

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

*В.К. МОИСЕЕВ, А.А. ШАРОВ, О.В. ЛОМОВСКОЙ*

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 27.03.02 Управление качеством, 24.03.04 Авиастроение и специальностям 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

САМАРА  
Издательство Самарского университета  
2021

УДК 621.9(075)

ББК 34.5я7

М748

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Н. Д. П р о н и ч е в,  
канд. биол. наук, доц. В. А. П а п ш е в

***Моисеев, Виктор Кузьмич***

**М748 Механическая обработка. Проектирование технологических процессов:** учебное пособие / *В.К. Моисеев, А.А. Шаров, О.В. Ломовской.* – Самара: Издательство Самарского университета, 2021. – 64 с.

**ISBN 978-5-7883-1654-3**

В учебном пособии приведены подробные рекомендации по разработке технологического процесса механической обработки деталей на универсальных станках и станках с числовым программным управлением. Уделено внимание вопросам технологичности, стандартизации и унификации.

Предназначено для обучающихся по направлениям подготовки и специальностям 150305.62, 270302.62, 240304.62, 240507.65, 240404.68, 240501.65 и выполняющих курсовой проект по курсам «Технология механической обработки», «Технология производства самолётов», «Технология производства изделий ракетно-космической техники» и «Технология и оборудование машиностроительного производства».

Выполнено на кафедре производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.

УДК 621.9(075)

ББК 34.5я7

ISBN 978-5-7883-1654-3

© Самарский университет, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	4
<b>1 Структура и содержание курсового проекта</b> .....	5
1.1 Цель курсового проекта, связь с другими дисциплинами .....	5
1.2 Задание на курсовой проект .....	6
1.3 Содержание и объём курсового проекта .....	6
<b>2. Методические указания по разработке</b>	
<b>технологического процесса изготовления детали</b> .....	12
2.1 Назначение и краткое техническое описание детали.....	12
2.2 Конструктивно-технологический анализ детали.....	14
2.3 Выбор вида и определение размеров заготовки .....	20
2.4 Разработка маршрутного технологического процесса обработки деталей .....	27
2.5 Разработка операционного технологического процесса.....	32
<b>Список использованных источников</b> .....	46
<b>Приложение 1</b> .....	53
<b>Приложение 2</b> .....	55
<b>Приложение 3</b> .....	57
<b>Приложение 4</b> .....	60
<b>Приложение 5</b> .....	61

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие содержит основные сведения о составе курсового проекта и указания по его разработке, знакомит с характером требований, предъявляемых к курсовому проекту, последовательностью разработки его разделов, необходимой глубиной проработки каждого из них, объёмами выполняемых технологических и конструкторских расчётов.

Разработка технологических процессов изготовления деталей и проектирование технологической оснастки, выполняемые при курсовом проектировании, являются самостоятельной творческой работой студента. Учебное пособие должно внести планомерность в работу, свести к минимуму непроизводительные затраты времени, исключить элементы шаблонности и формализма в работе над проектом, стимулировать творческий подход к выполнению задания.

Вместе с тем пособие должно оказать помощь и руководителям курсового проекта в подготовке к занятиям со студентами, в оценке выполняемых ими работ и установить необходимое единообразие в руководстве и требованиях к проектам.

# **1 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

## **1.1 Цель курсового проекта. Связь с другими дисциплинами**

Основной целью курсового проекта является привитие студенту практических навыков самостоятельного решения частных инженерных задач в области разработки технологических процессов механической обработки и проектирования специальных станочных приспособлений.

Проект в известной мере подытоживает знания, полученные студентами при изучении ряда специальных дисциплин, и подготавливает их к предстоящей преддипломной практике и дипломному проектированию.

В процессе работы над курсовым проектом обнаруживается степень усвоения студентами курса «Технология механической обработки», «Технология и оборудование машиностроительного производства», «Технологическая оснастка», «Технология обработки материалов», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Основы конструирования машин», «Физико-химические основы технологии», а также их способность применять теоретические положения указанных дисциплин и сведения, полученные на первой производственной практике, для практического решения конкретных задач, предусмотренных заданием на курсовое проектирование.

Студент должен уметь использовать прогрессивные процессы, современные достижения науки и техники в области механической обработки, обосновывать целесообразность их применения в данных конкретных условиях, грамотно выполнять необходимые расчёты, чётко и логично формулировать свои мысли и предложения [2].

В процессе работы над курсовым проектом студент вырабатывает необходимые навыки пользования учебной специальной техникой и справочной литературой, нормативными документами и руководящими материалами (ГОСТ, ОСТ).

## **1.2 Задание на курсовой проект**

В начале прохождения производственной практики студентов знакомят с содержанием предстоящего курсового проектирования. Это необходимо для того, чтобы они до начала проектирования могли ознакомиться с реальными технологическими процессами, оборудованием и оснасткой, применяемыми в механических цехах для изготовления деталей, собрать и систематизировать материалы, необходимые для работы над курсовым проектом.

Задание на курсовой проект оформляется преподавателем на бланке установленного образца. В нём указывается наименование детали, процесс изготовления которой должен разрабатываться, годовая программа выпуска деталей и название специального станочного приспособления, подлежащего проектированию.

## **1.3 Содержание и объём курсового проекта**

Курсовой проект состоит из технологической и конструкторской частей (разделов). В первой части даётся техническое обоснование и производится разработка технологического процесса изготовления детали, во второй – проектирование специального станочного приспособления (табл. 1).

