Обтачивание предварительное То же чистовое Шлифование одностороннее	9 – 7	1,25 – 0,63
5	Обтачивание предварительное То же чистовое То же тонкое	8 – 7	0,63 – 0,32
6	Обтачивание одностороннее Шлифование предварительное То же чистовое	8 – 6	0,63 – 0,32
7	Обтачивание предварительное То же чистовое Шлифование предварительное То же чистовое	6	0,63 – 0,32
8	Обтачивание предварительное То же чистовое Шлифование предварительное То же тонкое	7 – 5	0,32 – 0,16
9	Обтачивание предварительное То же чистовое Шлифование предварительное То же чистовое То же тонкое	5	0,32 – 0,08

Таблица 3.7

Экономическая точность и шероховатость внутренних цилиндрических поверхностей при разных МОП

№ п/п	Переход МОП	Квалитет точности (ГОСТ 25347 – 89)	Шероховатость поверхности R_a , мкм (ГОСТ 2789–89)
1	2	3	4
В сплошном материале			
1	Сверление	12	40 – 20
2	Сверление и зенкерование	11	10 – 2,5
3	Сверление и развертывание	9	5 – 1,25
4	Сверление и протягивание	9	2,5 – 0,32
5	Сверление, зенкерование и развертывание	9	2,5 – 0,63
6	Сверление и двукратное развертывание	8 – 7	2,5 – 0,32
7	Сверление, зенкерование и двукратное развертывание	8 – 7	1,25 – 0,32
8	Сверление, зенкерование и шлифование	8 – 7	1,25 – 0,32
9	Сверление, протягивание и калибрование	8 – 7	1,25 – 0,32
В предварительно сформированном отверстии			
1	Зенкерование или растачивание	12	10 – 2,5
2	Рассверливание	12	40 – 5
3	Двукратное зенкерование или двукратное растачивание	11	20 – 5
4	Зенкерование или растачивание и развертывание	9	5 – 1,25
5	Зенкерование и растачивание	9	10–1,25
6	Двукратное зенкерование и развертывание или двукратное растачивание и развертывание	9	2,5 – 0,63

Окончание табл. 3.7

1	2	3	4
7	Зенкерование или растачивание и двукратное развертывание	8 – 7	1,25 – 0,16
8	Зенкерование или двукратное растачивание и двукратное развертывание или тонкое растачивание	8 – 7	1,25 – 0,16
9	Прогрессивное протягивание и шлифование	8 – 7	0,32 – 0,04
10	Зенкерование или двукратное растачивание и хонингование	8 – 7	0,32 – 0,04
11	Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание и хонингование	8 – 7	0,16 – 0,02

Таблица 3.8

Экономическая точность и шероховатость плоских поверхностей
при различных МОП

№ п/п	Переход МОП	Квалитет точности (ГОСТ 25347-89)	Шероховатость поверхности R_a , мкм (ГОСТ 2789–89)
1	2	3	4
1	Строгание или фрезерование цилиндрическими и торцовыми фрезами:		
	– черновое	14 – 11	20 – 1,25
	– получистовое и одноразовое	12 – 11	5 – 1,25
	– чистовое	10	2,5 – 0,63
	– тонкое	9 – 7	2,5 – 0,16
2	Протягивание:		
	– черных, литых и штампованных поверхностей	11 – 10	5 – 0,63
	– чистовое	9 – 7	2,5 – 0,32

1	2	3	4
3	Шлифование:		
	– одноразовое	9 – 8	2,5 – 0,16
	– предварительное	9	2,5 – 0,32
	– чистовое	8	0,63 – 0,08
	– тонкое	7	0,32 – 0,04

Примечание: 1. Сведения в таблице имеют отношение к обработке жестких деталей габаритами не более 1000 мм при базировании по чисто обработанной поверхности и использовании ее в качестве измерительной базы.

2. Тонкое фрезерование выполняют только торцевыми фрезами.

Таблица 3.9

Экономическая точность и шероховатость резьбовых поверхностей

№ п/п	Переход МОП	Поле допуска для резьбы (ГОСТ 16093–89)		Шероховатость поверхности R_a , мкм (ГОСТ 2789- 89)
		наружных	внутренних	
1	2	3	4	5
1	Круглыми плашками	8g	—	20 – 5
2	Метчиками	—	6H	10 – 2,5
3	Фрезерование:			
	– дисковыми фрезами	6g	—	10 – 1,25
	– гребенчатыми фрезами	6g	—	10 – 2,5
4	Точение:			
	– резцами	4h	4H; 5H	5 – 0,63
	– гребенками	6g	—	10 – 0,63
	– вихревым методом	6g	6H	5 – 1,25
5	Самораскрывающимися головками	4h	—	10 – 1,25
6	Накатывание:			
	– плоскими плашками	6g	—	1,25 – 0,32
	– резьбонакатными роликами	4g – 6g	—	1,25 – 0,16

Таблица 3.10

Экономическая точность и шероховатость поверхности зубьев зубчатых колес

№ п/п	Переход МОП	Степень точности (ГОСТ 1643-89)	Шероховатость поверхности R_a , мкм (ГОСТ 2789-89)
1	2	3	4
1	Фрезерование:		
	– предварительное	9 – 10	20 – 2,5
	– чистовое дисковыми фрезами	8 – 9	10 – 5
	– чистовое червячными фрезами	7 – 8	10 – 5
2	Долбление чистовое	6 – 8	5 – 0,63
3	Строгание чистовое	5 – 7	3, 5 – 0,63
4	Протягивание	6 – 7	5 – 0,63
5	Шевингование	6 – 7	2,5 – 0,32
6	Шлифование	4 – 5	1,25 – 0,16

3.3.2. Порядок выполнения работы

1) Каждый студент на предыдущих занятиях проводил технологический анализ чертежа детали (индивидуальное задание студенту) и анализ технологичности детали, для чего была проведена нумерация поверхностей и составлена таблица, в которой последняя колонка (метод обработки) была оставлена резервной. Эту колонку следует разделить на две части – код поверхности и вариант методов обработки (МОП) и, пользуясь табл. 3.6 – 3.10, заполнить информацией.

На примере поверхностей детали – шестерня КК 002.087.007 – показано несколько шагов работы по заполнению рабочей табл. 3.11. В табл. 3.8 приведен другой набор МОП обработки плоских поверхностей, однако принимается, что наружный контур и торцы могут быть обработаны на токарных станках.

На чертеже детали наличие связанных по точности поверхностей приводит к следующим технологическим рекомендациям:

1.1) Обработка поверхности производится на базе заданной, например, $| \nabla | 0,05 | A |$ – это реализуется путем обтачивания поверхности (4) на технологической базе – отверстия $\varnothing 28h7$ – (52).

1.2) Обе связанные поверхности обрабатывают одновременно с одной установки одним МОП, т.е. в примере п. 1 плоскую поверхность (4) и отверстие (52) можно обработать методом точения и растачивания с одной установки.

В табл. 3.6 – 3.10 на один вариант точности и шероховатости поверхности одного кода может быть несколько наборов МОП, поэтому при выборе МОП для одного кода поверхностей желательно его повторять для унификации операций. С учетом этих рекомендаций следует проанализировать записи в табл. 3.11 и внести, если это необходимо, некоторые коррективы.

Таблица 3.11

Рабочая таблица

№ п/п	Номер поверхности	Характеристика		Методы обработки	
		квалитет	R_a , мкм	код	состав МОП
1	2	3	4	5	6
1	$\varnothing 62h10$	h10	10	1	Точение черновое Точение чистовое
4	$\varnothing 36h10$	h10	2,5	5	– “ –
5	$\varnothing 36h10$	h10	2,5	5	– “ –
9 – 51	$m = 2$ мм	7в	1,25	7	Долбление черновое и чистовое
52	$\varnothing 28h7$	h7	0,63	2	Зенкерование двукратное, развертывание

После заполнения информацией табл. 3.11 порядок работы следующий: Записывается код детали по набору поверхностей: 1 – 1....2 – 2....3 – 3....4 – 4....5 – 5....6 – 6....7 – 7. В нашей детали – шестерня – кода 6 нет, а поверхность кода 7 будет повторена 34 раза (имеется 34 зуба колеса).

3.3.3. Содержание отчета

1) Заданием студенту является чертеж детали средней сложности на 25 – 50 поверхностей с наличием одной или нескольких точных поверхностей по $h6$ – $h8$.

2) В отчете студент приводит: код детали, заполненную информацией табл. 3.11 и вывод о сложности или простоте изготовления детали.

3.3.4. Литература [2; 5; 11; 13;]

3.3.5. Вопросы для самоконтроля:

1) Какие поверхности выполняют какие-то функции:

- габаритные;
- исполнительные;
- переходные;
- наружные;
- внутренние.

2) Если деталь присоединяется к другой детали (т.н. конструкторская база), то по какой поверхности:

- основной;
- габаритной;
- наружной;
- внутренней;
- боковой.

3) Влияет ли точность поверхности на количество выполняемых МОП:

- нет;
- влияет;
- они не связаны;
- влияют другие факторы;
- науке это не известно.

3.4. Выбор метода получения заготовки (прокат)

Цель работы: научить студента выбирать метод получения заготовки для заданных условий функционирования производства из нескольких вариантов и обосновывать выбор заготовки – порезки из проката.

3.4.1. Общие сведения

Метод получения заготовки (далее З.) для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, типом производства и объемом выпуска, возможностями производства реализовать принятый выбор и экономичностью изготовления.

Основные сведения по выбору З. были даны в курсе «Производство заготовок», поэтому в данной работе с целью использования ее результатов в курсовом проекте рассмотрен вариант выбора З. в виде порезки из проката одним из методов разрезки металла (метод разрезки определяет студент).

Виды проката, его характеристики и область применения приведены в табл. 3.12, методы разделки проката и затраты на работу приведены в табл. 3.13, а оптовые цены на прокат приведены в табл. 3.14.

Для круглого или сортового проката установлены стандартом длины прутков от 2 до 12 м для углеродистой стали, от 2 до 6 м для качественной и легированной стали и от 1,5 до 6 м для высоколегированной стали прутков: 6000 мм, 9000 мм и 12000 мм по ГОСТ 2590-88. Последующие длины заготовки получают путем деления прутка на части (табл. 3.13). Допуски заготовки по длине +30 мм при длине до 4 м; +50 мм при длине 4 – 6 м; +70 мм – для больших длин. В диаметральном направлении прокат $\emptyset 3 - 12$ мм идет с шагом размера 0,2 мм; $\emptyset 12 - 24$ – с шагом 0,5 мм; $\emptyset 24 - 40$ – с шагом 1 – 1,5 мм; $\emptyset 40 - 58$ – с шагом 2 – 2,5 мм; $\emptyset 60 - 75$ мм – с шагом 2 – 3 мм и $\emptyset 75 - 100$ – через 5 мм.

Важно напомнить, что основная масса деталей типа тел вращения укладывается в диапазон диаметром 30 – 80 мм, поэтому прокат выпускают размерами от $\emptyset 100$ мм до 270 мм, но весьма ограничено.

Допуски на диаметр горячекатаного проката обычной точности: $\emptyset 30 - 60$ – ITd = 1,10 мм (+0,4 / -0,70); на диаметр 60 – 80 мм – ITd = 1,6 мм (+0,5 / -1,1); $\emptyset 80 - 100$ мм – ITd = 1,8 мм (+0,5 / -1,3). Прокат повышенной точности имеет допуски: $\emptyset 30 - 60$ – ITd = 0,8 мм (+0,2 / -0,7); $\emptyset 60 - 80$ – ITd = 1,4 мм (+0,3 / -1,1) и $\emptyset 80 - 100$ – ITd = 1,6 мм (+0,3 / -1,3).

Порядок выбора З. из проката следующий:

1) Выбирается прокат того или иного качества (табл. 3.12) с позиций типа производства, характеристики детали, точности ее поверхностей при заданном материале.

Таблица 3.12

Сортовой прокат, профили, область применения

№	Вид проката или профиль	ГОСТ	Область применения
1	Сортовой: - круглый горячекатаный нормальной и повышенной точности	2590-89	Гладкие и ступенчатые валы с небольшим перепадом диаметров, стаканы диаметром до 50 мм, втулки с наружным диаметром до 25 мм.
	- круглый калиброванный;	7415-89	
	- квадратный, 6-тигранный, полосовой горячекатаный обычной точности	2591-89	Крепеж, небольшие детали, типа рычагов, тяг, планок и клиньев
	- квадратный, шестигранный калиброванный	103-89 8559-89 8560-89	
2	Листовой: - толстолистовой горячекатаный	19903-89	Фланцы, кольца, плоские детали разной формы, цилиндрические полые втулки
	- тонколистовой горячекатаный	19903-89	
	и холоднокатаный	19904-89	
3	Трубы: - стальные бесшовные горячекатаные	8732-89	Цилиндры, втулки, гильзы, шпиндели, стаканы, барабаны, ролики, валы.
	и холоднокатаные	8734-89	
4	Периодический продольный	8319-89	Ступенчатые валы крупносерийного и массового производства
5	Поперечно-винтовой	8320-89	Валы, полуоси, рычаги и др. детали массового производства

Примечание: периодический продольный и поперечно-винтовой прокат имеют переменное по длине сечение, а остальной прокат – постоянное сечение.

2) Определяется размер проката по диаметру – $d_{пр}$. Находится наибольший размер (диаметр) детали по чертежу $d_{дет_{max}}$, и, если его допуск h14 – h12, то добавляется к $d_{дет_{max}}$ припуск $z = 2 - 3$ мм. Если допуск h11 – h9, то $z = 3 - 3,5$ мм, если допуск h8 – h7, то $z = 3,5 - 4$ мм. Полученный размер сопоставляется с рядом диаметров выпускаемого проката и при совпадении принимается этот размер, а при несовпадении – ближайший больший размер проката (больший на величину добавки Δ). Таким образом, $d_{заготовки} = d_{дет_{max}} + z + \Delta$.

3) Определяется длина заготовки Z_3 , равная L_3 .

По длине Z_3 определяется ее величина

$$L_3 = L_{дет} + z_1 + z_2,$$

где $L_{дет}$ – размер по чертежу, мм;

z_1, z_2 – припуск на левую и правую стороны детали, мм.

Чаще всего справедливо условие $z_1 = z_2$, тогда при допуске $L_{дет}$ по h14 – h12, имеем $z_1 = z_2 = 1,5 - 2$ мм.

4) Необходимо рассмотреть один из методов разделки проката (табл. 3.13) и определить ширину реза h , мм.

Таблица 3.13

Методы разделки проката разного размера

№ п.п	Метод разделки	Ширина реза h в зависимости от толщины или диаметра, мм						Стоимость минуты работы A , грн./мин
		до 20	20–30	30–45	45–75	75–100	150–250	
1	Автоген	2 – 3		3 – 5		5 – 8		8 – 32
2	На токарном станке (отрезной резец)	2	3	4	4	5	7	2,0
3	На токарном станке (дисковый резец)	2	2,5	3	3,5	4	–	2,0
4	На фрезерном станке (дисковой фрезой)	2	2	2	3	3	–	1,45
5	На диско-пильном станке	4	4	4	4	7	7	0,7
6	На ленточно-пильном станке	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	1,55
7	На приводном ножовочном станке	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5
8	На абразивно-обрезном станке	2	2	2	2	2	2,5	1,9
9	Правильные станки							0,35 – 0,4

5) Необходимо рассмотреть одну из стандартных длин прутка, например, $L_{np} = 11700$ мм (чем она больше, тем меньше потерь металла).

6) Определяется расход материала по длине на одну заготовку:

$$L_{p1заг} = L_3 + h + \frac{(L_{заж} + L_{ост})}{K_{заг}},$$

где L_3, h – длина заготовки и ширина реза, мм;

$L_{заж}$ – длина прутка, которую используют для закрепления в приспособлении (в тисках $L_{заж} = 100$ мм, в патроне $L_{заж} = 60$ мм), мм;

$L_{ост}$ – часть длины прутка, не используемая из-за некрatности параметров L_{np} и L_3 , мм;

$$L_{ост} = [L_{np} - L_{заж} - (L_3 + h)] \cdot K_{заг};$$

$$K_{заг} = \frac{(L_{np} - L_{заж})}{(L_3 + h)}.$$

Если в расчете окажется целое число, то $L_{ост} = 0$, что мало реально.

Обычно $K_{заг}$ имеет дробность, т.е. $K_{заг} = K' + K''$, где K' – целое число; K'' – часть числа. Отсюда: $L_{ост} = (L_3 + h) \cdot K''$, но так как этот остаток набегает на K заготовок, то на одну из них:

$$L_{ост1заг} = (L_3 + p) \cdot \frac{K''}{K'}.$$

7) Определяется масса заготовки M_3 и масса отходов $M_{отх1}$ и $M_{отх2}$ (соответственно стружка и некрatный остаток):

$$M_3 = \left(\frac{\pi \cdot d_{заг}^2}{4} \right) \cdot L_3 \cdot C;$$

$$M_{отх1} = \left(\frac{\pi \cdot d_{заг}^2}{4} \right) \cdot h \cdot C;$$

$$M_{отх2} = \left(\frac{\pi \cdot d_{заг}^2}{4} \right) \cdot L_{ост1заг} \cdot C,$$

где M_{omx1} , M_{omx2} – масса отходов в виде стружки и некрatного остатка;

C – плотность для черных металлов – 7,8 г/см³;

$d_{заг}$, L_3 , h и $L_{ост1заг}$ – величины в см.

Стружка при резе прутка и некрatный остаток могут быть проданы «Вторресурсам» как лом: $M_{omx} = M_{omx1} + M_{omx2}$.

8) Определяется себестоимость заготовки $S_{заг}$ при условии, что лом черных металлов смешанный по маркам имеет стоимость $C_{отх} = 300$ грн/т, а разделенный – 1200 грн./т.:

$$S_{заг} = M_{заг} \cdot C_{mat} + S_p - M_{omx} \cdot C_{omx},$$

где $M_{заг}$ – сухая масса заготовки, кг;

C_{mat} – отпускная цена материала, грн/кг (табл. 3.14);

C_{omx} – приемная цена «Вторсырья» отходов производства заготовки, грн/кг;

M_{omx} – масса отходов, приходящаяся на одну заготовку, кг;

S_p – технологическая себестоимость правки, калибровки и разрезки прутка выбранным методом, грн.

Для уменьшения расчетов в данной работе принято упрощение, связанное с тем, что осуществляется только разрезка прутка, тогда

$$S_p = S_{разр} = A \cdot T_{шт/к},$$

где A – стоимость 1 минуты работы на соответствующем разрезном станке, грн. (табл. 3.13);

$T_{шт/к}$ – штучно-калькуляционное время разрезки, мин (задает преподаватель).

9) Определяется коэффициент использования материала $K_{u.m}$:

$$K_{u.m} = \frac{M_u}{M_3},$$

где M_u – сухая масса детали, кг;

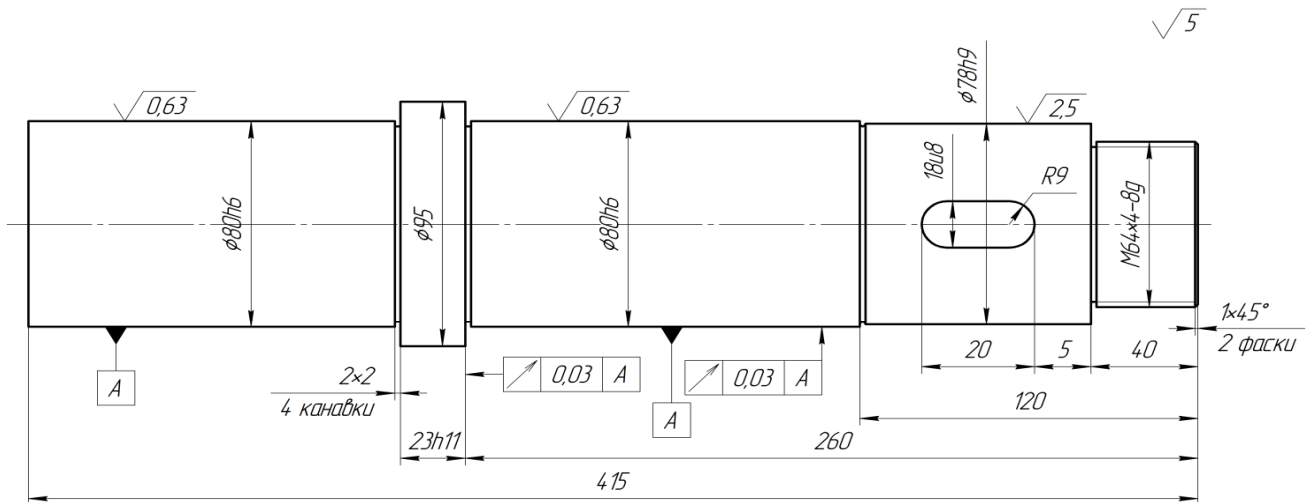
M_3 – сухая масса заготовки, кг.

Усредненные оптовые цены на прокат некоторых металлов

№	Наименование	Марка	Цена за 1 т, $C_{баз}$, грн.
1.	Сталь обыкновенного качества круглая	Ст. 0; Ст. 3	6000 = $C_{баз}$
	и квадратная	Ст. 4	1,07 x $C_{баз}$
2.	Сталь качественная круглая, квадратная, шестигранная: - углеродистая	Ст.10; 20; 30; 40; 45; 50; 55	1,4 x $C_{баз}$
	- легированная	Сталь 15X; 20X; 30X; 40X; 50X	1,35 x $C_{баз}$
	- легированная	Сталь 18 ХГТ; 30 ХГТ; 20 ХГР	1,38 x $C_{баз}$
	- легированная	Сталь 12 ХН3А; 30 ХН3А	2,56 x $C_{баз}$
	- легированная	Сталь 20 ХНР	1,75 x $C_{баз}$
3.	Сталь автоматная	Сталь А12; А20; А30; А40 Г	1,25 x $C_{баз}$
4.	Сталь подшипниковая	Сталь ШХ 9; ШХ 15	2,03 x $C_{баз}$
5.	Сталь подшипниковая	Сталь ШХ 15 СГ	2,22 x $C_{баз}$
6.	Сталь высокоуглеродистая круглая:		
	- качественная	Сталь У7; У8; У9; У10; У11–У13	1,5 x $C_{баз}$
	- высококачественная	Сталь У7А; У13А	1,6 x $C_{баз}$
	- легированная	Сталь ХВГ	4,6 x $C_{баз}$
7.	Сталь качественная калиброванная (холоднотянутая) круглая: углеродистая	Ст. 35; 40; 45; 50; 55; 60	1,9 x $C_{баз}$
	- автоматная	Сталь А12; А20	1,77 x $C_{баз}$
	- подшипниковая	Сталь ШХ9; ШХ15	2,7 x $C_{баз}$
8.	Трубы: -горячедеформированные:	Сталь 15; 25	
	- Ø 54 мм; стенка 10 мм		2,0 x $C_{баз}$
	- Ø 70 мм; стенка 10 мм		2,55 x $C_{баз}$
	- Ø 89 мм; стенка 10 мм		3,3 x $C_{баз}$
	- Ø 90 мм; стенка 11 мм	Сталь ШХ15	5,5 x $C_{баз}$
	- Ø 90 мм; стенка 19 мм	Сталь ШХ15	10,3 x $C_{баз}$
	- холоднокатаные Ø120 мм; стенка 24 мм	Сталь 15	9,6 x $C_{баз}$

3.4.2. Порядок выполнения работы

Задается объект производства. В нашей работе – это вал (рис. 3.2) с годовой программой выпуска 500 штук (условия мелкосерийного производства).
Материал – сталь 40Х ГОСТ 4543-89, масса детали – 15,9 кг.



1. H14; h14; $\pm 0,5$ H14.
2. HRC3 30...35.
3. Химическое оксидирование.

Рис. 3.2 – Чертеж вала

Схема разделки прутка и эскиз заготовки приведены на рис. 3.3.

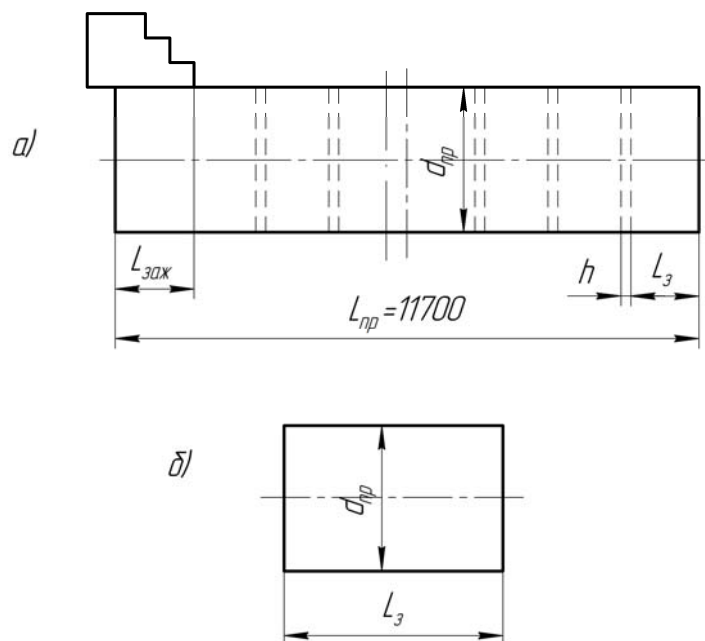


Рис. 3.3 – Схема разделки прутка (а) и эскиз заготовки (б)

Каждый студент получает у преподавателя задание в соответствии с табл. 3.15.

Таблица 3.15

Задания студентам

№	Размер вала	Метод резки	Условия резки		
			h , мм	$T_{шт-к}$, мин	A , грн./мин
1	Ø95 x 415 мм	Токарный станок; отрезной резец	5	5	2,0
2		Токарный станок, дисковый резец	4	3	2,0
3		Фрезерный станок, дисковая фреза	3	3	1,45
4		Пил. станок, дисковая фреза	7	5	0,7
5			7	3	0,7
6		Пил. станок, лент. пила	2	5	1,55
7			2	4	1,55
8		Прив. нож.	2,5	10	1,5
9		Абр. отр. ст.	2	4	1,9
10				2	3

В соответствии с принятой методикой (см. раздел 1) каждый студент должен в конечном счете получить ответ на три вопроса: чему равна $S_{заг}$; какой процент (%) отходов и чему равен коэффициент $K_{и.м}$ варианта задания по выбору заготовки 3.

На примере задания № 1 рассмотрен порядок выполняемых действий.

1. Для заданных условий производства $N = 500$ шт./год и конструкции детали – вала (рис. 3.2) выбирается прокат сортовой, круглый горячекатаный нормальной точности по ГОСТ 2590-88 (табл. 3.12)

2. Определяется размер прутка по диаметру: $d_{пр} = d_{демmax} + Z = \text{Ø}95 \text{ мм} + 3 \text{ мм}$ (допуск $\text{Ø}95 - h14$). Получено $\text{Ø}98 \text{ мм}$, в результате принимается ближайший больший диаметр $\text{Ø}100^{+0,6}_{-1,7} \text{ мм}$.

3. Определяется длина заготовки: $L_3 = L_{дем} + z_1 + z_2 = 415 + 2 + 2 = 419 \text{ мм}$ (допуск $L_3 - h14$, поэтому $z_1 = z_2 = 2 \text{ мм}$).

4. В задании указано, что резка прутка будет производиться на ТРС с $h = 5$ мм.

5. Дается $L_{np} = 11700$ мм.

6. При зажиме прутка в патроне $L_{заж} = 60$ мм.

В результате получено:

$$L_{p1заг} = L_3 + h + \left[\frac{L_{заж} + L_{ост}}{K'} \right];$$

$$K' = \frac{(L_{np} - L_{заж})}{(L_3 + h)} = \frac{11700 - 60}{419 + 5} = 27 \text{ шт.};$$

$$K'' = 0,453 \text{ шт.};$$

$$L_{ост1заг} = \frac{(L_3 + P) \cdot K''}{K'} = \frac{424 \cdot 0,453}{27} = 7,1 \text{ мм.}$$

7. Определяются M_3 , $M_{омх1}$ и $M_{омх2}$:

$$M_3 = \left(\frac{\pi \cdot d_{заг}^2}{4} \right) \cdot L_3 \cdot C = \left(\frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \right) \cdot 42,4 \cdot 7,8 = 25962 \text{ г} \approx 25,96 \text{ кг};$$

$$M_{омх1} = \left(\frac{\pi \cdot d_{заг}^2}{4} \right) \cdot h \cdot C = \left(\frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \right) \cdot 0,5 \cdot 7,8 = 306,2 \text{ г} \approx 0,31 \text{ кг};$$

$$M_{омх2} = \left(\frac{\pi \cdot d_{заг}^2}{4} \right) \cdot L_{ост1заг} \cdot C = \left(\frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \right) \cdot 0,71 \cdot 7,8 = 435 \text{ г} \approx 0,44 \text{ кг};$$

$$M_{омх} = M_{омх1} + M_{омх2} = 0,31 + 0,44 = 0,75 \text{ кг.}$$

8. Определяется $S_{заг}$:

$$\begin{aligned} S_{заг} &= M_{заг} \cdot Ц_{баз} + S_p - M_{омх} \cdot Ц_{омх} = \\ &= 25,96 \cdot (6000 / 1000) + 2 \cdot 5 - 0,75 \cdot (1200 / 1000) = \\ &= 155,76 + 10 - 0,9 = 164,86 \text{ грн.} \end{aligned}$$

В этих расчетах:

$$Ц_{баз} = 6000 \text{ грн./т (табл. 3.14),}$$

$$Ц_{омх} = 1200 \text{ грн./т (лом, разделенный по маркам стали);}$$

$$S_p = A \cdot T_{шт-к}, \text{ где } A \text{ и } T_{шт-к} \text{ взяты из табл. 3.15 (строка 1).}$$

9. Определяется $K_{и.м}$:

$$K_{и.м} = \frac{M_u}{M_3} = \frac{15,9}{25,96} \approx 0,613 \approx 61,3 \%$$

10. Определим процент (%) отходов при разделке к общей норме расходов металла:

$$\%_{отх} = \left[\frac{M_{отх}}{(M_3 + M_{отх})} \right] \cdot 100 = \frac{(0,75 \cdot 100)}{(25,96 + 0,75)} = 2,8 \%$$

Таким образом, суммарные потери материала при разрезке и последующей механической обработке составят: $100 - 61,3 + 2,8 = 35,9 \%$.

3.4.3. Оформление отчета

В отчете по работе студент приводит эскиз вала-изделия, эскиз заготовки с размерами и допусками, схему разделки прутка заданного размера на части, результаты расчета $S_{заг}$; процент и стоимость $C_{отх}$ и $K_{и.м}$ выбранного метода получения заготовки.

3.4.4. Литература [1; 2; 11]

3.4.5. Вопросы для самоконтроля

1) Какой размер по длине прутка Вы выберете из этого набора:

- 7,5 м;
- 8,2 м;
- 9 м;
- 9,5 м;
- 10 м.

2) Вставьте пропущенное значение в формулу $K_{и.м} = ? / M_3$:

- $M_{и}$;
- $M_{м}$;
- $M_{у}$;
- $M_{ст}$.

3.5. Исследование влияния выбора метода получения заготовки на материалоемкость и трудоемкость изготовления изделия

Цель работы: научить студента анализу взаимосвязанных по технологическому процессу операций и умению выбирать наиболее эффективное решение.

3.5.1. Общие сведения

Известно, что технологический процесс состоит из ряда этапов: заготовительного, подготовительного, чернового, чистового, финишного, термического или химико-термического и др.

Каждый из этапов имеет свои цели, критерии оценки и, как показывает опыт, существенно влияет на показатели следующих за ним этапов.

Заготовительный этап имеет целью – выбор рационального метода получения заготовки с минимальным расходом материалов, затрат труда и энергии, проще говоря, с наименьшей себестоимостью и реализацией его.

Оборудование на этом этапе относительно простое, квалификация работающих – низкая (1 – 2 разряд работы). Точность заготовок обычно лежит в пределах IT16 – IT18, шероховатость поверхности $R_z = 240 - 120$ мкм, структура металла неравномерна по толщине, имеется ряд дефектов в поверхностном слое: песок, трещины, окалина и др.

Черновой этап механической обработки имеет целью – выбор метода (или методов) высокопроизводительной обработки заготовки с наименьшими затратами, в ходе которого (которых) устраняют все или основную часть дефектов, имеющихся в заготовке, и обеспечивают стабильные показатели точности и качества поверхности (обычно это точность по IT14 – IT12 и шероховатость $R_z = 40 - 20$ мкм) и реализацию этого метода.

Таким образом, на черновом этапе при нестабильных входных параметрах необходимо обеспечить стабильные выходные и многократно повторяющиеся параметры, при этом производительность и экономичность стоит на первом плане. Оборудование на этом этапе относительно сложное, квалификация работающих – средняя (2 – 4 разряд работы).

Чистовой этап – имеет целью обеспечить высокую точность и качество поверхности у всех выпускаемых изделий рациональными методами обработки. Входные параметры этого этапа относительно стабильны по точности (IT14 – IT12) и качеству поверхности, а выходные – стабильны (точность по IT8 – IT7 и $R_a = 2,5 - 0,63$ мкм).

Оборудование на этом этапе сложное, дорогостоящее, квалификация работающих – высокая (3 – 6 разряд работы).

Если условно предположить, что имеется всего три этапа: заготовительный, черновой и чистовой, а остальные как-бы отсутствуют, то затраты на изготовление изделия S_{II} можно представить как сумму затрат каждого из этапов:
 $S_{II} = S_{заг.} + S_{черн.} + S_{чист.}$

В структуре затрат S основными статьями являются затраты на оборудование, материалы (этап заготовительный); оборудование, материалы и зарплату работающих (этап черновой) и оборудование, средства оснащения и зарплату работающих (этап чистовой).

В настоящей работе следует остановиться на первых двух этапах, так как они наиболее взаимосвязаны друг с другом, и провести анализ по 2-м главным показателям: расходу материалов и себестоимости.

Таким образом, суммарный расход материалов 2-х этапов составит:

$$M_{1+2} = M_{II} + M_{np.} + M_{omx1.} + M_{omx2.}$$

где M_{II} – масса изделия, кг;

$M_{np.}$ – масса удаляемого слоя в виде припуска, кг;

$M_{omx1.}$ – масса отходов при реализации метода получения заготовки (литники, прибыль, угар, окалина и др.) кг;

M_{omx2} – масса отходов, возникающих при подготовке к реализации метода получения заготовки (стружка при разрезке и др.), кг.

Для заготовки из проката: $M_{1+2} = M_3 + M_{omx2.}$

Для штамповки: $M_{1+2} = M_{шт} + M_{omx1.} + M_{omx2.}$

Опыт показывает: чем проще заготовка, тем она дешевле, на ее изготовление идет мало времени – $T_{шт-к заг.}$, но при этом увеличивается ее масса (и при-

пуски) и увеличивается объем работы по снятию увеличенной массы на черновом этапе $T_{шт-к\ черн}$.

Себестоимость заготовки и изделия на этапах можно оценить по упрощенному варианту – на основе цеховой себестоимости:

$$C_m = A \cdot T_{шт-к}$$

где A – стоимость станкочаса или станкоминуты работы оборудования, грн./мин;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время, мин.

При работе на настроенных универсальных станках:

$$T_{шт-к} = \frac{T_0}{K_0},$$

где T_0 – основное время, мин.;

$$T_0 = \frac{L_0}{n \cdot S} \cdot \frac{z}{t};$$

L_0 – длина обработки, мм;

n – частота вращения, об./мин;

S – подача, мм/об.;

z – припуск, мм;

t – глубина резания, мм;

K_0 – коэффициент основного времени в $T_{шт-к}$, и он обычно для универсальных станков равен 0,5, т.е. $T_{шт-к} \approx 2T_0$.

Таким образом можно предложить, что трудоемкость – это функция основного времени, и чем больше будет припуск z , т.е. объем снимаемого материала, тем больше будет затрачиваться времени на обработку.

3.5.2. Порядок работы

1) Задается объект исследования – технологический процесс изготовления вала (рис. 3.4). Из типового процесса обработки ступенчатых валов порядок первых операций следующий:

10. Заготовительная.