*Графические работы* включают чертежи детали, заготовки, сборочный чертёж приспособления и рабочие чертежи на отдельные его детали. Объём графических работ составляет 3–4 листа формата А1.

Таблица 1. Содержание и ориентировочный объём отдельных частей (разделов) проекта

Содержание разделов проекта	Процент от полного объёма	Ориентировочный объём работ	
		Графич. формат А1	Текстовый формат А4
Введение			
1 Разработка технологического процесса изготовления детали			
1.1 Назначение и краткое техническое описание детали	5	–	1–2
1.2 Конструктивно-технический анализ детали	10	–	1–2
1.3 Выбор и обоснование вида заготовки и способа её получения	–	–	1–2
1.4 Расчёт припусков на обработку и определение размеров заготовки. Вычерчивание детали и заготовки	10	0,5–1	2–3
1.5 Разработка маршрутного технологического процесса	10	–	3–5
1.6 Разработка операционного технологического процесса	20	–	12–16
1.6.1 Выбор оборудования	–	–	–
1.6.2 Выбор режущего инструмента	–	–	–
1.6.3 Расчёт режимов обработки	–	–	–
1.6.4 Нормирование	–	–	–
1.7 Оформление карт технологического процесса:	5	–	–
маршрутная	–	–	1 карта
операционные	–	–	3 карты
Всего по разделу 1	60	0,5–1	20–30

Окончание табл. 1

Содержание разделов проекта	Процент от полного объёма	Ориентировочный объём работ	
		Графич. формат А1	Текстовый формат А4
2 Проектирование специального станочного приспособления			
2.1 Выбор схемы базирования детали в приспособлении	5	–	1–2
2.2 Разработка конструктивных схем приспособления	5	–	1–2
2.3 Выполнение расчётов по точности приспособления, по определению усилий зажатия детали и необходимых прочностных расчётов	10	–	3–5
2.4 Разработка конструкции приспособления	15	2,5–3	–
2.5 Описание конструкции и работы приспособления	–	–	1–2
2.6 Основные указания по изготовлению, монтажу и безопасной эксплуатации приспособления	5	–	1
Заключение	–	–	1
Всего по разделу 2	40	2,5–3	7–14
Всего по проекту	100	3–4	32–50

**Текстовые материалы** состоят из пояснительной записки и карт технологического процесса. Записку необходимо писать одновременно с разработкой разделов проекта и окончательно оформлять после выполнения всех работ. В записке излагаются основные принципиальные решения, принятые в проекте по отдельным вопросам, даются необходимые пояснения, приводятся инженерные



расчёты, иллюстрируемые схемами, эскизами, графиками. Записка пишется в сжатой форме и должна иметь минимум извлечений из различных литературных источников в виде цитат и максимум ссылок на источники, собственных выводов, предложений, пояснений, расчётов.

Оформление пояснительной записки выполняется согласно требованиям стандарта самарского университета «СТО 02068410-004-2018 Общие требования к учебным текстовым документам» с текущими изменениями.

**Кодирование документации** курсового проекта осуществляется в соответствии с требованиями пособий [27, 32]

**Комплектование материалов** пояснительной записки курсового проекта производится в следующей последовательности [37]:

- титульный лист (на бланке кафедры);
- реферат;
- задание на проектирование (на бланке кафедры);
- ведомость проекта;
- содержание;
- текст пояснительной записки (введение, основная часть, заключение);
- список использованных источников;
- приложения (технологические карты, спецификации).

**Титульный лист** является первым листом (страницей) пояснительной записки. На нём указывается тема проекта, фамилия и инициалы студента и руководителя проекта. Подписи указанных лиц на титульном листе обязательны. На втором листе (странице) пояснительной записки помещается реферат.

**Реферат** содержит:

- заглавное слово «Реферат»;
- сведения об объёме проекта;
- перечень ключевых слов;
- текст реферата.

Сведения об объёме проекта включают данные о количестве листов конструкторской графической документации (в пересчёте на формат А1), количество карт технологического процесса (формат А4), количество страниц пояснительной записки и содержащихся в ней рисунков и таблиц, количество источников и приложений.

Ключевые слова отражают основное содержание проекта и используются в информационно-поисковой системе научно-технической информации. Перечень включает от 5 до 15 слов (словосочетаний), написанных в строку прописными буквами через запятые в именительном падеже [37].

В тексте реферата отражают основные результаты, полученные в проекте, со структурой в соответствии с «СТО 02068410-004-2018. Объём текста реферата – не более 500–700 знаков.

**Ведомость проекта** содержит перечень всех графических и текстовых документов, входящих в проект, с указанием их количества, формата, обозначения и наименования. Кодификация документов производится по [32, 40]. Ведомость проекта оформляется по форме 4 и 4А ГОСТ 2.106-2019. Разрешается использовать форму 1 ГОСТ 2.106-2019, т.е. форму спецификации изделий, но без дополнительных граф.

В основной надписи указывается тема проекта, наименование документа «Ведомость курсового проекта» и код документа. В графу «Разработал» вписывается фамилия студента, а в графу «Утвердил» – фамилия руководителя проекта. Подписи указанных лиц обязательны.

Проекту присваивается литера «У» – «учебный».