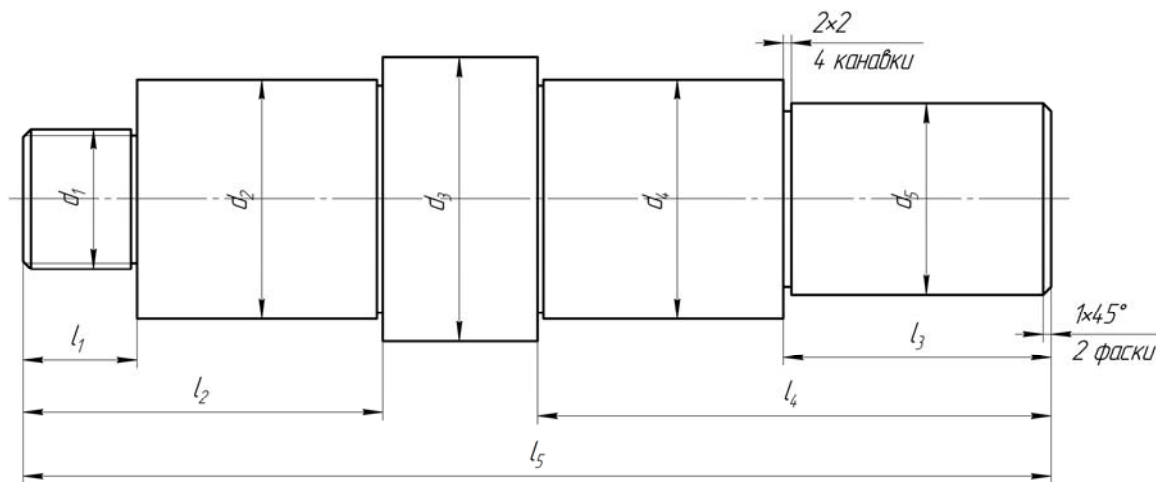
20. Подготовительная (правильная).

30. Фрезерно-центровальная.

40. Токарная (черновая).

50. Токарная (чистовая).

и т. д.



1. d_2, d_3, d_4, d_5 по $h9$ с $Ra 25$ мкм.

2. Остальные размеры по $H14; h14; \pm \frac{H14}{2}$.

Рис. 3.4 – Чертеж ступенчатого вала

Как отмечалось выше, на достижение цели работы наиболее интенсивно влияют операции 10 и 40 (можно допустить, что в обоих вариантах операции 20, 30 и 50 будут, по сути, одинаковы и их влияние на конечный результат постоянно). В зависимости от программы выпуска валов N (шт./год) заготовками будут, возможно, порезки из проката, а возможно и штамповка, например, на ГКМ (рис. 3.5, а, б).

2) Следует определить массу детали M_{II} (задание выдается студенту из табл. 3.16) и массы заготовок – порезки из проката горячекатанного $M_{з.прок.}$ и штамповки на ГКМ - $M_{з.штамп.}$:

$$M_{II} = \left[\frac{\pi d_1^2}{4} \cdot l_1 + \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot (l_2 - l_1) + \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot (l_5 - l_2 - l_4) + \frac{\pi d_4^2}{4} \cdot (l_4 - l_3) + \frac{\pi d_5^2}{4} \cdot l_3 \right] \cdot c;$$

$$M_{з.прок.} = \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot l_3 \cdot c;$$

$$M_{з.штамп.} = \left[\frac{\pi d_{13}^2}{4} l_{31} + \frac{\pi d_{23}^2}{4} (l_{32} - l_{31}) + \frac{\pi d_{33}^2}{4} (l_{35} - l_{32} - l_{34}) + \frac{\pi d_{34}^2}{4} (l_{34} - l_{33}) + \frac{\pi d_{35}^2}{4} l_{33} \right] \cdot c.$$

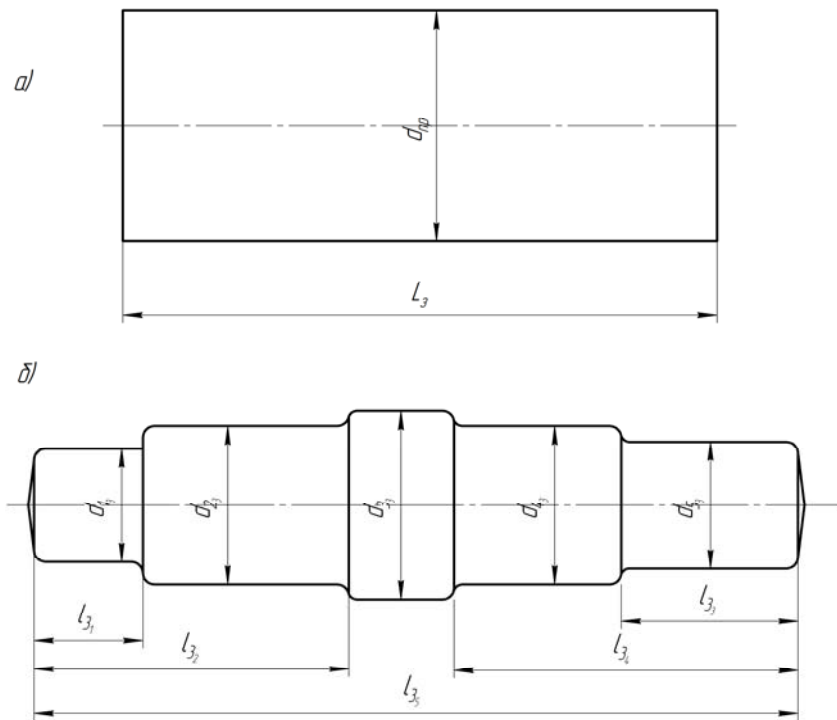


Рис. 3.5 – Чертеж заготовки (а – порезка из проката; б – штамповка на ГКМ)

3) Определяется масса отходов на порезку (задается ширина реза – абразивным кругом $h = 2$ мм):

$$M_{отх2} = \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot h \cdot c.$$

4) Определяется масса отходов при штамповании $M_{отх1}$. Эта масса складывается из угара металла при нагреве, веса наружного облоя и веса клещевого захвата, причем отход в виде облоя по весу составляет основную часть. Средние цифры отходов приведены в табл. 3.17.

Таблица 3.16

Варианты заданий

Номер варианта	Размеры, мм										№ шт./год
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	
1	М 64 – 8g	70	75	70	65	100	200	100	160	400	10000
2	М 64 – 8g	70	75	70	60	100	200	100	160	400	5000
3	М 64 – 8g	70	75	65	60	60	200	60	160	400	5000
4	М 64 – 8g	72	75	72	70	60	200	60	160	400	3000
5	М 64 – 8g	65	75	60	55	50	200	50	160	400	3000
6	М 64 – 8g	60	75	60	50	50	200	50	160	400	3000

Таблица 3.17

Коэффициент использования и потери металла при изготовлении поковок
штамповок из разных исходных объектов

№ п.п.	Метод получения поковки или штамповки	Тип производства	Исходная заготовка	$K_{и.м}$	Потери металла, %
1	Свободная ковка на молотах	Ед, м/с	Слитки, прокат	0,63 – 0,71 0,67 – 0,83	29 – 37 17 – 33
2	Свободная ковка на прессах	Ед, м/с	Слитки	0,67 – 0,8	20 – 33
3	Свободная ковка в подкладных штампах на молотах	Ед, м/с	Прокат	0,78 – 0,91	9 – 22
4	Штамповка на молотах	К/с, мас	Прокат	0,74 – 0,87	13 – 26
5	Штамповка на ГКМ	К/с, мас	Прокат	0,87 – 0,95	5 – 13

В нашем случае для заготовки, получаемой на ГКМ:

$$M_{отх1} = M_{з.штамп} \cdot (1 - 0,91) = 0,09 \cdot M_{з.штамп}.$$

5) Задается режим черновой обработки стали 40Х:

$$V = 125 \text{ м/мин};$$

$$n = 1000 \cdot V / \pi d_w;$$

$$S = 0,2 \div 0,3 \text{ мм/об};$$

$$t \leq 5 \text{ мм. Если } z > 5 \text{ мм, то число проходов } i = z / t.$$

б) Определяются величины припусков на диаметральные размеры и на сторону заготовки-порезки из проката, определенного размера d_{np} :

$$z_1 = d_{np} - d_1; \quad \frac{z_1}{2} = \frac{(d_{np} - d_1)}{2}, \text{ мм};$$

$$z_2 = d_{np} - d_2; \quad \frac{z_2}{2} = \frac{(d_{np} - d_2)}{2}, \text{ мм};$$

$$z_3 = d_{np} - d_3; \quad \frac{z_3}{2} = \frac{(d_{np} - d_3)}{2}, \text{ мм};$$

$$z_4 = d_{np} - d_4; \quad \frac{z_4}{2} = \frac{(d_{np} - d_4)}{2}, \text{ мм};$$

$$z_5 = d_{np} - d_5; \quad \frac{z_5}{2} = \frac{(d_{np} - d_5)}{2}, \text{ мм.}$$

7) Выбираются величины припусков из таблиц для штамповок на ГКМ из стали 40Х, подлежащих обработке по h9: $Z_{min} = 3 \div 4$ мм по диаметру в диапазоне до 100 мм и $Z_{min} = 3 \div 4$ мм по 2-м торцам для длин до 400 мм.

8) Определяются размеры заготовки-штамповки:

$$d_{13} = d_1 + 4, \text{ мм;}$$

$$d_{23} = d_2 + 4, \text{ мм;}$$

$$d_{33} = d_3 + 4, \text{ мм;}$$

$$d_{43} = d_4 + 4, \text{ мм;}$$

$$d_{53} = d_5 + 4, \text{ мм;}$$

$$l_{53} = l_5 + 4, \text{ мм.}$$

9) Определяется T_o , используя режим резания (см. п. 3.5.2.(5)). Длина обработки l_o может быть установлена из выражения $l_o = l_u + l_1 + l_2$, где l_u , l_1 , и l_2 – соответственно длина детали (шейки), врезание и перебег.

Для резцов с углом в плане $\varphi = 90^\circ$ – $l_1 = 3$ мм, а $l_2 = 2$ мм, если $t = 3 \div 7$ мм.

Поэтому, все длины необходимо увеличить на 5 мм для избранного примера.

Таким образом, для штамповки

$$l_{o \text{ шт.}} = (l_1 + 5) + (l_2 - l_1 + 5) + (l_2 + 4 - l_2 - l_4 + 5) + (l_4 - l_3 + 5) + (l_1 + 5),$$

а время $T_o = l_{o \text{ шт.}} / n \cdot S$, мин.

Для порезки из проката, если припуск на сторону будет больше 5 мм, необходимо выполнять несколько проходов и тогда:

$$l_{o.np} = (l_1 + 5) \cdot \frac{(d_{3.np} - d_1)}{5} + (l_2 - l_1 + 5) \cdot \frac{(d_{3.np} - d_2)}{5} + (l_5 + 4 - l_2 - l_4 + 5) \times \\ \times \frac{(d_{3.np} - d_3)}{5} + (l_4 - l_3 + 5) \cdot \frac{(d_{3.np} - d_4)}{5} + (l_3 + 5) \cdot \frac{(d_{3.np} - d_5)}{5}.$$

10) Следует определить $T_{шт-к}$ на операции 40 для заготовки из проката и для штамповки:

$$T_{шт-к.прок} = 2 \cdot T_{o.np}; \quad T_{шт-к.шт} = 2 \cdot T_{o.шт}.$$

11) Определяется масса металла, необходимого для получения:

порезки из проката: $M_{1+2} = M_3 + \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot h \cdot c$;

для штамповки: $M_{1+2} = M_3 + \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot h \cdot c + M_3 \cdot 0,09$.

12) Определяется S_u для двух вариантов:

– прокат: $S_{u.пр} = S_{заг2} + Cm_{он40.1}$;

– штамповка: $S_{u.штамп} = S_{заг2} + Cm_{он40.2}$;

где $S_{заг1}$ – стоимость заготовки-порезки из проката;

$S_{заг2}$ – стоимость заготовки-штамповки;

$Cm_{он40.1}$ – стоимость черновой обработки (оп. 40) заготовки из проката;

$Cm_{он40.2}$ – стоимость черновой обработки (оп. 40) заготовки-штамповки.

$S_{заг1}$ устанавливается на основании данных работы № 7:

$$S_{заг1} = M_{заг} \cdot Ц_{мат} + S_p - M_{отх1} \cdot Ц_{отх};$$

$Ц_{мат} = 1,35 \cdot C_{баз}$ (для стали 40X);

$T_{шт-к.отр} = 5$ мин;

$A_{разр} = 1,9$ грн./мин;

$Ц_{отх1} = 1200$ грн./т (лом, разделенный по маркам стали).

$S_{заг2}$ устанавливается из выражения:

$$S_{заг2} = \left(\frac{S_{i.баз}}{1000} \cdot M_{3штамп} \cdot K_m \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_n \right) - (M_{3штамп} - M_u \cdot Ц_{отх1}),$$

где все показатели коэффициентов приведены в работе № 7 и соответственно равны: $K_m = 1$; $K_b = 1,13$; $K_m = 0,77$; $K_n = 0,891$, а $S_{i.баз} = Ц_{мат} = 1,35 \cdot C_{баз}$.

13) Сравниваются два значения S_u и принимается окончательное решение о выбранном варианте.

14) На примере задания № 1 проведен цифровой расчет.

1) Определяется масса детали:

$$M_u = \left(\frac{3,14 \cdot 6,4^2}{4} \cdot 10 + \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} \cdot 16 + \frac{3,14 \cdot 7,5^2}{4} \cdot 4 + \frac{3,14 \cdot 6,5^2}{4} \cdot 10 \right)^4 \cdot 7,8 = 11,27 \text{ кг.}$$

2) Определяется масса заготовки из проката:

$$M_{зпрок} = \frac{3,14 \cdot 7,8^2}{4} \cdot 40 \cdot 7,8 = 15,12 \text{ кг.}$$

3) Определяется масса заготовки – штамповки:

$$M_{зштамп} = \left(\frac{3,14 \cdot 6,8^2}{4} \cdot 10 + \frac{3,14 \cdot 7,4^2}{4} \cdot 16 + \frac{3,14 \cdot 7,9^2}{4} \cdot 4 + \frac{3,14 \cdot 6,9^2}{4} \cdot 10 \right)^4 \cdot 7,8 = 12,64 \text{ кг.}$$

4) Определяется масса отходов на порезку:

$$M_{отх2} = \left(\frac{3,14 \cdot 7,8^2}{4} \cdot 0,2 \right) \cdot 7,8 = 0,075 \text{ кг.}$$

5) Определяется масса отходов при штамповке:

$$M_{отх1} = M_{зштамп} \cdot 0,09 = 1,14 \text{ кг.}$$

6) Определяются припуски для ступеней заготовки из проката:

$$z_1 = 78 - 64 = 14 \text{ мм (на сторону 7);}$$

$$z_2 = 78 - 70 = 8 \text{ мм (на сторону 4);}$$

$$z_3 = 78 - 75 = 3 \text{ мм (на сторону 1 и 5);}$$

$$z_4 = 78 - 70 = 8 \text{ мм (на сторону 4);}$$

$$z_5 = 78 - 65 = 13 \text{ мм (на сторону 6 и 5).}$$

7) Определяется l_0 для штамповки: $l_1 = 105$ мм; $l_2 = 105$ мм; $l_3 = 40$ мм; $l_4 = 65$ мм; $l_5 = 105$ мм, отсюда $l_{0шт} = 420$ мм, а $T_o = 420 / (0,25 \cdot 530) = 3,17$ мин.

8) Определяется l_0 для порезки из проката:

$$l_{0пр.} = 105 \cdot 2 + 105 \cdot 1 + 49 \cdot 1 + 65 \cdot 1 + 105 \cdot 2 = 639 \text{ мм,}$$

$$T_o = 639 / (0,25 \cdot 530) = 4,82 \text{ мин.}$$

9) Определяется $T_{шт-к}$:

$$T_{шт-к прок.} = 2 \cdot 4,82 = 9,64 \text{ мин;}$$

$$T_{шт-к шт.} = 2 \cdot 3,17 = 6,34 \text{ мин.}$$

10) Определяется масса M_{I+2} :

– прокат: $M_{I+2} = 15,12 + 0,075 = 15,2$ кг;

– штамповка: $M_{I+2} = 12,64 + 1,14 + 0,075 = 13,86$ кг.

11) Определяется стоимость операции 40 ($A_{\text{мок}} = 2$ грн./мин):

– прокат: $C_{\text{тон } 40} = 2 \cdot 9,64 = 19,28$ грн.;

– штамповка: $C_{\text{тон } 40} = 2 \cdot 6,34 = 12,68$ грн.

12) Определяются стоимости вариантов:

– прокат: $S_{\text{заг1}} = 15,2 \cdot (6000 \cdot 1,35) / 1000 + 1,9 \cdot 5 - 1200 / 1000 \cdot 0,075 = 132,53$ грн.;

– штамповка: $S_{\text{заг2}} = 13,86 \cdot (6000 \cdot 1,35) / 1000 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 0,77 \cdot 0,891 + 1,9 \cdot 5 - (13,86 - 11,27) / 1000 \cdot 1200 = 93,72$ грн.

И, соответственно:

$S_1 = 132,53 + 19,28 = 151,81$ грн.; $S_2 = 93,72 + 12,68 = 106,4$ грн.

Вывод: заготовка – штамповка в 1,43 раза дешевле на этапах операций 10 и 40, чем заготовка-порезка из проката, в основном из-за экономии на материалах.

3.5.3. Отчет и выводы

В отчете приводятся:

– эскиз детали и заготовок;

– данные расчетов $M_3, M_w, l_0, M_{1+2}, C_u$.

3.5.4. Литература [7; 9; 11]

3.5.5. Вопросы для самоконтроля

1) Подставьте недостающее слагаемое в формулу: $S = ? + S_{\text{черн}} + S_{\text{чист}}$:

– $S_{\text{дет}}$;

– $S_{\text{маш}}$;

– $S_{\text{заг}}$;

– $S_{\text{сб.ед}}$;

– $S_{\text{отх}}$.

2) $T_{\text{шт.-к}}$ и T_o связаны друг с другом коэффициентом K , который равен:

– 1;

– 2;

– 3;

– 4;

– 5.

3.6. Определение режимов резания при сверлении

Цель работы:

- изучить технологические методы обработки отверстий на сверлильных станках;
- научиться выбирать режимы резания при сверлении, зенкеровании, развертывании;
- научиться оценивать точность обработки.

3.6.1. Общие сведения

Обработка заготовок на сверлильных станках – распространенный метод получения отверстий различной точности размеров и шероховатости поверхности. Процесс снятия стружки с обрабатываемой поверхности при сверлении осуществляется за счет вращательного движения инструмента V (главного движения) и одновременного перемещения инструмента вдоль оси S_e (движения подачи). Сверлильные станки по виду выполняемых работ делятся на вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные, много- и одношпиндельные, полуавтоматы, горизонтально-сверлильные и др. Наиболее распространенными являются первые два типа станков. Вертикально-сверлильные станки применяют в индивидуальном и серийном производстве для обработки отверстий в небольших деталях, радиально-сверлильные – для обработки отверстий в крупных заготовках.

На сверлильных станках выполняют следующие виды работ (рис. 3.6): сверление глухих и сквозных отверстий (*а*), рассверливание сквозных отверстий (*б*), зенкерование цилиндрических отверстий (*в*), развертывание (*г*, *д*), зенкерование цилиндрических и конических отверстий (*е*, *ж*), цекование бобышек отверстий (*з*), нарезание резьбы (*и*), обработка ступенчатых отверстий (*к*).

Сверление позволяет получить отверстие в сплошном материале, но не дает высокой точности размеров (точность Н12). Зенкерование и развертывание производят по готовому отверстию. При этом последовательно повышается точность обработки, так: зенкерование однократное – Н10, зенкерование черно-

вое и чистовое – Н9, развертывание однократное – Н8, развертывание черновое и чистовое – Н7. С повышением точности снижается шероховатость. Наиболее высокое качество поверхности отверстий обеспечивает развертывание.

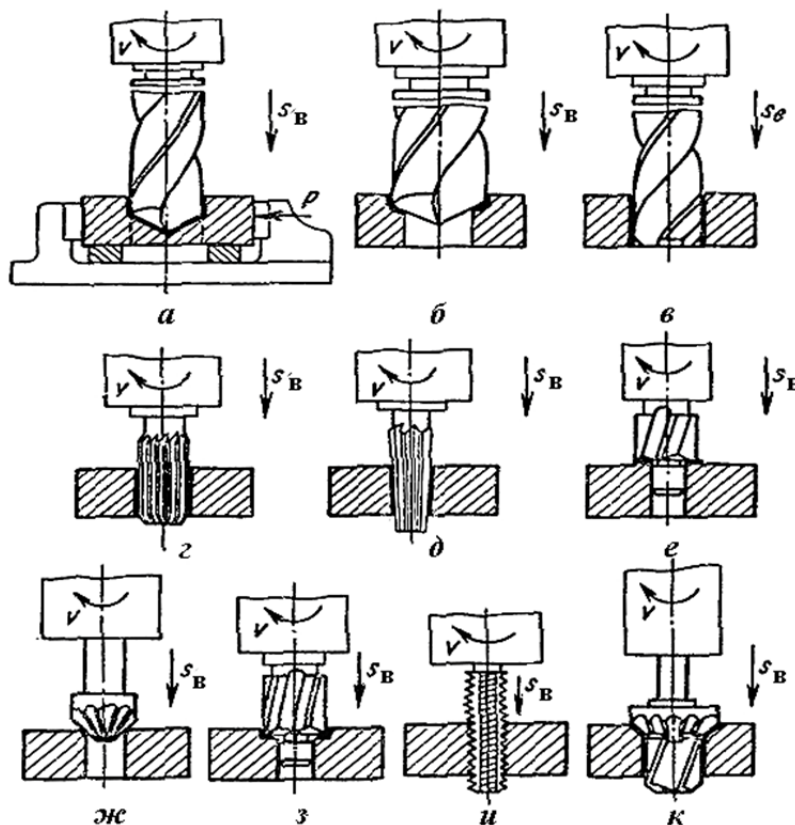


Рис. 3.6 – Виды работ, выполняемых на сверлильных станках

Для обработки отверстий применяют такие инструменты: спиральное сверло, зенкер, зенковку, развертку, метчик. Их изготавливают из сталей углеродистых (У10, У10А, У12), легированных (Х, 9ХС, Х12М) и быстрорежущих (Р9, Р12, Р18, Р6М5).

Инструмент для обработки отверстий большого диаметра делается составным с режущими лезвиями из твердых сплавов (ВК6, ВК8, Т15К6). Выбор материала инструмента зависит от его размеров, материала обрабатываемой детали. В свою очередь материал инструмента предопределяет режим резания и стойкость инструмента.

1) Выбор режима резания. Режимы резания при обработке на сверлильных станках определяются скоростью резания V , скоростью подачи S_B и глуби-

ной резания t . Режим резания должен назначаться таким образом, что бы обеспечить, с одной стороны, максимальную производительность обработки, с другой стороны – высокую стойкость инструмента и минимальные потери времени на его переточку.

1.1) При сверлении скорость резания V зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, материала сверла, его стойкости, подачи, глубины сверления, геометрии сверла и других факторов. Скорость резания V , м/мин, определяют по формуле:

$$V = \frac{K \cdot C \cdot D^2}{T^m S_B^y},$$

где K – поправочный коэффициент, учитывающий свойства материала инструмента и детали, глубину сверления и т.п. (в условиях настоящей работы принимаем $K = 1$);

C – коэффициент, зависящий от материала детали и сверла, размеров сверла и геометрии его режущей части;

D – диаметр сверла, мм;

T – стойкость сверла, мин;

S_B – подача, мм/об;

m, z, y – показатели степени, определяющие влияние на скорость резания диаметра сверла, стойкости сверла и подачи.

1.2) Скорость подачи определяется таким образом, чтобы обеспечить максимальную производительность при заданной прочности и жесткости сверла и механизмов станка.

1.3) Величину подачи S_B либо подсчитывают по эмпирическим формулам, либо находят по справочным данным (табл. 3.18). Размеры инструментов определяют по табл. 3.19.

1.4) Глубина резания t , мм, при сверлении в сплошном материале:

$$t = \frac{D}{2},$$

а при рассверливании, зенкерования и развертывании:

$$t = \frac{(D - d)}{2},$$

где D – диаметр инструмента, мм;

d – диаметр обрабатываемого отверстия, мм.

Таблица 3.18

Подача при обработке отверстий инструментами из быстрорежущей стали

Диаметр инструмента, мм	Подача S_B , мм/об.		
	Сверление	Зенкерование	Развертывание
10 – 15	0,25 – 0,35	0,5 – 0,6	0,9
15 – 20	0,34 – 0,43	0,6 – 0,7	1,0
20 – 25	0,39 – 0,47	0,7 – 0,9	1,1

Таблица 3.19

Рекомендуемые диаметры сверл, зенкеров и разверток для обработки отверстий 6-го и 7-го квалитетов точности

Диаметры, мм						
Обрабатываемого отверстия	Сверла	Зенкеров для отверстий квалитетов точности		Разверток для отверстий квалитетов точности		
		Н7	Н6	Н7	Н6	
					черновая	чистовая
10	9,8	-	-	10Н7	9,96	10Н6
12	11	11,9	11,79	12Н7	11,95	12Н6
14	13	13,9	13,79	14Н7	13,95	14Н6
16	15	15,9	15,79	16Н7	15,95	16Н6
18	17	17,9	17,79	18Н7	17,94	18Н6
20	18	19,88	19,755	20Н7	19,94	20Н6
22	20	21,88	21,755	22Н7	21,94	22Н6
24	22	23,88	23,755	24Н7	23,94	24Н6

Кроме эмпирического метода расчета скорости резания часто применяют табличный метод расчета (табл. 3.20).

При последующей обработке отверстий скорость резания можно определить по скорости резания для сверления соответствующего отверстия:

при зенкеровании $V_3 = 0,7 \cdot V_{св}$;

при развертывании $V_p = 0,3 \cdot V_{св}$.

Таблица 3.20

Скорость резания при обработке отверстий инструментами
из быстрорежущей стали с охлаждением

Подача, мм/об.	Диаметр инструмента, мм	Скорость резания V , м/мин		
		Сверление	Зенкерование	Развертывание
0,16 – 0,28	10	18 – 50	34	16
0,16 – 0,43	20	20 – 55	14 – 40	8 – 16
Св. 0,55	30	24 – 55	14 – 40	7 – 14

1.1) Скорость подачи при этом $S_{B3} = S_{BP} = 3S_{Bсв}$, при нарезании резьб скорость резания $V = 0,2 \cdot V_{св}$, а скорость подачи определяется шагом резьбы.

1.2) Производительность операций характеризуют величиной $T_{шт-к}$, т.е. временем на обработку единицы продукции, например отверстия. В свою очередь, $T_{шт-к} \approx 2T_o$, где T_o – основное время (или машинное):

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S_B}, \text{ мин,}$$

где L_o – длина обработки, мм (в нашей работе с ошибкой в 5% $L_o = D_{отв}$);

S – подача, мм/об.;

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \frac{1}{об.}$$

1.3) Экономичность операций можно оценить через цеховую или технологическую себестоимость C_m :

$$C_m = A \cdot T_{шт-к},$$

где A – стоимость 1 мин работы станка, грн./мин;

$T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время, мин.

Как показано выше, достижение более высокой точности отверстия – это выполнение дополнительных этапов обработки и, соответственно, увеличение времени обработки, а так как скорость резания и, соответственно, частота вра-

щения n последующих этапов ниже, чем первого, то время обработки будет зависеть не только от числа этапов, но и от режимов на этих этапах.

3.6.2. Порядок выполнения работы

1) Каждый студент (бригада) получает у преподавателя задание (табл. 3.21, рис. 3.7) и настроенный станок (рис. 3.8).

Таблица 3.21

Варианты заданий

№ задания	Размеры детали, мм			
	L	l	d	$D_{\text{дет}}$
1	60	30	12H7	30
2	60	30	16H8	30
3	60	30	12H9	25
4	60	30	18H10	25
5	60	30	20H7	30

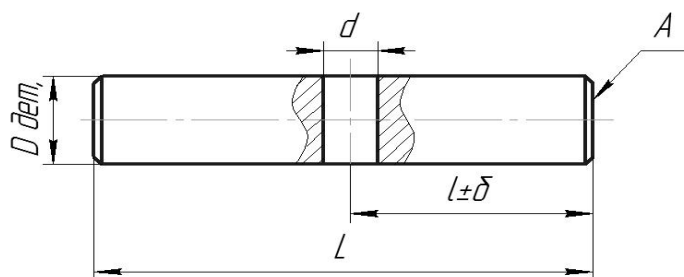


Рис. 3.7 – Ось с отверстием (Сталь 45)

2) Оборудование, инструмент, материалы, шт.

Станок сверлильный 2М125 1 шт.

Спецприспособление 1 шт.

Набор сверл, зенкеров, разверток,
метчиков для обработки отверстий 6 шт.

Штангенциркуль 1 шт.

3) Необходимо изучить конструкцию сверлильного станка и применяемого инструмента, особенности обработки на сверлильных станках и виды выполняемых работ.

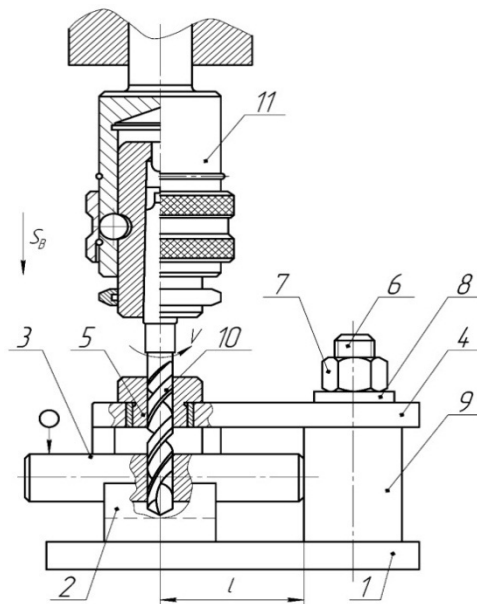


Рис. 3.8 – Схема операции: 1 – плита прямоугольная; 2 – призма; 3 – заготовка; 4 – планка; 5 – быстросменная кондукторская втулка; 6 – болт; 7 – гайка; 8 – шайба; 9 – стойка; 10 – сверло; 11 – патрон.

4) Для заданного размера отверстия и его точности необходимо назначить количество переходов, исходя из точности: Н12 – сверление; Н10 – сверление и зенкерование; Н9 – сверление и зенкерование черновое и чистовое; Н8 – сверление, зенкерование черновое и чистовое развертывание; Н7 – к предшествующему необходимо добавить еще одно развертывание, т.е. Н12 – 1 переход; Н10 – 2; Н9 – 3; Н8 – 4 и Н7 – 5.

4.1) Для каждого перехода необходимо определить элементы режима резания. Зная скорость резания, определить расчетную частоту вращения, мин^{-1} , шпинделя станка:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_u},$$

где V – скорость резания, м/мин;

D_u – диаметр инструмента, мм (см. табл. 3.19).

По паспорту станка определить фактическую частоту вращения ($n_{\phi} \leq n$) и настроить станок на заданный режим обработки.

4.2) Обработать заданное отверстие и измерить его фактический диаметр.

5) Определить производительность обработки на каждом из переходов:

$$T_0 = \frac{L_0}{n \cdot S_B} = \frac{D_{дет}}{n \cdot S_B}, \text{ мин};$$

$$T_{шт-к} = 2 \cdot T_0, \text{ мин.}$$

6) Определить себестоимость выполнения каждого перехода $C_m = A \cdot T_{шт-к}$. Для сверлильного станка $A = 2$ грн/мин.

7) Определить долю (в %) каждого из этапов в производительности и себестоимости, например:

$$K_{св} = \frac{T_{шт-к.сверл}}{\sum T_i} \quad \text{или} \quad q_{св} = \frac{C_{т.сверл}}{\sum C_{т_i}},$$

8) На примере задания №1 ниже произведен цифровой расчет показателей

$$d = 12H7; \quad D_{дет} = 30 \text{ мм.}$$

8.1) Количество переходов равно 5: сверление $\varnothing 11$ мм; зенкерование $\varnothing 11,79$ мм и $11,91$ мм, развертывание $\varnothing 11,95$ мм и $12H7$ (см. табл. 3.19).

8.2) Подача S_B :

при сверлении $\varnothing 11 - S_{Bсв} = 0,3$ мм/об.;

при зенкеровании $- S_{Bзен1} = 0,6$ и $S_{Bзен2} = 0,5$ мм/об.;

при развертывании $- S_{Bразв1} = S_{Bразв2} = 0,9$ мм/об. (см. табл. 3.18).

8.3) Скорость резания V :

при сверлении $- V_{св} = 35$ м/мин;

при зенкеровании $- V_{зенк1} = V_{зенк2} = 27$ м/мин;

при развертывании $- V_{разв1} = V_{разв2} = 10$ м/мин (см. табл. 3.20).

8.4) Частота вращения шпинделя равна:

$$\eta_{св} = \frac{1000V_{св}}{\pi d_{св}} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 11} = 1013,3 \text{ мин}^{-1};$$

$$\eta_{зенк} = \frac{1000V_{зенк}}{\pi d_{зенк}} = \frac{1000 \cdot 27}{3,14 \cdot 11,9} = 722,6 \text{ мин}^{-1};$$

$$\eta_{разв} = \frac{1000V_{разв}}{\pi d_{разв}} = \frac{1000 \cdot 10}{3,14 \cdot 12} = 365,4 \text{ мин}^{-1};$$

По паспорту станка следует принять:

$$\eta_{св} = 1000 \text{ мин}^{-1}; \quad \eta_{зєнк} = 630 \text{ мин}^{-1}; \quad \eta_{разв} = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

8.5) Производительность обработки по переходам определяется:

$$T_{о.св} = \frac{D_{дет}}{\eta_{ф.св} \cdot S_{в.св}} = \frac{30}{1000 \cdot 0,3} = 0,1 \text{ мин};$$

$$T_{о.зєнк1} = \frac{D_{дет}}{\eta_{ф.зєнк} \cdot S_{в.зєнк1}} = \frac{30}{750 \cdot 0,6} = 0,067 \text{ мин};$$

$$T_{о.зєнк2} = \frac{30}{750 \cdot 0,5} = 0,08 \text{ мин};$$

$$T_{о.разв1} = T_{о.разв2} = \frac{D_{дет}}{\eta_{ф.разв} \cdot S_{в.разв}} = \frac{30}{250 \cdot 0,9} = 0,133 \text{ мин}.$$

Отсюда $T_{шт-к} = 2 \cdot T_o$, тогда:

$$T_{шт-к} = 0,2 \text{ мин}; \quad T_{шт-к.зєнк1} = 0,134 \text{ мин}; \quad T_{шт-к.зєнк2} = 0,16 \text{ мин};$$

$$T_{шт-к.разв} = 0,266 \text{ мин};$$

$$\sum T_{шт-к} = 0,2 + 0,134 + 0,16 + 0,266 + 0,266 = 1,026 \text{ мин}.$$

8.6) Доля каждого перехода B_o времени операции определяется:

$$K_{св} = \frac{0,2}{1,026} = 0,195 = 19,5 \%;$$

$$K_{зєнк1} = \frac{0,134}{1,026} = 0,13 = 13 \%;$$

$$K_{зєнк2} = \frac{0,16}{1,026} = 0,156 = 15,6\%;$$

$$K_{разв} = \frac{0,532}{1,026} = 0,52 = 52 \%.$$

8.7) Себестоимость переходов и операции определяется:

$$C_{т.св} = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ грн};$$

$$C_{т.зєнк1} = 2 \cdot 0,134 = 0,268 \text{ грн};$$

$$C_{т.зєнк2} = 2 \cdot 0,16 = 0,32 \text{ грн};$$

$$C_{т.разв} = 2 \cdot 0,266 = 0,532 \text{ грн};$$

$$\sum C_m = 0,4 + 0,268 + 0,32 + 0,532 + 0,532 = 2,05 \text{ грн.}$$

8.8) Доля каждого перехода в стоимости операции: 19,5; 13; 15,5 и 52 %.

9) Необходимо оценить влияние точности на показатели операции: грубая точность – около 20 %, средняя точность – около 48 %, высокая точность – 100 %.

3.6.3. Оформление отчета

1) Схема операции с эскизом детали.

2) Показатели V ; S_B ; $T_{шт-к}$ и C_m .

3) Выводы.

3.6.4. Литература [1; 4; 8]

3.6.5. Вопросы для самоконтроля

1) Какая скорость резания (м/мин) рациональна при сверлении отверстия Ø10 мм:

- 5;
- 10;
- 40;
- 75;
- 100.