Все остальные листы проекта оформляются на белой бумаге формата А4 (297x210 мм). Ширина поля – слева 30 мм, справа – 15 мм, сверху и снизу – по 20 мм.

«Содержание» включает наименование всех разделов, подразделов и пунктов с указанием номеров страниц (листов), на которых

размещается начало материала раздела. «Введение» и «Заключение» являются самостоятельными составляющими записки. Каждый раздел необходимо начинать с нового листа (страницы).

Текст пояснительной записки начинается «Введением» и заканчивается «Заключением», являющимися обязательными структурными составляющими проекта. Во «Введении» даётся обоснование важности и актуальности темы проекта. В «Заключении» должны содержаться краткие выводы по всем разделам проекта и оценка полученных результатов.

Кроме текста в записке помещаются иллюстрации: таблицы, рисунки, схемы, фотографии, графики и др. Иллюстрации (кроме таблиц) обозначаются словом «рисунок» и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах каждого раздела.

Формулы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер формулы помещают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например (3.1) – первая формула третьего раздела.

Ссылки в тексте на иллюстрации даются с помощью их порядкового номера, например «рисунок 2.4». При ссылке на таблицу слово «таблица» пишут полностью и указывают её номер, например «в таблице 2.3».

В ссылке на использованный источник указывают его порядковый номер по списку, выделенный двумя квадратными скобками, например – [37]. В список использованных источников включают учебную, научную, нормативную, патентную, справочную и др. литературу и документы по мере их упоминания в тексте записки.

Образцы выполнения курсовых проектов представлены на стендах в кабинете курсового проектирования кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.

## **2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ**

### **2.1 Назначение и краткое техническое описание детали**

В период прохождения практики студент обязан ознакомиться с конструкцией детали, её назначением и условиями работы в узле, агрегате или механизме. Для технически грамотного и обоснованного изложения этого раздела пояснительной записки необходимо дать описание назначения самой детали, основных её поверхностей и влияние их взаимного расположения, точности и шероховатости поверхности на качество работы узла, агрегата или механизма, для которого изготавливается деталь. Если назначение детали неизвестно, достаточно описать назначение её поверхностей.

Для удобства выполнения анализа необходимо представить эскиз детали, где обрабатываемые поверхности имеют цифровое обозначение. Далее следует определить отклонения (допуск) на размеры и поверхности, отсутствующие на чертеже (на свободные размеры, неуказанные отклонения формы и т.д.), для последующей записи их в технологические карты. Здесь же следует привести данные о материале детали: химический состав, механические свойства до и после термообработки. Кроме того, необходимо по возможности высказать свои соображения относительно правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле, целесообразности его замены другими марками и какими именно.

На некоторых заводских чертежах деталей допуски приводятся по старому ОСТу, а шероховатость поверхностей даётся в классах. При оформлении чертежа детали в курсовом проекте необходимо обозначения полей допусков привести в соответствие

с ЕСДП (табл. 2), а обозначение шероховатости – с ГОСТ 2.309-73 (табл. 3).

Таблица 2. Таблица соответствия обозначения допусков

Поле допуска по ОСТ		Соответствующее поле допуска по ЕСДП		Поле допуска по ОСТ		Соответствующее поле допуска по ЕСДП	
Отверстия	Вала	Отверстия	Вала	Отверстия	Вала	Отверстия	Вала
Г <sub>1</sub>		N6	n5	Г <sub>2a</sub>		N8	n7
Т <sub>1</sub>		M6	m5	Т <sub>2a</sub>		M8	m7
H <sub>1</sub>		K6	k5	H <sub>2a</sub>		K8	k7
П <sub>1</sub>		J6, J <sub>s</sub> 6	j5, j <sub>s</sub> 5	П <sub>2a</sub>		J8, J <sub>s</sub> 8	j7, j <sub>s</sub> 7
A <sub>1</sub> -C <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> -C <sub>1</sub>	H6	h5	A <sub>2a</sub> -C <sub>2a</sub>	B <sub>2a</sub> -C <sub>2a</sub>	H8	h7
Д <sub>1</sub>		G6	g6	–	X <sub>2a</sub>	–	f8
X <sub>1</sub>		F7	f6	–	Пр3 <sub>3</sub>	–	z8, x8
Г <sub>p</sub>		U8	u7	–	Пр2 <sub>3</sub>	–	x8, u8
П <sub>p</sub>		S7, R7	s6, r6	–	Пр1 <sub>3</sub>	–	u8, s8
–	Пл	–	r6, p6	A <sub>3</sub> -C <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> -C <sub>3</sub>	H8, H9	h8, h9
Г		N7	n6	X <sub>3</sub>		F9	f9, e9
Т		M7	m6	Ш <sub>3</sub>		D9, D10	d9
H		K7	k6	A <sub>3a</sub> -C <sub>3a</sub>	B <sub>3a</sub> -C <sub>3a</sub>	H10	H10
П		J7, J <sub>s</sub> 7	j6, j <sub>s</sub> 6	A <sub>4</sub> -C <sub>4</sub>	B <sub>4</sub> -C <sub>4</sub>	H11	h11
A-C	B-C	H7	h6	X <sub>4</sub>		D11	d11
Д		G7	G6	П <sub>4</sub>		B11, C11	b11, c11
X		F8	f7	Ш <sub>4</sub>		A11	a11
Л		E8	e8	A <sub>5</sub> -C <sub>5</sub>	B <sub>5</sub> -C <sub>5</sub>	H12	h12
Ш		D8	d8	X <sub>5</sub>	B <sub>7</sub>	B12	b12
–	ГХ	–	c8	A <sub>7</sub>		H14	h14
Пр2 <sub>2a</sub>		U8	u8	A <sub>8</sub>	B <sub>8</sub>	H15	h15
–	ПР	–	s7	A <sub>9</sub>	B <sub>9</sub>	H16	h16

Таблица 3. Таблица соответствия обозначений шероховатости

Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309-68	Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309-73	Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309-68	Обозначение шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309-73
▽1	Rz 320	▽8	Ra 0.63
▽2	Rz 160	▽9	Ra 0.32
▽3	Rz 80	▽10	Ra 0.16
▽4	Rz 40	▽11	Ra 0.08
▽5	Rz 20	▽12	Ra 0.04
▽6	Ra 2.5	▽13	Rz 0.1
▽7	Ra 1.25	▽14	Rz 0.05

## 2.2 Конструктивно-технологический анализ детали

В проекте необходимо дать оценку технологичности детали и обосновать предложения по её повышению. Технологичность конструкции изделия (детали) – совокупность свойств, определяющих её приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте заданных показателей качества, объёма выпуска и условий выполнения работ [42, 43].

Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия приведены в ГОСТ 14.201-83 [41].

К конструкции деталей предъявляются следующие требования:

- *конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной* в целом;
- детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;

- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные, т.е. экономически и конструктивно обоснованные, точность и шероховатость;

- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, её форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления (включая процессы упрочнения, коррозионной защиты и пр.), хранения и транспортирования;

- показатели базовой поверхности детали (точность, шероховатость) должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;

- заготовки должны быть получены рациональным способом с учётом заданного объёма выпуска и типа производства;

- метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;

- сопряжения поверхностей деталей различных классов точности и шероховатости должны соответствовать применяемым методам и средствам обработки;

- конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов её изготовления.

Указанные требования являются обобщением опыта проектирования и изготовления деталей – соответствие этим требованиям характеризует уровень технологичности деталей. Советуем студентам обратиться к книге [26], в которой сформулированы правила конструирования механически обрабатываемых деталей и проиллюстрированы на большом числе примеров.

Сопоставляя конструкцию заданной детали с требованиями стандарта и рекомендациями, необходимо дать качественную оценку технологичности конструкции и наметить пути её повышения.

На первом этапе конструктивно-технологического анализа необходимо выявить все поверхности, требующие механической обработки резанием. Для чего каждой поверхности присвоить свой номер (рис. 1).

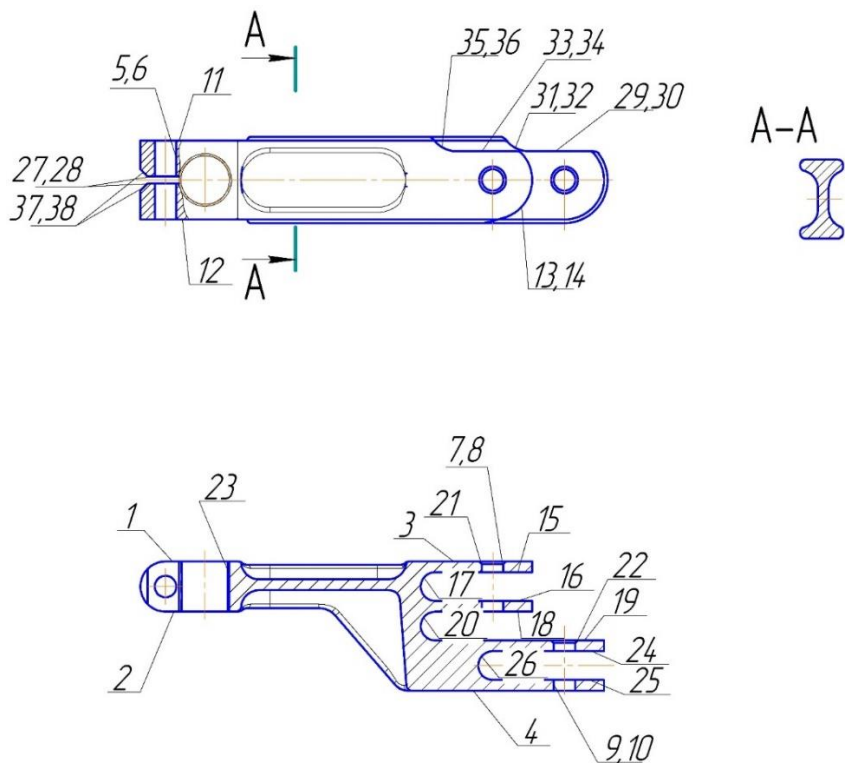


Рисунок 1 – Номера поверхностей детали

Следующим этапом является конструктивный анализ выделенных поверхностей. Для этого описываются характеристики каждой выделенной поверхности, такие как геометрия, расположение, доступность. Пример описания поверхностей:



- 1, 2 – горизонтальные плоские параллельные поверхности, пов. 2 принимается базовой плоскостью;
- 3, 4 – горизонтальные плоские параллельные поверхности, пов. 4 принимается базовой плоскостью;
- 5, 6 – соосные цилиндрические поверхности, с горизонтальной осью, перпендикулярной плоскости симметрии;
- 7, 8, – соосные цилиндрические поверхности, с вертикальной осью, лежащей в плоскости симметрии, перпендикулярной базовым плоскостям.