2) Какая подача (мм/об) рациональна при сверлении отверстия диаметром 10 мм сверлом из Р6М5:

- 0,1;
- 0,15;
- 0,2;
- 0,3;
- 0,5.

3) Если необходимо обработать отверстия диаметром 35H7 на ВСС, то какие переходы следует осуществить:

- сверление;
- рассверливание;

- зенкерование;
- развертывание черновое;
- развертывание чистовое.

3.7. Определение режимов резания при механической обработке

Цель – ознакомить студентов со структурой набора «режимы резания» при фрезеровании и точении и научить устанавливать рациональные значения.

3.7.1. Общие сведения

Для определения режимов резания при обработке со снятием стружки существует два метода: аналитический и табличный (по справочникам).

В данной работе рассмотрен аналитический метод, как наиболее объективный и точный.

В понятие набора «режимы резания со снятием стружки» обычно входят:

t – глубина резания, мм;

S – подача на оборот (мм/об.), минутная (мм/мин), на зуб (мм/зуб);

V – скорость резания, м/с (м/мин);

V_g – скорость перемещения детали, м/мин;

n – частота вращения, об./мин;

T_m – период стойкости инструмента, мин;

P_z – сила резания, Н;

N – мощность резания, кВт;

η_s – коэффициент использования;

T_o – основное (машинное) время, мин.

При известных условиях процесса резания (материал детали, твердость детали, объем выпуска или серийность производства, заготовка, метод обработки, тип станка и приспособления) порядок расчета параметров режима резания следующий:

1) При известных физико-механических свойствах материала детали, методе получения и геометрических параметрах заготовки, выбранном методе

работы, устанавливают характеристику инструмента: материал режущей части, геометрию, размеры полученных сечений режущей части и державки, способ затачивания лезвий и характер работы – плавный или с ударами.

2) Устанавливают период стойкости инструмента T_m (в мин) и способ восстановления для перетачиваемых лезвий.

3) Устанавливают глубину резания t (мм). При черновой обработке стремятся к тому, чтобы $t=z$, т.е. глубина резания была равна величине припуска. Если прочность инструмента не допускает такого, то глубина резания t равна части z , например, при шлифовании $t \leq 0,03$ мм.

При чистовой обработке t назначают в зависимости от точности (усилия резания P_y) или шероховатости поверхности после обработки.

4) Находят величину подачи S . При черновой обработке, исходя из жесткости и прочности системы станка и прочности режущего лезвия инструмента, $S = S_{max}$. При чистовой обработке подачу S выбирают в зависимости от шероховатости поверхности (например, при точении $R_z = S^2/8r$ или $S = \sqrt{8r \cdot P_z}$, где r – радиус округления режущей кромки). Величину подачи корректируют по параметрам станка, при этом выбирают минимальную в диапазоне.

5) Находят скорость резания V , м/мин (м/с):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.7)$$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (3.8)$$

где C_v – поправочный коэффициент;

T – период стойкости инструмента, мин;

t – глубина резания, мм;

S – подача обратная, мм/об.;

K_v – поправочный коэффициент, состоящий из $K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$;

K_{mv} – коэффициент качества обрабатываемого материала [11, табл. 1–4];

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{mv} = K_m \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{nv}$
Серый чугун	$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nv}$
Ковкий чугун	$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{nv}$

5.1) σ_s, HB – фактические параметры материала обработки.

5.2) K_m, n_v – показатели обрабатываемости и степень [11, с. 262, табл. 2];

K_{mv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки [11, с. 263, табл. 5];

K_{uv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента [11, с. 263, табл. 6].

6) Определяют частоту вращения шпинделя или детали:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об./мин.} \quad (3.9)$$

где D – диаметр детали или инструмента, мм.

Величину n корректируют по данным станка (для ступенчатых коробок скоростей) и выбирают оптимальную (наименьшую) – n_ϕ .

7) Определяют фактическую скорость резания V_ϕ :

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (3.10)$$

8) Определяют по известным значениям режима резания t, S, V_ϕ силу резания $P_z, Н$. Обычно $P_z = C_{Pz} \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_\phi^n \cdot K_{Pz}$, где K_{Pz} – общий поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий резания по сравнению с табличными [11, с. 264, табл. 9,10].

9) По известным значениям P_z и V_ϕ находят мощность резания $N, кВт$:

$$N = \frac{P_Z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт.} \quad (3.11)$$

При одновременной работе нескольких инструментов мощность определяют как суммарную мощность отдельных инструментов.

10) Находят эффективную мощность N_ε , исходя из параметров привода станка N_{CT} и к.п.д. η_ε :

$$N_\varepsilon = N_{CT} \cdot \eta_\varepsilon, \text{ кВт.} \quad (3.12)$$

Величины N и N_ε сопоставляют, если $N > N_\varepsilon$, то уменьшают V_ϕ до такой величины, чтобы $N = N_\varepsilon$.

11) Находят T_o , мин:

$$T_o = \frac{l_o}{n \cdot S} \cdot \frac{Z}{t}, \text{ мин,}$$

где $l_o = l_1 + l_2 + l_3$, мм;

l_1, l_2, l_3 – длины детали (поверхности), врезания и перебега, мм;

Величины l_2 и l_3 приведены в табл. 3.22.

3.7.2. Порядок выполнения работы

В данной работе рассмотрены вопросы выбора и расчета режимов резания для двух типовых операций: токарно-копировальной на станке 17М22 и вертикально-фрезерной на станке 6Р12.

3.7.2.1. Режимы резания при токарной обработке.

1) На примере «Обрабатываем вал на ТКС 17М22 из заготовки – порезки из проката», рассмотрен ход расчета режимов резания.

Объемы – вал $d_1 \times d_2 \times d_3 \times l_d$: $\text{Ø}34/42/48\text{h}12$; $L=400$ мм из стали 5 ($\sigma_s < 630$ МПа), твердость HB 160. Шероховатость поверхности $R_a = 5$ мкм, тип производства – серийный, $N = 2000$ шт./год.

Заготовка – порезка из проката круглого горячекатаного, нормальной точности, $\text{Ø}52$ мм ГОСТ 2590-89; $\text{Ø}52_{-0,4}^{+0,4}$, масса $M_3 = 16,67$ кг. Метод обработки – точение на ТКС однократное: $\text{h}12$ и $R_a = 5$ мкм [5, табл. 6].

Суммарные величины врезания l_1 и перебега l_2
при фрезеровании торцовыми фрезами

Ширина фрезерования b , мм	l_1+l_2 в мм. для фрезы диаметром D в мм.																
	до 20	32	40	50	80	100	120	160	180	200	220	260	280	300	320	360	400
16	6	5	5	5	5												
20		7	6	6	5	5	5										
25		10	7	7	6	6	6	5	5								
32			10	9	7	7	7	6	6	6							
40				11	10	9	8	8	7	7							
60					20	11	12	12	10	10	9	9					
80						24	20	17	16	14	13	12	11	11			
100						54	30	26	21	18	17	16	15	15	14	13	12
120							49	33	29	25	22	20	19	18	17	16	13
140								71	49	31	30	27	24	24	22	21	19
160									54	45	39	31	31	29	27	25	22
180										61	50	43	39	36	33	31	27
200											105	60	55	48	44	40	33
220												92	71	60	54	48	39
240													95	75	66	58	46
260														97	81	77	54
280															105	85	62
300																156	73
320																	138
340																	100

Станок: гидрокопировальный 17М22, обработка детали ведется в центрах в самозажимном поводковом патроне:

$$n_{\text{мин}} = 50 \div 630 \text{ об./мин};$$

$$S_{\text{пр}} = 1 \div 1200 \text{ мм/мин};$$

$$N_{\text{ДР}} = 30 \text{ кВт};$$

$$\eta_3 = 0,85.$$

Выбирается режущий инструмент – резец проходной упорный $B \times H = 40 \times 60$ мм, $L = 200$ мм с пластиной Т15К6 с геометрией: $\gamma = 15^0$; $\alpha = 12^0$; $\varphi = 60^0$; $\varphi_1 = 20^0$; радиус $r = 2$ мм. Мерительный инструмент – скоба ПР-НЕ на каждый размер. Стойкость резца T_m [11, с. 213, табл. 20] при сечении 25×40 мм у державки резца 40 – 75 мин. Следует принять $T_m = 75$ мин.

2) Выбирается глубина резания $t=z$, однако поскольку припуск по ступеням не равномерен, то

$$z_1 = \frac{d_3 - d_1}{2} = \frac{52 - 34}{2} = 9 \text{ мм};$$

$$z_2 = \frac{d_3 - d_2}{2} = \frac{52 - 42}{2} = 5 \text{ мм};$$

$$z_3 = \frac{d_3 - d_3}{2} = \frac{52 - 48}{2} = 2 \text{ мм}.$$

Принимается, что обработка производится в один проход, т.е. $t_1 = 9$ мм, $t_2 = 5$ мм и $t_3 = 2$ мм.

3) Выбирается подача [11, Т. 2, с. 210, табл. 15] $S = 0,3 - 0,5$ мм/об при $t = 8$ мм и $d = 50$ мм, т.к. $t = 9$ мм, то следует принять меньшую величину $S = 0,35$ мм/об.

4) Скорость резания V [11, Т. 2, с. 213, табл. 21]:

$$V = \frac{C_v(K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9)}{T_M \cdot t^x \cdot S^y \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n}. \quad (3.13)$$

Поправочный коэффициент $C_v = 294$ [11, Т. 2, с. 214, табл. 23] при работе резцом Т15К6 с подачей $S = 0,3 \div 0,75$ мм/об. по стали;

$$m = 0,125 \text{ [11, Т. 2, с. 214, табл. 22];}$$

$$x = 0,18 \text{ [11, Т. 2, с. 214, табл. 23];}$$

$$y = 0,35 \text{ [11, Т. 2, с. 214, табл. 23];}$$

$$n = 1,75 \text{ [11, Т. 2, с. 213, табл. 21].}$$

$$K_1 - \text{учитывает влияние угла } \varphi : K_1 = \left(\frac{45}{\varphi}\right)^{0,3} = \left(\frac{45}{60}\right)^{0,3} = 0,812;$$

K_2 – учитывает влияние поперечных размеров резца

$$b \times h = K_2 = \left(\frac{q}{20 \cdot 30}\right)^{0,08} = \left(\frac{20 \cdot 40}{20 \cdot 30}\right)^{0,08} = 1,08;$$

$$K_3 - \text{учитывает влияние } \varphi_1 = K_3 = \left(\frac{16}{\varphi_1}\right)^{0,09} = \left(\frac{16}{20}\right)^{0,09} = 0,907;$$

$$K_4 - \text{учитывает влияние радиуса резца при вершине } r: K_4 = \left(\frac{r}{2}\right)^{0,1} = 1;$$

K_5 – учитывает влияние материала резца: для Т15К6 $K_5 = 1$;

K_6 – учитывает материал детали: для углеродистой стали с $C < 0,6\%$ $K_6=1$;

K_7 – учитывает способ получения заготовки: $K_7=1$ для горячекатаного проката;

K_8 – учитывает состояние поверхности заготовки: $K_8=1$ для стальных заготовок с окалиной;

K_9 – учитывает влияние формы передней грани резца: для плоской формы $K_9=1,2$.

Скорость резания:

$$V = \frac{294 \cdot 1,08 \cdot 0,812 \cdot 0,907 \cdot 1,2}{75^{0,125} \cdot 9^{0,18} \cdot 0,35^{0,35} \cdot \left(\frac{160}{200}\right)^{1,75}} = 212 \text{ м/мин.}$$

5) Частота вращения детали n :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = 1300 \text{ мм/об.},$$

где $n_\phi = 1140$ об/мин.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 1140}{1000} = 186 \text{ м/мин.}$$

6) Сила резания:

$$P_Z = C_{P_Z} \cdot t^{x_1} \cdot S^{y_1} \cdot H^{n_1} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

где $C_{P_Z} = 27,9$ [11, Т. 2, с. 217, табл. 27];

$x_1=1$ [11, Т. 2, с. 217, табл. 27];

$y_1=0,75$ [11, Т. 2, с. 217, табл. 27];

$n_1=0,35$;

K_1 – учитывает свойства обрабатываемой детали: для горячекатаной стали $K_1=1,0$;

K_2 – учитывает влияние угла φ : $K_2=1,08$ для $\varphi=90^\circ$;

K_3 – учитывает влияние радиуса r : $K_3 = \left(\frac{r}{2}\right)^{0,1} = \left(\frac{2}{2}\right)^{0,1} = 1$;

K_4 – учитывает влияние угла γ [11, Т. 2, с. 218, табл. 30], $K_4=0,9$;

K_5 – учитывает влияние износа резца [11, Т. 2, с. 218, табл. 31]: $K_5=1,0$;

$$P_z = 27,9 \cdot 9 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 160^{0,75} \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 780 \text{ Н.}$$

7) Мощность резания N :

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102} = \frac{780 \cdot 186}{60 \cdot 102} = 23,3 \text{ кВт.}$$

8) Мощность эффективная на приводе станка $N_э$:

$$N_э = N_{KP} \cdot \eta_э = 30 \cdot 0,85 = 25,5 \text{ кВт.}$$

т.е. по мощности $N < N_э = 23,3 < 25,5$.

Коэффициент использования мощности $K_э$:

$$K_э = \frac{N}{N_э} \cdot 100\% = \frac{23,3}{25,5} \cdot 100 \cong 91,4 \text{ \%}$$

9) Определяется T_o :

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} \cdot \frac{Z}{t} = \frac{400 + 5}{1140 \cdot 0,35} \cdot 1 \cong 1,02 \text{ мин.}$$

3.7.2.2. Режимы резания при фрезеровании плоскостей

На примере «обрабатываем плоскую поверхность основания в заготовке-поковке на вертикально-фрезерном станке 6Р12» рассмотрен ход расчета режимов резания.

Объект – основание из стали 35ХМ ($\sigma_B = 780$ МПа) с размерами $500 \times 150 \times 40 \times h14$ мм. Обрабатывается плоскость 500×150 мм в заготовке – поковке на молотах с припуском $z = 1,5$ мм на сторону в размер $40h14$. Шероховатость поверхности $R_z = 16$ мкм. Твердость детали $HB 260$. Тип производства – серийный ($N = 3000$ шт./год). Масса детали – $24,3$ кг, масса заготовки – $29,8$ кг.

Метод обработки – однократное фрезерование торцовыми фрезами на вертикально-фрезерном станке 6Р12 с установкой основания в машинные тиски универсальные поворотные с ручным приводом.

Измерение производится штангенциркулем ШЦ-1 с $\ell = 150$ мм, цена деления $0,1$ мм. Станок 6Р12 имеет стол размерами 320×1250 мм; частота вращения шпинделя от $31,5$ до 1600 об./мин; продольная подача стола – 25 – 1250 мм/мин; мощность главного привода $N_{ПР} = 7,5$ кВт; $\eta_э = 0,75$.

1) Выбирается режущий инструмент – торцовая фреза со вставными призматическими ножами из сплава Т15К6 (группа Р, применение 10) – ГОСТ 3882-89. Диаметр фрезы $D_{\Phi P} = 1,6 \cdot B_{\Phi P} = 1,6 \cdot 150 = 240$ мм. Выбирается из ряда фрез $\varnothing 250$ мм. Число зубьев фрезы $z = 8$. Геометрия резцов: $\varphi = 60^0$; $\varphi_1 = 5^0$; $\alpha = 15^0$; $\gamma = -5^0$; $\lambda = 12^0$.

Период стойкости T_m для фрезы $\varnothing 250$ мм принимается равным 240 мин из расчета замены фрезы после рабочей смены.

Допустимый износ по задней поверхности зуба $h_3 = 1$ мм.

2) Глубина резания $t = z = 1,5$ мм.

3) Подача S по рекомендации для обеспечения $R_z = 16$ мкм; $S_z = 0,1 - 0,125$ мм/зуб. Так как снимается малый припуск, принимается $S_z = 0,125$ мм/зуб, отсюда $S = S_z \cdot z = 0,125 \cdot 8 = 1$ мм/об.

4) Скорость резания V при выполнении условия, что ширина заготовки $b = 150$ мм равна ширине фрезерования B , определится:

$$V = \frac{C_V \cdot D_{\Phi P}^q}{T_M \cdot t^{XV} \cdot S_Z^{YV} \cdot B^{UV} \cdot Z^{PV}} \cdot K_V, \quad (8=3.14)$$

Для стали 35ХМ с $\sigma_B = 750$ МПа значения входящих величин равны:

$$C_V = 332; \quad q_V = 0,2; \quad m = 0,2; \quad x_V = 0,1; \quad y_V = 0,4; \quad u_V = 0,2; \quad p_V = 0;$$

$$K_V = \frac{750}{\sigma_B} = \frac{750}{780} = 0,96; \quad V = \frac{332 \cdot 250^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,125^{0,4} \cdot 150^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,96 = 262 \text{ м/мин.}$$

$$5) \text{ Частота вращения шпинделя } n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\Phi P}} = \frac{1000 \cdot 262}{3,14 \cdot 250} = 334 \text{ об./мин.}$$

Станок реализует $n = 315$ об./мин, тогда $n_\phi = 315$ об/мин.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D_{\Phi P} \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 315}{1000} = 247 \text{ м/мин.}$$

6) Определяется минутная подача при фрезеровании:

$$S_{мин} = S_O \cdot n_\phi = 1 \cdot 315 = 315 \text{ мм/мин.}$$

Корректировать ее нет надобности, т.к. коробка подач станка реализует минутную подачу $S_{мин} = 315$ мм/мин.

7) Поскольку станок при глубине резания $t = 1,5$ мм явно недогружен, то значение P_z определять в нашем случае нет необходимости.