Для облегчения понимания конструкции детали и облегчения последующих этапов разработки технологического процесса изготовления детали строится 3D-модель детали (рис. 2).

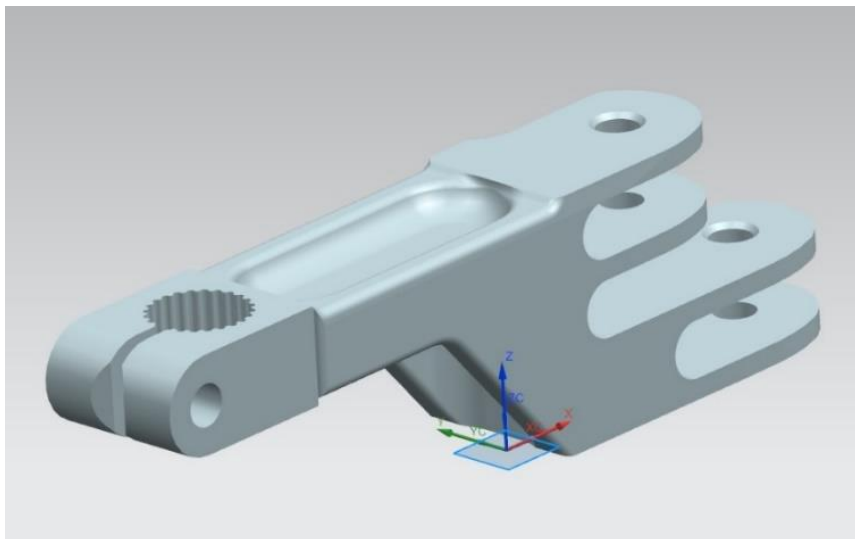


Рисунок 2 – 3D-модель рычага

После этого выявляются требования к поверхностям детали, определяемые конструкторской документацией (табл. 2, с. 13). Также в таблицу вносят рекомендуемую последовательность обработки каждой поверхности.

На выбор методов обработки оказывают влияние технические требования, включающие в себя требования по точности, качеству поверхности (шероховатость), требования по точности формы поверхности и допуска на взаимное расположение поверхностей. Выбор методов обработки детали зависит от технических требований, точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей детали (табл. 4).

Таблица 4. Характеристики поверхностей

№ пов.	Квалитет точности	Шероховатость	Этапы обработки
1	12	Ra2.5	Фрезерование однократное

Главными факторами, определяющими при этом требования к технологичности конструкции детали, являются вид изделия, куда входит деталь, объём выпуска и тип производства. Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие основные требования к технологичности конструкции изделий и деталей. Объём выпуска и тип производства определяют степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов.

**Пример повышения технологичности детали.** Чертежом предусматривалось изготовление детали «чашка» из алюминиевого сплава Д16Т в закалённом и естественно состаренном состоянии путем токарной обработки прессованного круглого прутка диаметром 105 мм нормальной точности изготовления (пруток Д16Т.КР.105 Н ГОСТ 21488-76, рис. 3).

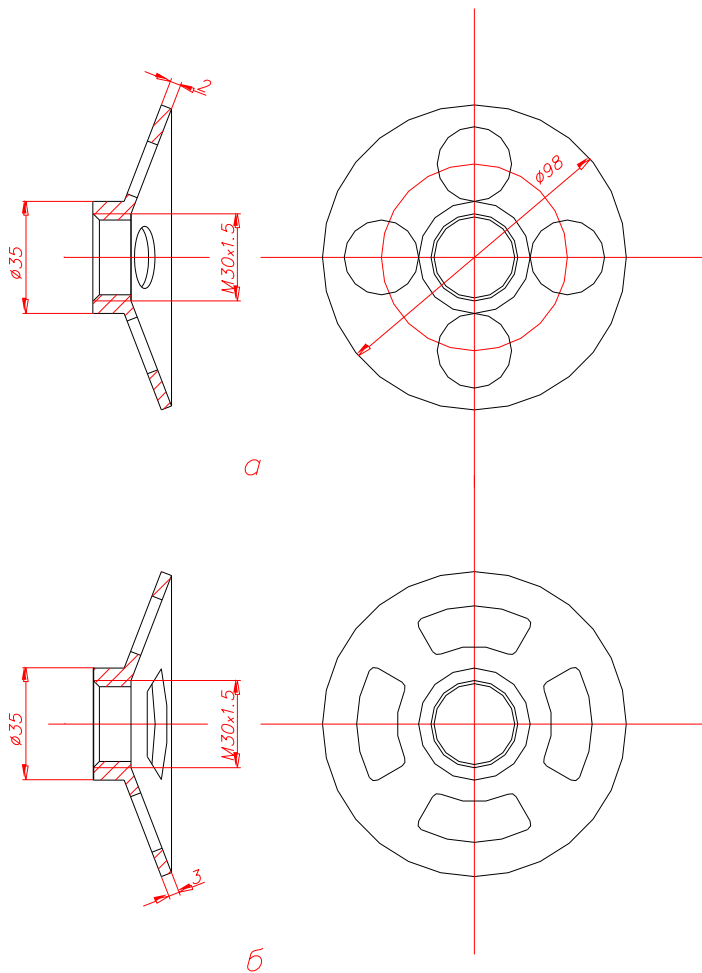


Рисунок 3 – Эскиз детали «чашка»:  
 а – до предложения; б – после предложения

Коэффициент использования материала заготовки при этом был чрезвычайно низким – при массе детали 0,015 кг масса заготовки равнялась 0,7 кг; трудоёмкость механической обработки – велика.

Было предложено изготавливать данную деталь из литейного алюминиевого сплава АЛ9Т4 в состоянии после закалки методом литья в кокиль с последующей нетрудоёмкой механической обработкой – подрезкой торца и нарезанием резьбы.

Трудоёмкость механической обработки снизилась на 2,5 нормочаса, расход пруткового материала – на 3,5 кг (в расчёте на одно изделие).

В рассмотренном примере замена более прочного прессованного алюминиевого сплава на менее прочный литейный сплав допускалась техническими требованиями на деталь, а для сохранения её эксплуатационных характеристик толщина тела чашки и диаметр втулки были увеличены лишь на 1 мм. Дополнительные расходы, связанные с изготовлением кокиля и литьём детали, оправдывались достаточной программой выпуска деталей.

### **2.3 Выбор вида и определения размеров заготовки**

Вид заготовки (пруток, профиль, литьё, поковка, штамповка), из которой должна изготавливаться заданная деталь, как правило, указывается в рабочем чертеже детали. В этом случае студент должен дать обоснованное объяснение необходимости использования заготовки именно этого вида. Иногда чертёж детали не содержит каких-либо указаний о виде заготовки. В этом случае необходимо дать обоснованное самостоятельное решение о выборе вида заготовки. Исходными данными для этого являются материал, форма, размеры, а также годовая программа выпуска деталей [1, 5, 10, 12, 14, 15, 21, 33, 36, 44, 45, 46, 47, 48, 54, 55].

Заготовку следует выбирать такой, чтобы её конфигурация в наибольшей мере соответствовала форме заданной детали. Это позволит снизить отходы материала и сократить время обработки.

Разработка технологического процесса изготовления заготовки в объём курсового проекта не входит, однако при выборе заготовки необходимо продумать в общих чертах последовательность её изготовления.

Размеры и форма заготовки должны быть рассчитаны с учётом величины припуска, необходимого для получения заданной шероховатости и точности обрабатываемых поверхностей детали и допуска на изготовление самой заготовки.

Наиболее распространёнными методами получения заготовок в производстве летательных аппаратов являются горячая штамповка и литьё.

Составление чертежа штамповки выполняют в следующей последовательности:

- выбирают поверхность разъёма штампа;
- назначают припуски, допуски, напуски;
- определяют штамповочные уклоны и строят линию разъёма;
- определяют радиусы закруглений;
- в штампах с отверстиями определяют размеры перемычек под пробивку.

Поверхность разъёма должна обеспечивать свободное извлечение штамповки из штампа. Лучше всего, когда в плоскости разъёма находятся два наибольших габаритных размера штамповки. Тогда третий наименьший размер является высотой. Плоскость разъёма выбирают так, чтобы можно было легче контролировать сдвиг между верхней и нижней плоскостями штампа.

Припуски, допуски и напуски на штамповки назначаются в зависимости от требуемой точности, массы и степени сложности штамповки, а также марки материала заготовки.

В рамках курсового проекта припуски на обработку определяются двумя методами. На один габаритный размер припуски определяются расчётно-аналитическим методом согласно методикам из источников [35].

Остальные припуски и отклонения, которые определяются по справочным таблицам допусков на изготовление штамповок, даются в [44, 45, 46, 47, 78, 54, 55].

Штамповочные уклоны необходимы для обеспечения удаления штамповки из ручья. Различают наружные и внутренние штамповочные уклоны. Внутренние уклоны обычно выполняют больше наружных.

Величина штамповочного уклона зависит от глубины полости или высоты выступа в штампе. На величину уклона также оказывают влияние металл штамповки и смазка штампа. Обычно величину уклона выбирают в пределах  $3...10^\circ$ .

На чертеже штамповки должны быть даны технические условия (требования) на её изготовление. Эти условия обычно включают следующее:

- указания о неоговорённых штамповых уклонах, радиусах закруглений;
- указания о неоговорённых допусках на вертикальные и горизонтальные размеры штамповки;
- технические требования на недоштаповку, термообработку, твёрдость, а также допускаемую величину остатка облоя, смещения штампа и глубину дефектов;
- расположение мест на штамповке для замера твёрдости, клеймения и маркировки.

Изготовление фасонных заготовок литьём является более экономичным, чем штамповкой. Литьём можно получать заготовки со сложными криволинейными поверхностями, полостями, выступами, расположенными в различных направлениях, при минимальном количестве обрабатываемых поверхностей с небольшими припусками на обработку и максимальным приближением к форме готовой детали.

Отливки, в отличие от заготовок из деформируемых сплавов, имеют практически однородные механические свойства во всех

направлениях и обладают повышенной жаропрочностью. Однако прочностные характеристики литых деталей несколько хуже, чем у деталей, изготовленных из горячих штамповок, поэтому в силовых конструкциях их применение ограничено. Необходимо также отметить, что во многих случаях литьё является единственным способом изготовления нужных деталей.

Применение того или иного способа литья (табл. 5) определяется точностью изготовления отливки, шероховатостью её поверхностей, а также маркой материала, необходимыми механическими свойствами, габаритными размерами и массой.