8) Определяется мощность резания N :

$$N = C_N \cdot 10^{-5} \cdot D_{\Phi P}^{QN} \cdot t^{XN} \cdot S^{YN} \cdot B^{UN} \cdot Z^{PN} \cdot n^{ZN} \cdot K_N$$

для следующих цифровых значений в формуле: $C_N = 42,4$; $q_N = -0,3$; $x_N = 1$; $y_N = 0,75$; $u_N = 1,1$; $p_N = 1,0$; $K_N = K_{MN} \cdot K_{\varphi N} \cdot K_{\gamma N}$;

$$K_{MN} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,3} = 1,02;$$

$$K_{\varphi N} = 1,0 \text{ (для } \varphi = 60^0 \text{)};$$

$$K_{\gamma N} = 0,95 \text{ (для } \gamma = -5^0 \text{)};$$

$$N = \frac{42,4 \cdot 10^{-5} \cdot 1,5 \cdot 0,125^{0,75} \cdot 150^{1,1} \cdot 8 \cdot 315^{0,8}}{250^{0,3}} \cdot 1,02 \cdot 0,95 = 4,7 \text{ кВт.}$$

9) Определяется $N_э$:

$$N_э = N_{IP} \cdot \eta_э = 7,5 \cdot 0,75 = 5,63 \text{ кВт.}$$

Так как $N < N_э$, т.е. $4,7 < 5,63$, то обработка на таком режиме возможна.

10) Определяется T_o :

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{S_{МИН}} = \frac{500 + 250 + 4}{315} = 2,38 \text{ мин,}$$

где $l_2 = 250$ мм для полустачного фрезерования, т.е. $L_2 = D_{фр} = 250$ мм, $l_3 = 3...5$ мм, принимается $l_3 = 4$ мм.

3.7.2.3. Каждый студент получает задание на проведение работы из табл. 3.23 и проводит расчет в соответствии с п.п. 3.7.2.1 и 3.7.2.2.

3.7.3. Отчет по работе

Студенты приводят расчеты режимов резания на точение и фрезерование: $t, S, V, P_z, N_э, T_o$, параметров инструментов.

3.7.4. Литература [11; 13]

3.7.5. Вопросы для самоконтроля:

1) Какой параметр режима влияет на величину T_o :

- число проходов;
- глубина резания;
- подача инструмента;
- припуск;
- частота вращения.

2) Если мощность по расчету оказалась больше установленной, то какой параметр уменьшают:

- скорость резания;
- подачу;
- глубину;
- припуск;
- число проходов.

3) Если подачу увеличивают, то производительность растет, а что в этом отрицательно:

- растет нагрузка;
- растет деформация;
- растет износ деталей приспособления;
- ухудшается шероховатость;
- растет мощность резания.

3.8. Определение нормы времени на операцию фрезерования

Цель работы: научить студента выбирать элементы нормы времени из справочно-технической литературы и вести расчеты штучного или штучно-калькуляционного времени.

3.8.1. Общие сведения

В серийном производстве норма времени $T_{шт-к}$ определяется:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n} \quad \text{или} \quad (3.15)$$

$$T_{шт-к} = T_o + T_e + T_{обсл} + T_{отд} + \frac{T_{н.з}}{n}, \quad (3.16)$$

где $T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

T_o – основное время (мин), которое определяют из выражения:

$$T_o = \frac{L_0}{n \cdot S} \cdot i = \frac{L_\partial + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot \frac{z}{t}, \quad (3.17)$$

$L_0, L_\partial, l_1, l_2$ – длины: обработки, детали, врезания и перебега, мм;

S – подача, мм/об.;

t – глубина резания, мм;

z – припуск, мм;

i – число проходов;

n – частота вращения (об./мин), эту величину находят: $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$;

V – скорость резания, м/мин;

D – диаметр детали (инструмента), мм.

T_e – вспомогательное время (мин), которое складывается из:

$$T_e = T_{B1} + T_{B2} + T_{B3}, \quad (3.18)$$

T_{B1} – время установки и снятия детали, мин;

T_{B2} – время, связанное с переходом (время на проход), мин;

T_{B3} – время на контрольные измерения, мин;

$T_{обсл}$ – время на организационное ($T_{орг}$) и техническое ($T_{тех}$) обслуживание рабочего места, мин;

$T_{отд}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, мин;

$T_{н.з}$ – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин;

n – размер партии деталей, шт.

Для упрощения расчетов в структуру нормы вводят так называемое оперативное время: $T_{оп} = T_o + T_e$, а $T_{обсл}$ и $T_{отд}$ задают в виде коэффициентов α и β в зависимости от $T_{оп}$. Эффективность работы рабочего-станочника часто оценивают путем определения коэффициента основного времени:

$$K_o = \frac{T_o}{T_{шт-к}}. \quad (3.19)$$

Опыт работы показывает, что чем больше этот коэффициент, тем эффективнее организован труд и выше его отдача. Для справки: K_o для универсальных станков с ручным управлением $K_o \approx 0,4 \dots 0,5$, для станков с ЧПУ $K_o \approx 0,8$, а для обрабатывающих центров $K_o \approx 0,95$.

Благодаря эффективным методам обработки, станкам и инструментам повышение производительности труда, т.е. уменьшение T_o возможно в очень ограниченных пределах (до 10 %), а главный источник повышения – это экономия $T_{г}$, $T_{орг}$, $T_{обс}$, $T_{отд}$, и $T_{п.-з}$, в основном это уменьшение $T_{г}$.

Известно, что фрезерование является высокопроизводительным методом обработки плоских и фасонных поверхностей на относительно простых в техническом плане станках относительно дешевыми лезвийными инструментами – фрезами различной конструкции и позволяет получить точность обработки по h8 – h9, а при особых приемах и по h7.

3.8.2. Задание по работе

Объект обработки: деталь – плита размерами $L \times L \times H$ (табл. 3.23).

Содержание операции: вертикально-фрезерная при обработке поверхности детали в размере H по 14 качеству и шероховатости поверхности $R_a = 5$ мкм.

В соответствии с рекомендациями (табл. 3.24), выбирается метод обработки плоскостей – это фрезерование торцовыми фрезами на вертикально-фрезерных станках с установкой детали в машинных тисках с ручным зажимом с проверкой детали шаблоном. Принимается партия деталей $n = 100$ шт. Годовая программа $N = 3000$ шт.

Содержание операции:

А. Установить плиту в тиски, закрепить (снять).

1. Фрезеровать поверхность в размер H-IT14.
2. Контроль детали.

Таблица 3.23

Варианты заданий

№ вар.	Точение					Фрезерование			
	Материал вала	Размеры, мм			N , шт./год	Материал основания	Припуск z , мм	$V_{дет}$, мм	N , шт./год
1	Сталь 45	Ø50	Ø45	Ø40	1000	СЧ15	1,5	150	1000
2	Сталь 45	Ø50	Ø40	Ø36	2000	СЧ15	2,0	150	2000
3	Сталь 35ХМ	Ø50	Ø40	Ø36	2000	Сталь 40Х	3,5	140	3000
4	Сталь 35ХМ	Ø50	Ø40	Ø36	5000	Сталь 40Х	5,0	140	4000
5	Сталь 3	Ø50	Ø48	Ø45	2000	Сталь 35	5,0	140	5000
6	Сталь 3	Ø50	Ø45	Ø40	1000	Сталь 45	3,0	150	10000

Таблица 3.24

Варианты заданий

№ вар.	Размеры детали, мм			Масса детали, кг	Материал детали	Режимы обработки			
	H	L_1	L_2			n , 1/мин	S , мм/об.	z , мм	t , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	40	100	125	3,9	Сталь	530	0,09–0,018	3,6	1,8
2	60	120	200	11,2	Чугун	500	0,14–0,2	3,6	1,2
3	70	130	300	7,6	Ал 2	1600	0,3–0,5	4,2	1,4
4	80	280	100	24,5	Латунь	2000	0,3–0,5	4,4	2,2
5	80	140	55	4,8	Чугун	500	0,14–0,2	5	2,5
6	100	75	70	4,1	Сталь	530	0,09–0,18	6	3

В табл. 3.23 приведены варианты заданий студентам режимов резания для соответствующих объектов. Студент по номеру задания (размеры и масса объекта и его материал) находит значения: n , об/мин; S , мм/об.; z , мм и t , мм.

В табл. 3.25 – 3.31 приведены выборки из справочной литературы по нормативам времени.

На примере перехода №1 рассмотрена далее вся процедура определения элементов нормы времени при условии $L_1 = 100$ мм.

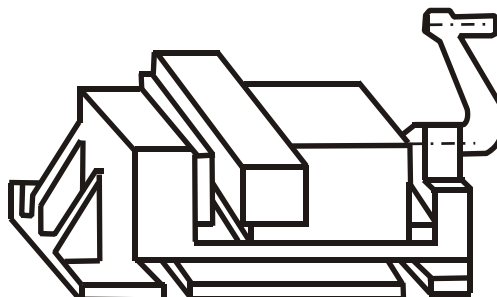
Таблица 3.25

Суммарная величина врезания l_1 и перебега l_2
при фрезеровании (в мм)

Глубина резания	Диаметр фрезы D									
	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,5	7	8	9	10	11	13	15	16	18	20
2	9	11	12	14	15	17	19	21	24	26
3	11	13	14	16	18	20	22	25	27	31
4	12	14	16	18	20	23	26	29	32	35
5	13	15	17	20	22	25	28	31	35	39
6	14	16	18	21	24	27	30	34	38	42
7	15	17	19	22	25	29	32	36	40	45
8	15	18	20	24	27	30	34	38	43	48
9	16	19	21	25	28	32	35	40	46	51
10	16	19	22	26	29	33	38	42	48	53
12		20	23	27	31	25	40	46	52	58
14			24	29	33	38	43	49	55	62
16			25	30	35	40	45	52	58	65
18				31	36	42	47	54	61	69
20				32	38	43	50	57	64	72
22				33	39	44	51	59	67	75
25					40	46	54	62	70	78
28					41	48	56	65	74	83
30						49	57	66	76	85
35						51	60	70	80	91
40							62	73	84	96

Таблица 3.26

Вспомогательное время на установку
и снятие детали (установках в тисках)



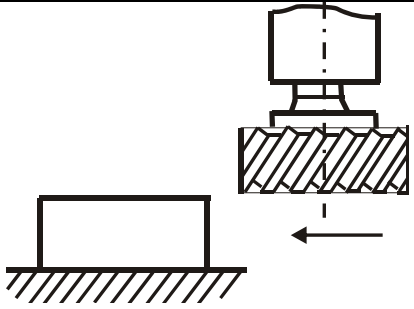
№ п/п	Способ установ- ки детали	Состояние установочной поверхности	Характер выверки	Кол-во одно- временно устанавли- ваемых дета- лей	Вес детали в кг до				
					5	8	12	20	30
					Время в мин (на комплект устанавливаемых деталей)				
1	В тисках с винто- вым за- жимом	Обработанная (или необра- ботанная из проката)	Без выверки	1	0,32	0,36	0,41	0,46	0,55
2				0,46	0,55	-	-	-	
3				0,60	-	-	-	-	
4				0,75	-	-	-	-	
5				-	-	-	-	-	
6		Необработан- ная (отливка)	С выверкой	1	0,37	0,41	0,46	0,50	0,60
7				1	0,95	1,05	1,25	1,5	1,7
8	В тисках с пнев- матиче- ским за- жимом	Обработанная (или необра- ботанная из проката)	Без выверки	1	0,22	0,26	0,31	0,37	0,46
9				0,36	0,45	-	-	-	
10				0,50	-	-	-	-	
11				0,65	-	-	-	-	
12				-	-	-	-	-	
13		Необработан- ная (отливка)	С выверкой	1	0,27	0,31	0,36	0,42	0,50
14				1	0,85	0,95	1,15	1,4	1,6

Примечание:

1. При переустановке детали время по таблице применять с коэффициентом 0,8.
2. При установке деталей из легких сплавов время по таблице применять с коэффициентом 1,1.

Таблица 3.27

Время на проход

№ поз.	Фрезерование плоскостей		Группа станков – II Длина стола – 250 мм	
	1		Фрезой, установленной на размер	
С установкой фрезы			По лимбу	0,30
			По разметке	0,60
			По шаблону приспособления	0,38
Время на приемы, связанные с переходом, не вошедшие в комплексы				
2	Поставить и снять щиток ограждения от стружки	Шарнирный	0,06	
3		Съемный	0,18	
4	Переместить стол в продольном направлении на длину свыше 200 мм при длине перемещения в мм до	300	0,04	
5		500	0,09	
6		750	0,20	
7		1000	-	
8		1500	-	

Примечание: 1. При выполнении работы с установкой фрезы в 2-х направлениях к табличному времени следует добавлять 0,10 мм.

Таблица 3.28

Время на контрольные измерения



№ поз.	Измерительный инструмент	Точность измерения	Измерительный размер в мм до			
			100	300	500	1000
			Время в мин			
1	2	3	4			
1	Шаблон или скоба линейная односторонняя	0,2...0,5 мм	0,07	0,09	0,11	0,13
2		< 0,2 мм	0,10	0,13	0,16	0,20
3	Шаблон линейный двухсторонний	0,2...0,5 мм	0,09	0,11	0,14	0,16
4		< 0,2 мм	0,12	0,16	0,20	0,25

Таблица 3.29

Время обслуживания

Параметры	Группа станков			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Длина стола в мм до	750	1250	1800	2500
Процент от оперативного времени	3,0	3,5	4,0	4,5

Таблица 3.30

Время на отдых и естественные надобности

Характер подачи	Вес детали, кг до	Машинно-ручное время, мин	Оперативное время операции, мин до			
			0,1	0,2	0,5	1,0 и выше
1	2	3	4	5	6	7
Ручная	1	20		6	5	4
		40	7	6	6	5
		80		7	7	7
	5	20			6	5
		40	-	7	6	6
		80			7	8
	10	20			7	5
		40	-	-	7	6
		80			8	8
	20 и выше	20				7
		40	-	-	8	8
		80				9
Механическая	-	-	4	4	4	4

Время подготовительно-заключительное

Способ установки детали		Количество установленных фрез	Группа станков			
			I	II	III	IV
			Длина стола в мм до			
			750	1250	1500	2500
			Время в мин			
1	2	3				
В универсальном приспособлении (патрон, патрон с центром, центра, болты с планками, тиски)	Без делительной головки	–	10	11	12	13
		1 – 2	14	16	18	20
		Св. 2	16	19	22	24
	С делительной головкой	–	16	17	20	21
		1 – 2	20	22	26	28
		Св. 2	22	25	30	32
В специальном приспособлении при установке приспособления	Вручную	–	13	16	19	21
		1 – 2	17	21	25	28
		Св. 2	19	24	28	32
	Краном	–	15	18	21	24
		1 – 2	19	23	27	31
		Св. 2	21	26	30	35
В универсальном или специальном приспособлении при групповой обработке деталей (частичная наладка станка без смены зажимного приспособления)	–	5	8	9	10	
	1 – 2	10	11	13	14	
	Св. 2	12	13	16	17	

3.8.3. Порядок выполнения работы

3.8.3.1. Каждый студент получает у преподавателя задание (табл. 3.24) по обработке плоской детали – плиты – на вертикально-фрезерном станке 6P12 фрезой торцовой с установкой детали в тиски машинные с ручным зажимом с контролем скобой. Партия деталей $n = 100$ шт.

Порядок расчета следующий:

- 1) Находится L_o , пользуясь данными табл. 3.25;
- 2) Определяется T_o для заданного варианта режима резания;

- 3) Определяется $T_{\text{в}}$, используя данные табл. 3.26 – 3.28;
- 4) Находится $T_{\text{обс}}$, $T_{\text{отд}}$, (табл. 3.29 и 3.30);
- 5) Находится $T_{\text{н.з}}$ на партию (табл. 3.31) и на одну деталь;
- 6) Определяется $T_{\text{он}}$;
- 7) Находится $T_{\text{шт}}$;
- 8) Находится $T_{\text{шт-к}}$;
- 9) Производится расчет K_o .

На примере задания №1 выполнен цифровой расчет для детали $L_1 \cdot L_2 \cdot H = 100 \cdot 125 \cdot 40$ мм из стали массой 3,9 кг на режиме резания: $n = 530 \text{ мин}^{-1}$; $S = 0,12 \text{ мм/об.}$; $z = 3,6 \text{ мм}$; $t = 1,8 \text{ мм}$.

Размер фрезы $D_{\text{фр}}$ выбирается из соотношения $D_{\text{фр}} = 1,6 \cdot B_{\text{фр}}$, где $B_{\text{фр}}$ – ширина обработки (в нашем случае $B_{\text{фр}} = L_1 = 100 \text{ мм}$) и тогда

$$D_{\text{фр}} = 1,6 \cdot 100 = 160 \text{ мм.}$$

10) Пример расчета:

$$L_o = l_g + l_1 + l_2 = 100 + 19 = 119 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S} \cdot \frac{z}{t} = \frac{163}{530 \cdot 0,12} \cdot \frac{3,6}{1,8} = 3,742 \text{ мин} \approx 3,74 \text{ мин};$$

$$T_{\text{в}} = T_y + T_n + T_{\text{н}} = 0,32 + 0,18 + 0,09 = 0,59 \text{ мин};$$

$$T_{\text{он}} = T_o + T_{\text{в}} = 3,74 + 0,59 \approx 4,33 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обс}} = 3,5\% \cdot T_{\text{он}} \text{ для станков II группы};$$

$$T_{\text{отд}} = 5\% \cdot T_{\text{он}};$$

$T_{\text{н-з}} = 16 \text{ мин}$ для станков II группы при установке в тиски без делительной головки при 1 – 2 фрезах;

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{в}} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{отд}} = T_{\text{он}} \cdot (1 + 0,035 + 0,05) = 4,33 \cdot 1,085 = 4,7 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{н-з}}}{n} = 4,7 + \frac{16}{100} = 4,86 \text{ мин};$$

$$K_o = \frac{T_o}{T_{\text{шт-к}}} = \frac{3,74}{4,86} = 0,77.$$

В сравнении со справочными данными $K_o = 0,77$ больше величины K_o для универсальных станков.

3.8.4. Содержание отчета

Студент приводит в протоколе схему операции фрезерования и данные расчетов в соответствии с заданием: T_o ; T_v ; $T_{шт}$; $T_{шт-к}$ и K_o .

По итогам работы студент делает вывод об эффективности или неэффективности варианта выполняемой работы.

3.8.5. Литература [5; 11; 13]

3.8.6. Вопросы для самоконтроля

1) Какой параметр режима резания влияет на величину T_o :

- число проходов;
- глубина резания;
- подача инструмента;
- припуск;
- частота вращения.

2) Если мощность по расчету оказалась больше установленной, то какой параметр уменьшают:

- скорость резания;
- подачу;
- глубину;
- припуск;
- число проходов.

3) Если подачу увеличивают, то производительность растет, а что в этом отрицательного:

- растет нагрузка;
- растет деформация;
- растет износ элементов;
- ухудшается шероховатость;
- растет мощность резания.