Отливки должны иметь по возможности равномерную толщину и прямолинейные очертания стенок. Это упрощает конструкцию модели и способствует повышению качества литой детали.

Таблица 5. Рекомендуемые способы литья для различных литейных сплавов и краткие характеристики этих сплавов

Достоинства	Недостатки
Литьё в песчаные формы (все литейные сплавы)	
Изготовление сложных крупногабаритных деталей, высокая манёвренность технологии производства	Низкая точность размеров и высокая шероховатость поверхности отливок, низкая производительность
Литьё в кокиль	
(сплавы: АЛ2, АЛ4, АЛ5, АЛ9, МЛ5, МЛ12, стальные сплавы для отливок простой конфигурации)	
Получение отливок с плотной структурой металла и повышенными механическими свойствами. Возможность механизации процесса. Экономия площадей и формовочных материалов	Ограниченные габаритные размеры и сложность отливок, высокая стоимость и длительность изготовления кокиля

Достоинства	Недостатки
Литъё в оболочковые формы (сплавы: МЛ5, МЛ7, МЛ12, 40Г2Л, 35ХГСЛ)	
Возможность заливки в любом положении. Пониженная шероховатость поверхности, высокая точность размеров. Экономия площадей	Ограниченные габаритные размеры и сложность деталей. Дефицитность формовочных материалов и их высокая стоимость. Высокая стоимость модельной оснастки. Необходимость работы с горячими моделями
Литъё по выплавляемым моделям (сплавы: 40Г2Л, 35ХГСЛ, 268Л, 27ХГСНМЛ)	
Применение безразъёмных моделей и форм для сложных деталей. Получение низкой шероховатости поверхности отливок и точных размеров, что позволяет свести до минимума механическую обработку заготовок	Ограниченные габаритные размеры отливок. Большая продолжительность цикла, невозможность контроля на всех операциях, повышенный брак. Дорогие формовочные материалы
Литъё под давлением (сплавы: АЛ2, АЛ9, ВИ-11-3, МЛ5)	
Получение тонкостенных отливок сложной конфигурации, почти не требующих механической обработки. Возможность армирования деталей, получение готовой резьбы, рельефных надписей, низкой шероховатости поверхности, высокой точности	Ограниченные габаритные размеры деталей. Не применяется для стальных отливок. Низкая прочность и плотность материала отливок. Невозможность применения упрочняющей термообработки ввиду наличия в отливках газовых пузырьков

Для облегчения извлечения отливок из форм необходимо предусмотреть литейные уклоны. Величина уклонов зависит от способа литья, материала отливки, а также её габаритов, массы и конфигурации. Обычно литейные уклоны находятся в пределах  $0,5 \dots 7^\circ$ .

Припуск на механическую обработку назначают с учётом коробления отливки, а также неточности её изготовления. Припуск увеличивается для отливок из сплавов с большой линейной усадкой, а также при увеличении габаритных размеров отливок. Обычно



припуск и допуск для различных литейных материалов и способов литья выбирается по таблицам или специальным нормативам [10, 12, 39, 54, 55].

На чертеже отливки должны быть указаны технические условия на изготовление отливок. Обычно в технических условиях указывается следующее:

- линия разъёма модели с указанием верха и низа по расположению её в форме;
- линия разъёма стержня (стержней);
- расположение и размеры стержневых знаков;
- расположение и конструкция прибыли;
- расположение базовой поверхности для разметки;
- точность и шероховатость поверхности отливки.

Для выбора оптимальной заготовки следует также обратить внимание на возможность получения заданной точности и шероховатости некоторых поверхностей детали без механической обработки. При этом можно руководствоваться ориентировочными данными, приведёнными табл. 6. Более точные и конкретные данные в зависимости от материала, габаритов и т.д. приведены в справочниках и стандартах [11, 15, 30, 44, 54].

Таблица 6. Качество поверхностей заготовок

Вид заготовки	Точность, квалитет	Шероховатость, Rz мкм
Литьё в землю	–	320 и более
Литьё в кокиль	12...14	20...320
Литьё в оболочковые формы	12...14	20...80
Литьё под давлением	9...12	10...40
Литьё по выплавляемым моделям	9...12	20...40
Штамповка	15...17	150...300
Прокат горячекатаный	14...16	150...300
Прокат калиброванный гладкотянутый	7...12	40...80

После того, как окончательно определены вид и размеры заготовки, студент выполняет рабочий чертёж заготовки с указанием всех необходимых технических требований.

На чертеже заготовки в том же масштабе следует нанести контуры обрабатываемой детали – это даёт возможность наглядного сравнения формы заготовки и детали (рис. 4). Контур детали выполняется условным пунктиром.