3.9. Экономический анализ варианта технологического процесса (операции, метода обработки)

Цель – научить студента методике определения эффективности принимаемого технологом решения на примере сравнения операции чистового точения и шлифования тел вращения.

3.9.1. Общие сведения

Оценка технико-экономической эффективности технологического процесса, метода обработки или отдельной операции в сравнении с другим вариантом (прототипом) ведется путем сопоставления полной себестоимости C_n или неполной, т.е. цеховой C_m :

$$C_n = C_1 + C_2 + \dots + C_i, \text{ грн}, \quad (3.20)$$

где C_i и т. д. – составные части;

$$C_T = C_m + C_3 + C_n, \text{ грн}. \quad (3.21)$$

C_m – затраты на материалы, грн;

C_3 – зарплата основных производственных работников;

C_n – цеховые накладные расходы.

Упрощенный вариант определения цеховой себестоимости C_m :

$$C_T = A \cdot T \text{ (грн)}, \quad (3.22)$$

где A – стоимость 1 мин работы соответствующего оборудования в грн;

T – штучно-калькуляционное время, мин.

Значения C_m технологу определить проще и быстрее при относительно малом объеме информации о сравниваемых вариантах. Полная себестоимость C_n обычно может быть определена при устоявшемся процессе, а C_m можно определить на стадии проектирования процесса, да, и в справочной литературе имеется информация о величине A для наиболее часто используемых процессов и, соответственно, оборудовании.

Применительно к реальному объекту (деталь машины – стакан) важно провести сравнение 2-х операций из разных технологических процессов с оди-

наковым конечным результатом по точности и шероховатости поверхности по формуле (2.32). Минимальное значение C_m какого-либо варианта из двух рассматриваемых – основание для выбора его в качестве рабочего варианта:

$$C_m = M_3 \cdot S_m - M_{отх} \cdot S_{отх} \text{ (грн)}, \quad (3.23)$$

где M_3 – масса заготовки, кг;

$M_{отх}$ – масса отходов при производстве заготовки, кг;

S_m и $S_{отх}$ – стоимость 1 кг материала данной марки (или группы) и стоимость 1 кг отходов (при условии несмешиваемости марок материала) по данным «Вторресурсов», грн;

$$C_3 = T_{шт-к} \cdot Z_{тар.р.} \text{ (грн)}, \quad (3.24)$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время обработки, мин;

$Z_{тар.р.}$ – тарифная ставка рабочего данного разряда, грн/мин.

$$C_H = C_{н.а.} + C_{н.ст.} + C_{н.пр.} + C_{н.и.} + C_{н.э} + C_{н.д} \text{ (грн)}, \quad (3.25)$$

где $C_{н.а.}$ – амортизация оборудования, грн.

$$C_{н.а.} = \frac{d \cdot S_{ст} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_r \cdot m \cdot \eta_э} \text{ (грн)}, \quad (3.26)$$

где d – отчисления на амортизацию станка от его балансовой стоимости $S_{ст}$ в год, %;

$S_{ст}$ – балансовая стоимость станка (складывается из отпускной цены станка, затрат на доставку и его монтажа), грн;

F_r – годовой фонд времени работы станка в 1 смену, час;

m – число рабочих смен в сутки, шт.;

$\eta_э$ – коэффициент загрузки станка по времени.

Величину d для станков массой до 10 т с лезвийным инструментом принимают в 11 %, с абразивным инструментом $d = 14$ %, для агрегатных и специальных станков $d = 16$ %.

Затраты на доставку и монтаж станка примерно равны 10 % от $S_{ст}$.

Расходы на эксплуатацию станка $C_{н.ст}$:

$$C_{н.ст} = \frac{\beta \cdot S_{ст} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_r \cdot m \cdot \eta_э}, \text{ грн}, \quad (3.27)$$

где $\beta = (4,5 - 5 \%)$ от балансовой стоимости S_{cm} , расходуемые на ремонт, осмотры и проверки в течение года;

$C_{н.нр}$ – расходы на амортизацию и ремонт приспособлений, применяемых на этом этапе, грн:

$$C_{н.нр} = \frac{(\gamma + \delta) \cdot S_{нр}}{N}, \quad (3.28)$$

где $S_{нр}$ – стоимость приспособления, грн;

γ – процент амортизации $(50-33 \%) \cdot S_{нр}$ при сроке службы приспособления в 2 – 3 года;

$\delta = (5 - 15) \cdot S_{нр}$ – расходы на ремонт приспособления за год работы;

N – годовой объем деталей, обрабатываемых в этом приспособлении;

$C_{н.и}$ – расходы на амортизацию режущих инструментов, задействованных в рассматриваемом событии:

$$C_{н.и} = \left(\frac{130 \cdot S_u}{T_{cm}(n_{зам} + 1)} \right) \cdot T_0, \quad (3.29)$$

где S_u – стоимость инструмента;

T_{cm} – время стойкости между двумя переточками, мин;

$n_{зам}$ – число переточек, шт.;

T_0 – основное время, мин;

$C_{н.э}$ – затраты на силовую электроэнергию, расходуемую на данном этапе:

$$C_{н.э} = (0,25 \cdot (T_{шт.-к} - T_0) \cdot N_y + 0,55 \cdot N_y \cdot T_0) \cdot \frac{S_k}{60} \text{ (грн)}; \quad (3.30)$$

N_y – установленная мощность электродвигателей станка, кВт;

S_k – стоимость 1 кВт/час силовой электроэнергии, грн;

$C_{н.д}$ – расходы на доплаты и начисления на основную зарплату, грн:

$$C_{н.д} = C_з \cdot \left(\frac{\rho}{100} + \frac{\tau}{100} \cdot \left(1 + \frac{\rho}{100} \right) \right); \quad (3.31)$$

$\rho = (10 \div 20) \%$ – доплаты к зарплате;

$\tau = (6,5 \div 8,1) \%$ – начисления.

Если один из рассматриваемых вариантов, например второй, требует применения более дорогостоящего оборудования или приспособления, то необходимо определить срок их окупаемости R (лет) в соответствии с приведенными расчетными зависимостями:

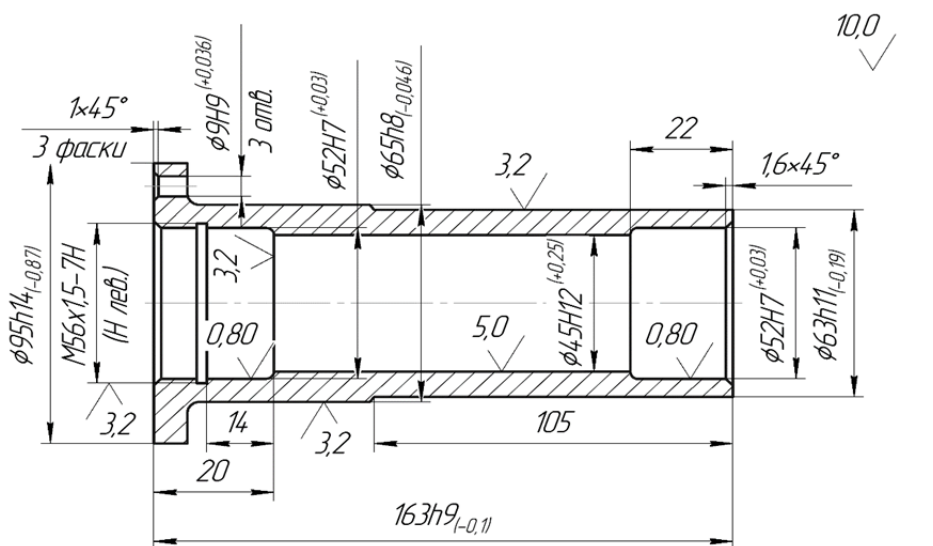
$$R = \frac{S_{см.2} - S_{см.1}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N} - \text{для станков}; \quad (3.32)$$

$$R = \frac{S_{кр.2} - S_{кр.1}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N} - \text{для приспособлений}. \quad (3.33)$$

Приемлемыми считают сроки окупаемости для металлорежущих станков до 5 лет, а для приспособлений – не более 2 – 3 лет.

3.9.2. Порядок работы

Как было сказано, объектом работы является деталь – стакан (рис. 3.9), которая может быть обработана по поверхности $\text{Ø}65\text{h}8$ по двум вариантам: первый – на токарном станке 16К20Ф3; второй – на круглошлифовальном станке 3М161, схема наладки, которых приведена на рис. 3.10.



1. Неуказанные допуски $H14$; $h14$; $\pm \frac{H14}{14}$;
2. $HRC \geq 35$;
3. Хим. окс. пром.

Рис. 3.9 – Чертеж детали (Стакан)

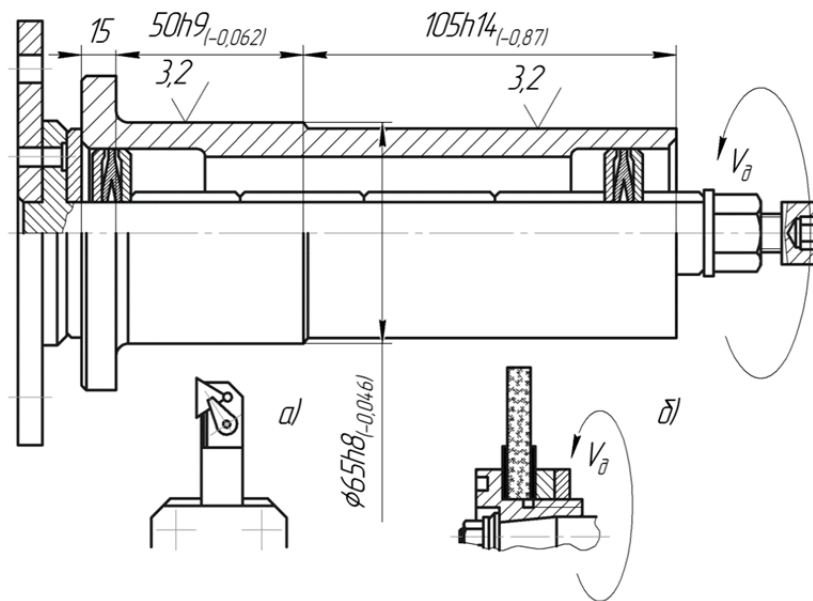


Рис. 3.10 – Наладки на токарную (а) и круглошлифовальную (б) операции

Варианты заданий даны в табл. 3.32.

1) Определяются затраты на материал:

$$C_m = M_z \cdot S_m - M_{отх.} \cdot S_{отх.}, \text{ грн (формула (3.23)).}$$

2) Определяется заработная плата основных производственных рабочих на обработку 1 детали:

$$C_z = T_{шт-к} \cdot Z_{тар.р}, \text{ грн (формула (3.24)).}$$

3) Определяется амортизация оборудования:

$$C_{н.а.} = \frac{d \cdot S_{см} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_r \cdot t \cdot \eta_3}, \text{ грн (формула (3.26)).}$$

4) Определяются расходы на эксплуатацию станка:

$$C_{н.ст} = \frac{\beta \cdot S_{см} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_r \cdot t \cdot \eta_3}, \text{ грн (формула (3.27)).}$$

5) Определяются расходы на амортизацию и ремонт приспособлений:

$$C_{н.пр.} = \frac{(\gamma + \delta) \cdot S_{пр}}{N}, \text{ грн (формула (3.28)).}$$

6) Определяются расходы на амортизацию режущих инструментов:

$$C_{н.и} = \left(\frac{130 \cdot S_u}{T_{см} (n_{зам} + 1)} \right) \cdot T_o, \text{ грн (формула (3.29)).}$$

Варианты заданий

Наименование	Номер варианта							
	1		2		3		4	
	16К20Ф3	3М161	16К20Ф3	3М161	16К20Ф3	3М161	16К20Ф3	3М161
Годовая программа выпуска N , шт.	5000		10000		4500		6350	
Масса заготовки M , кг	3,09		4,5		3,37		3,25	
Цена 1 кг материала C_m , грн.	6		6,4		6,0		6,4	
Масса отходов Q , кг	1,19		0,7		1,2		1,35	
Цена 1 кг отходов C_o , грн.	1,2		1,2		1,2		0,3	
Штучно-калькуляционное время на операцию T , мин	9,29	13,68	9,65	12,03	12,9	13,68	12,03	13,68
Зарплата за 1 мин Z_m , грн.	1,5		1,9	2	2	2,2	2,7	3
$\sum T_{шт-к.}$, мин	244,3	248,7	224,6	227	242,9	243,7	252,6	253,3
$\sum Z_m$, грн.	19		15,3	15,6	18	18,2	19	19,3
Стоимость станка S_b , грн.	80000	60000	70000	65000	65000	60000	80000	76000
Годовой фонд времени станка F_z , час	4029	4029	3890	4029	4029		4029	
Количество смен, m	2		2		2		2	
Коэффициент загрузки станка, η_z	0,75	0,92	0,75	0,75	0,92	0,75	0,75	0,92
Стоимость приспособления S_{np} , грн.	800	800	1410	1410	1310	1290	1315	1320
Цена 1 кВт·ч электроэнергии, коп.	62		62		62		62	
Основное время, T_o , мин.	7,86	10,74	7,86	10,5	10,3	10,74	10,5	10,74
Мощность электродвигателя N_y , кВт·час	14	20	10	13	11	14	11	9

7) Определяются затраты на силовую электроэнергию:

$$C_{н.э} = (0,25 \cdot (T_{шт-к} - T_0) \cdot H_V + 0,55 \cdot H_V \cdot T_0) \cdot \frac{S_K}{60}, \text{ грн (формула (3.30))}.$$

8) Определяются расходы на доплаты и начисления на основную заработную плату:

$$C_{н.д.} = C_з \cdot \left(\frac{\rho}{100} + \frac{\tau}{100} \cdot \left(1 + \frac{\rho}{100} \right) \right), \text{ грн (формула (3.31))}.$$

9) Определяются цеховые накладные расходы:

$$C_n = C_{н.а.} + C_{н.см} + C_{н.пр} + C_{н.и.} + C_{н.э.} + C_{н.д.}, \text{ грн (формула (3.25))}.$$

10) Определяется цеховая себестоимость:

$$C_m = C_m + C_з + C_n, \text{ грн (формула (3.21))}.$$

Пункты 1) – 10) следует повторить для двух рассматриваемых вариантов, допустим, станков 16К20Ф3 и 3М161, чтобы получить, в конечном счете, две величины C_{m1} и C_{m2} .

11) Определяется срок окупаемости станка:

$$R = \frac{S_{см.2} - S_{см.1}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N}, \text{ лет (формула (3.32))}.$$

12) Сравнивается полученный срок R с нормативным сроком, и принимается решение о целесообразности этой замены.

13) Следует задать вариант задания №1 и провести цифровой расчет для этого варианта.

13.1) Находится:

$$C_m = 3,09 \cdot 6 - 1,19 \cdot 1,2 = 17,11 \text{ грн.}$$

13.2) Находятся:

$$C_{з1} = 9,39 \cdot 1,5 = 13,94 \text{ грн.};$$

$$C_{з2} = 13,68 \cdot 1,5 = 20,52 \text{ грн.}$$

13.3) Определяются:

$$C_{н.а1} = \frac{11 \cdot 80000 \cdot 9,29}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 45 \text{ коп.} = 0,45 \text{ грн.}$$

$$C_{н.а2} = \frac{14 \cdot 60000 \cdot 13,68}{60 \cdot 4029 \cdot 0,92} = 51,67 \text{ коп.} = 0,52 \text{ грн.}$$

13.4) Определяются:

$$C_{н.ст.1} = \frac{4,5 \cdot 80000 \cdot 9,29}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 18,45 \text{ коп.} = 0,18 \text{ грн.}$$

$$C_{н.ст.1} = \frac{4,5 \cdot 60000 \cdot 13,68}{60 \cdot 4029 \cdot 0,92} = 16,6 \text{ коп.} = 0,17 \text{ грн.}$$

13.5) Определяются:

$$C_{н.пр.1} = \frac{(33 + 5) \cdot 800}{5000} = 6,08 \text{ коп.} = 0,06 \text{ грн.}$$

$$C_{н.пр.1} = \frac{(33 + 5) \cdot 800}{5000} = 6,08 \text{ коп.} = 0,06 \text{ грн.}$$

13.6) Находятся:

$$C_{н.и.1} = \left(\frac{130 \cdot 20}{60 \cdot (10 + 1)} \right) \cdot 7,86 = 31 \text{ коп.} = 0,31 \text{ грн.}$$

$$C_{н.и.1} = \left(\frac{130 \cdot 60}{20 \cdot (310 + 1)} \right) \cdot 10,74 = 13,5 \text{ коп.} = 0,135 \text{ грн.}$$

13.7) Определяются:

$$C_{н.э1} = (0,25 \cdot (9,29 - 7,86) \cdot 14 + 0,55 \cdot 14 \cdot 7,86) \cdot 62/60 = 67,7 \text{ коп.} = 0,68 \text{ грн.}$$

$$C_{н.э2} = (0,25 \cdot (13,68 - 10,74) \cdot 20 + 0,55 \cdot 20 \cdot 10,74) \cdot 62/60 = 320 \text{ коп.} = 3,2 \text{ грн.}$$

13.8) Определяются:

$$C_{н.д.1} = 13,94 \cdot \left(\frac{18}{100} + \frac{7}{100} \cdot \left(1 + \frac{18}{100} \right) \right) = 3,66 \text{ грн.}$$

$$C_{н.д.2} = 20,52 \cdot \left(\frac{18}{100} + \frac{7}{100} \cdot \left(1 + \frac{18}{100} \right) \right) = 5,39 \text{ грн.}$$

13.9) Определяются:

$$C_{н1} = 0,45 + 0,18 + 0,06 + 0,81 + 0,68 + 3,66 = 5,34 \text{ грн.}$$

$$C_{н1} = 0,52 + 0,17 + 0,06 + 0,41 + 3,2 + 5,39 = 9,48 \text{ грн.}$$

13.10) Определяются:

$$C_{m1} = 17,11 + 13,94 + 5,34 = 36,4 \text{ грн.}$$

$$C_{m2} = 17,11 + 20,52 + 9,48 = 47,1 \text{ грн.}$$

Поскольку $C_1 < C_2$, то можно предположить, что по себестоимости обработка на станке 16К20Ф3 выгоднее.

13.11) Определяется R :

$$R = \frac{80000 - 60000}{(47,1 - 36,4) \cdot 5000} = 0,37 \text{ года.}$$

Вывод: выбор станка 16К20Ф3 выгоден в сравнении с использованием станка 3М161.

14) Каждый студент получает задание из табл. 3.32 и выполняет цикл расчетов аналогично п. 13 и делает свои выводы.

3.9.3. Отчет о работе

В отчете студент приводит схемы наладки 2-х вариантов и расчетные данные по C_m , C_z , C_n , C_t и R , и делает выводы.

3.9.4. Литература [7; 9; 11]

3.9.5. Вопрос для самоконтроля:

1) Цеховая себестоимость C_m включает параметр A . Это

- стоимость 1 кг материала;
- стоимость 1 часа работы станка;
- стоимость 1 кВт энергии;
- стоимость 1 кв. м площади;
- стоимость режущих инструментов.

2) Затраты на материалы C_m зависят от:

- массы отходов;
- стоимость единицы массы материала;
- массы заготовки;
- стоимость единицы массы отходов;
- не зависит от перечня приведенного выше.

3.10. Выбор наиболее экономичного варианта технологического процесса (операции)

Цель работы: исследовать методы оценки экономичности варианта технологического процесса и научить студента вести обоснование вариантов при выборе технологического процесса (операции).

3.10.1. Общие сведения

Существующие технологические процессы изготовления деталей используют в своей основе технологические решения прошлых лет, даже весьма эффективные по меркам того периода времени.

Физический и моральный износ оборудования и оснастки требуют их замены в действующем и вновь проектируемом производстве на новое более производительное, совершенное, менее энергозатратное и т.д.

Проблема состоит в том, что существующее оборудование, допустим, менее производительное, но дешевое, а новое – более производительное, однако более дорогое (это может быть более энергозатратное, с ручным вариантом управления, а не автоматическим, т.е. более трудоемкое, и др.). В конечном счете, все другие версии можно привести к денежным затратам, а сумма денег не снижается в сравнении с прошлым, поэтому наше предположение о более дорогом варианте (новом) абсолютно достоверно.

Ответ на этот вопрос: что выбрать? – лежит в основе оценки экономической целесообразности дополнительных вложений.

Допустим, что на действующем оборудовании с капитальными вложениями K_1 (грн) себестоимость годового выпуска равна C_1 (грн./год). Тогда новый вариант будет иметь себестоимость C_2 (грн./год) и капитальные вложения K_2 (грн). При этом $C_1 > C_2$, а $K_1 < K_2$. Определяется эффективность E :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (3.34)$$

где C_1, C_2 – себестоимость годового припуска по 1 и 2 варианту, грн/год;

K_1, K_2 – капитальные затраты на реализацию процессов, грн.

Под параметрами K_1 и K_2 нужно понимать балансовую стоимость, например, станка (в грн). В балансовую стоимость входит отпускная цена станка и затраты на транспортирование и монтаж станка, обычно составляющие 10 % от его цены: $S_{бал} = S_{см} \cdot 1,1$. Тогда

$$C_1, C_2 = (C_{T1} \text{ или } C_{T2}) \cdot N,$$

где N – годовой выпуск изделий шт.;

C_{T1}, C_{T2} – себестоимость процесса первого и второго вариантов (возможно, это будут операции двух процессов), грн./год.

$$C_{T1}, C_{T2} = \sum C_{Ti};$$

$\sum C_{Ti}$ – сумма себестоимости всех операций процесса, грн./год.

В машиностроении для этой оценки применяют нормативный коэффициент экономической эффективности E_H , который определяет минимальную величину годовой экономии на себестоимости продукции на 1 гривну дополнительных капитальных затрат. Обычно $E_H = 0,2$ (грн/грн.кап.затрат).

Величина $1/E_H$ определяет срок окупаемости вложенных денежных средств. При $E_H = 0,2$ он равен $1/E_H = 5$ или менее лет для станков и другого универсального оборудования.

Для приспособлений $E_H = 0,35 \dots 0,5$ (грн./грн.кап.затрат) и срок окупаемости – 2 – 3 года.

Годовая экономия от нового решения \mathcal{E} (грн.) равна: $\mathcal{E} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N$, грн.

В данной работе используется метод определения составляющих себестоимости C_m, C_3 и C_n , который был подробно рассмотрен выше, но для других, часто встречающихся в практике технологов, условий.

К этим условиям можно отнести, например, такие: на заводе выпускают серийно какую-то продукцию, например, вентиляторы, каждую деталь изготавливают по определенному технологическому процессу. Возникает потребность рынка в вентиляторах и появляется заказ на увеличение объема выпуска при жестких сроках поставки. Анализ существующего процесса одной из деталей –

крышки – показывает, что для увеличения программы выпуска на 2-х операциях: токарно-револьверной и вертикально-сверлильной необходимо удвоить число рабочих мест или же заменить эти две операции одной – обработкой на многошпиндельном токарном станке 1284Г5. При этом стоимость двух станков по предыдущему процессу меньше стоимости нового варианта: в нашей версии 16000 и 5000 грн, т.е. 21000 грн и 100000 грн по новому варианту. В связи с этим возникает вопрос – целесообразно ли выбирать более дорогостоящее оборудование и делать такую замену?

3.10.2. Порядок выполнения работы

1) Варианты заданий приведены в табл. 3.32, и каждый студент в начале задания получает свой вариант.

2) Задается реальный объект: крышка вентилятора из сплава АЛ-3В массой 6,5 кг, годовая программа 10000 штук. Заготовка – отливка в кокиль массой 6,75 кг. Действующий технологический процесс осуществляют на станках 1П365 и 2Н118. Предлагаемый (для анализа) вариант осуществляется на вертикальном токарном восьмишпиндельном полуавтомате 1284Б. Основные показатели двух технологических процессов приведены в табл. 3.33 в разделе «Исходные данные». Так как стоимость заготовки C_3 в обоих вариантах не изменилась, то ее величина из анализа исключается, а остальные значения после расчета приведены в разделе «Расчетные данные» табл. 3.33.

3) Определяется срок окупаемости для станка $R_{cm} = \frac{S_{cm1} - S_{cm2}}{(C_2 - C_2) \cdot N}$, лет.

4) Определяется срок окупаемости приспособления: $R_{np} = \frac{S_{np1} - S_{np2}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N}$, лет.

5) Определяется ожидаемая годовая экономия $\mathcal{E}_T = (C_{m1} - C_{m2}) \cdot N$, грн. Необходимо сформулировать выводы.

6) На примере варианта № 1 выполняется цифровой расчет полученных значений.

6.1) Определяется C_3 :

$$C_{31} = 0,125 \cdot 1,22 = 0,153 \text{ грн}; \quad C_{32.1} = 0,125 \cdot 18,3 = 2,29 \text{ грн};$$

$$C_{32.2} = 0,1 \cdot 8,34 = 0,834 \text{ грн.}$$

Таблица 3.33

Показатели в вариантах технологического процесса

№	Наименование	Вариант		
		<i>I</i>	<i>II</i>	
		Станок 1284 Б	Станок 1П 365	Станок 2Н118
Исходные данные				
1	Стоимость станка, грн.	100 000	16 000	5000
2	Стоимость приспособления, грн.	800	500	500
3	$T_{шт}$, мин	1,22	18,3	8,34
4	T_0 , мин	1,1	15,6	7,08
5	Время работы инструментов, мин			
	–резцы проходные Т15К6 16x25, мм	4,91	5,5	-
	–сверла Р6М5 Ø11, мм	0,32	-	-
	–сверла Р6М5 Ø8,4, мм	0,24	-	-
	–зенковка Р6М5 Ø26, мм	0,032	-	0,5
	–зенкер сборный Т15К6 Ø39,2, мм	0,37	-	-
	–зенкер сборный Т15К6 Ø47,7, мм	0,25	-	-
	–зенкер сборный Т15К6 Ø58,8, мм	0,08	-	-
6	Разряд работ	3	3	2
7	Минутная ставка станочника грн./мин	0,125	0,125	0,1
8	Мощность электродвигателя, кВт	20	14	2,8
9	Коэффициент загрузки	0,75	0,97	0,92
Расчетные данные				
10	Зарплата станочника, грн.	0,153	2,29	0,834
11	Должностные начисления, грн.	0,04	0,6	0,22
12	Амортизация станков, грн.	8,3	15,41	2,31
13	Расходы на эксплуатацию станка, грн.	3,8	7,0	1,05
14	Амортизация приспособлений, грн.	2,9	1,8	1,8
15	Расходы на электроэнергию, грн.	0,13	1,34	0,12
16	Расходы на Р.П., грн.	0,3	0,61	0,28
Итого: технологическая себестоимость, грн.		15,6	29,05	6,61

Содержание заданий

№	Наименование показателя	Вариант заданий			
		№1		№2	
		Станок 1284Б	Станки 1П 365 2Н118	Станок 1284Б	Станки 1П 365 2НШ
1	$T_{шт}$, мин	1,22	18,3 + 834	1,83	18,3 + 8,34
2	T_o , мин	1,1	15,6 + 7,08	1,6	15,6 + 7,08
3	Стоимость приспособления, грн	800	500 + 500	2400	500 + 500

6.2) Определяется $C_{нд}$:

$$C_{н.д1} = 0,153 \left[\frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left(1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,04 \text{ грн};$$

$$C_{н.д2.1} = 2,29 \left[\frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left(1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,6 \text{ грн};$$

$$C_{н.д2.2} = 0,834 \left[\frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left(1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,22 \text{ грн}.$$

6.3) Определяется $C_{н.а}$:

$$C_{н.а1} = \frac{11 \cdot 10000 \cdot 1,1 \cdot 1,22}{60 \cdot 3950 \cdot 0,75} = 8,3, \text{ грн};$$

$$C_{н.а2.1} = \frac{11 \cdot 16000 \cdot 1,1 \cdot 18,3}{60 \cdot 3950 \cdot 0,97} = 15,41, \text{ грн};$$

$$C_{н.а2.2} = \frac{11 \cdot 5000 \cdot 1,1 \cdot 8,34}{60 \cdot 3950 \cdot 0,92} = 2,31, \text{ грн}.$$

6.4) Определяется $C_{н.ст}$:

$$C_{н.ст1} = \frac{5 \cdot 100000 \cdot 1,1 \cdot 1,22}{60 \cdot 3950 \cdot 0,75} = 3,8, \text{ грн};$$

$$C_{н.ст2.1} = \frac{5 \cdot 16000 \cdot 1,1 \cdot 18,3}{60 \cdot 3950 \cdot 0,97} = 7, \text{ грн};$$

$$C_{н.ст2.2} = \frac{5 \cdot 5000 \cdot 1,1 \cdot 8,34}{60 \cdot 3950 \cdot 0,92} = 1,05, \text{ грн}.$$

6.5) Определяется C_H :

$$C_{Hnp1} = \frac{(26+10) \cdot 800}{10000} = 2,88, \text{ грн};$$

$$C_{Hnp2} = \frac{(26+10) \cdot 500}{10000} = 1,8 \text{ грн.}$$

6.6) Определяется C_{Hu} :

$$C_{Hu1} = \left(\frac{130 \cdot 140}{60 \cdot 11} \right) \cdot 1,1 = 0,3, \text{ грн};$$

$$C_{Hu2.1} = \left(\frac{130 \cdot 20}{60 \cdot 11} \right) \cdot 15,6 = 0,61, \text{ грн};$$

$$C_{Hu2.2} = \left(\frac{130 \cdot 20}{60 \cdot 11} \right) \cdot 7,08 = 0,28, \text{ грн.}$$

6.7) Определяется $C_{Hэ}$:

$$C_{Hэ1} = [0,25(1,22 - 1,1) \cdot 20 + 0,55 \cdot 20 \cdot 1,1] \frac{0,62}{60} = 0,13, \text{ грн};$$

$$C_{Hэ2.1} = [0,25(18,3 - 15,6) \cdot 14 + 0,55 \cdot 14 \cdot 15,5] \frac{0,62}{60} = 1,34, \text{ грн};$$

$$C_{Hэ2.2} = [0,25(8,34 - 7,08) \cdot 2,8 + 0,55 \cdot 2,8 \cdot 7,08] \frac{0,62}{60} = 0,12, \text{ грн.}$$

6.8) Определяется C_H :

$$C_{H1} = 0,04 + 8,3 + 3,8 + 2,88 + 0,3 + 0,13 = 15,45 \text{ грн};$$

$$C_{H2.1} = 0,6 + 15,41 + 7 + 1,8 + 0,61 + 1,34 = 26,76 \text{ грн};$$

$$C_{H2.2} = 0,22 + 2,31 + 1,05 + 1,8 + 0,28 + 0,12 = 5,78 \text{ грн.}$$

6.9) Определяется $C_3 + C_H$:

$$C_{31} + C_{H1} = 0,153 + 15,45 = 15,6 \text{ грн};$$

$$C_{32.1} + C_{H2.1} = 2,29 + 26,76 = 29,05 \text{ грн};$$

$$C_{32.2} + C_{H2.2} = 0,834 + 5,78 = 6,61 \text{ грн.}$$

6.10) Определяется срок окупаемости R :

$$R_{CT} = \frac{100000 - (16000 + 5000)}{(29,05 + 6,61 - 15,6) \cdot 10000} \approx 0,4 \text{ года};$$

$$R_{CT} = \frac{1000 - 800}{(29,05 + 6,61 - 15,6) \cdot 10000} \approx 0,001 \text{ года.}$$

Предлагаемая замена станков 1П365 и 2Н118 на 1284Б целесообразна и эффективна, имеет малый срок окупаемости.

3.10.3. Отчет о работе

В отчете студент приводит данные расчетов (по обоим вариантам): $C_з$, $C_{н.д}$, C_H , $C_з + C_H$, R и делает вывод о целесообразности выбора.

3.10.4. Литература [5; 11]

3.10.5. Вопросы для самоконтроля:

- 1) Нормативный коэффициент E_H принимают равным:
 - 0,5;
 - 0,4;
 - 0,3;
 - 0,2;
 - 0,1.
- 2) К капитальным затратам относят затраты на покупку:
 - оборудования;
 - режущего инструмента;
 - заготовок;
 - смазочно-охлаждающих сред.

Список литературы

1. Данилевский В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения: учеб. пособие / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М.: Высшая школа, 1988 – 222 с.
2. Данилевский В.В. Лабораторные работы по технологии машиностроения: учеб. пособие / В.В. Данилевский – М.: Высшая школа, 1974 – 240 с.
3. Гельфгат В.И. Сборник задач и упражнений в машиностроении / В.И. Гельфгат. – М.: Высшая школа, 1975. – 239 с.
4. ГОСТ 16467-89 Статистические показатели точности и стабильности технологических операций. – М.: Изд. стандартов, 1989. – 20 с.
5. Збірник задач і вправ з технології машинобудування. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 314 с.
6. Ищуткин В.И. Настройка металлорежущих станков / В.И. Ищуткин. – М.: Машгиз, 1960 – 106 с.
7. Лабораторный практикум по технологии машиностроения: учеб. пособие / Под ред. В.В. Бабука. – Минск: Высшая школа, 1983 – 220 с.
8. Маталин А.А. Технология машиностроения / А.А. Маталин. – Ленинград: Машиностроение, Ленинград отд-ние, 1985. – 496 с.
9. Скраган В.А. Лабораторные работы по технологии машиностроения: учеб. пособие / В.А. Скраган, И.С. Амосов, А.А. Смирнов. – Ленинград: Машиностроение, 1974 – 192 с.
10. Соланин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения / И.С. Соланин. – М.: Машиностроение, 1972. – 215 с.
11. Справочник технолога машиностроителя в 2-х томах. / Под ред. Д.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2001 – 944 с.
12. Технология обработки типовых деталей: Учебное пособие / Г.П. Кремнев, В.М. Колесник, Ф.В. Новиков и др. – Х.: Изд-во «С.А.М.», 2014. – 156 с.
13. Технологія машинобудування: підручник / П.П. Мельничук, І.А. Баровик, П.А. Лінчевський П.А. и др. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 836 с.

Одесский национальный политехнический университет

ИПТДМ

Кафедра технологии машиностроения

Предмет _____

Протокол

Проведения занятия « _____ »

(Наименование занятия)

Выполнил (ли) студент (ы) группы _____

(№ группы)

Руководитель: _____

(Ф.И.О)

1. Цель работы: _____

2. Задание: _____

3. Чертежи (схемы и др.): _____

4. Расчетные данные по заданию: _____

5. Графики или диаграммы: _____

6. Выводы: _____

7. Ответы на тесты: _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Охрана труда и техника безопасности при проведении работ	5
2. Технологические процессы, технологические системы, современное состояние технологии на уровне предприятия	7
2.1. Производственный и технологический процесс	7
2.2. Определение типа производства	14
2.3. Исследование систематических погрешностей обработки	18
2.4. Исследование точности операции при распределении значений параметров по закону нормального распределения	25
2.5. Исследование влияния геометрических факторов на шероховатость поверхности при механической обработке	33
2.6. Обоснование выбора станка (или машины) по их долговечности ...	38
3. Отраслевые особенности прогрессивных технологий и их технологическая оценка	46
3.1. Технологический анализ чертежа детали	46
3.2. Отработка конструкции детали на технологичность	52
3.3. Методы достижения точности и шероховатости поверхностей при механической обработке	61
3.4. Выбор метода получения заготовки (прокат)	70
3.5. Исследование влияния выбора метода получения заготовки на материалоемкость и трудоемкость изготовления изделия	81
3.6. Определение режимов резания при сверлении	91
3.7. Определение режимов резания при механической обработке	101
3.8. Определение нормы времени на операцию фрезерования	111
3.9. Экономический анализ варианта технологического процесса (операции, метода обработки)	122
3.10. Выбор наиболее экономичного варианта технологического процесса (операции)	131
Список литературы	138
Приложение. Одесский национальный политехнический университет, ИПТДМ, кафедра технологии машиностроения	139

Навчальне видання

Георгій Петрович Кремнев
Федір Васильович Новіков
Василь Михайлович Колесник

СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск

Новіков Ф. В.

В авторській редакції

Підп. до друку 25.06.2015 р.
Формат 60x84/16. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,25.
Наклад 300 пр. Заказ № 217

Видавництво і друкарня «Ліра»
49000, м. Дніпропетровськ, вул. Наукова, 5
Свідоцтво про внесення до Держреєстру
ДК №188 від 19.09.2000.