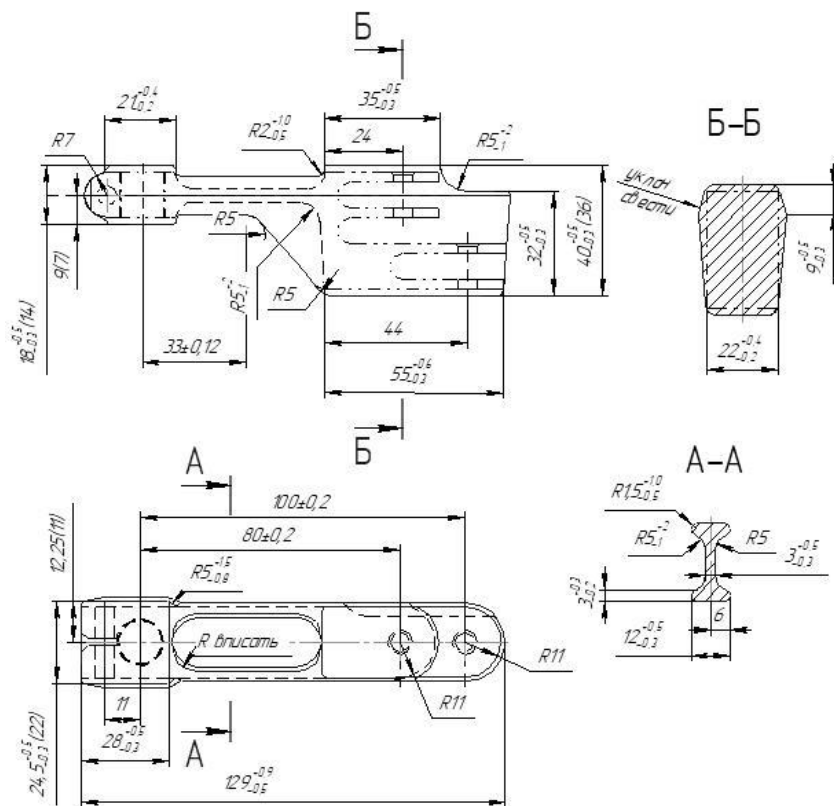


Рисунок 4 – Образец оформления чертежа заготовки

Производя выбор заготовки, следует стремиться к максимальному использованию материала. Рациональность использования материала заготовки определяется коэффициентом использования материала – КИМ.

При изготовлении деталей из прутков или труб рассчитывается количество заготовок, получаемых из материала различной стандартной длины, определяется коэффициент использования материала и решается вопрос о выборе оптимальной длины полуфабрикатов.

Выбор вида заготовок и сортамента материалов можно производить по справочникам [1, 28, 36], а также по ГОСТам: 82-70, 103-2006, 5520-2017, 1623-89, 19904-90 (листы и полосы из стали обыкновенного качества), 1577-93, 3836-83, 4041-2017, 5582-75, 11268-76 (листы и полосы из стали повышенного качества), 21631-2019, 2060-2006 (листы, полосы и прутки из цветных металлов), 800-78, 8731-87, 8732-78, 8734-75, 22897-86 (трубы стальные), 617-2006, 10092-2006, 13548-2016, 21646-2003 (трубы из цветных металлов).

## **2.4 Разработка маршрутного технологического процесса обработки деталей**

Вначале полезно ознакомиться с типовыми технологическими процессами механической обработки, а также с основными принципами проектирования таких процессов [2, 3, 5, 11, 13, 15].

Следует помнить, что каждый процесс (точение, хонингование и т.д.) обеспечивает соответствующую ему точность и шероховатость поверхности лишь в том случае, если проведена необходимая предварительная подготовка обрабатываемой поверхности. Например, развёртывание отверстия  $D > 12$  мм позволяет получить 7-й квалитет точности и 7–8-й классы шероховатости лишь при условии,

что отверстие предварительно обработано зенкером и черновой развёрткой (см. Приложение 1 [табл. П1], Приложение 2 [табл. П2], Приложение 3 [табл. П3], величины отклонений размеров по Приложению 4 [табл. П4]).

Таким образом, выбрав процесс финишной обработки, необходимо выбрать процессы предварительной обработки поверхностей деталей.

При установлении последовательности операций следует руководствоваться следующими общими соображениями:

- В первую очередь надо обработать поверхности деталей, которые являются основными базами для дальнейшей обработки.

- Затем следует обрабатывать поверхности, с которых снимается наиболее толстый слой металла, так как при этом легче обнаруживаются дефекты заготовки (раковины, включения, трещины и т.п.).

- Затем операции, при выполнении которых существуют вероятность брака из-за дефектов в материале или сложности механической обработки, должны выполняться в начале процесса.

- Далее последовательность операций устанавливается в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее должна быть поверхность, тем позднее она должна обрабатываться, так как обработка каждой последующей поверхности может вызвать искажение ранее обработанной поверхности. Это происходит из-за того, что снятие каждого слоя металла с поверхности детали вызывает перераспределение остаточных напряжений, что приводит к деформации детали.

- Поверхности, которые должны быть наиболее чистыми, также обрабатываются последними. Этим исключается или уменьшается возможность повреждения окончательно обрабатываемых поверхностей. Если такие поверхности были обработаны ранее и потом выполнялись другие операции, то их обрабатывают повторно для окончательной отделки.

При токарной обработке деталей обработку наружных и внутренних поверхностей рекомендуется выполнять в разных операциях, причём обработку внутренних поверхностей выполняют после обработки наружных поверхностей. Допускается совмещать в одной операции с обработкой наружных поверхностей сверление осевых отверстий.

В плане обработки, который составляется перед оформлением маршрутного технологического процесса, указывается последовательность выполнения технологических операций, начиная от черновой обработки заготовки и кончая контролем готовой детали. По каждой операции устанавливаются метод обработки, используемое оборудование, приспособление и режущий инструмент.

Любая деталь может быть получена различными методами механической обработки: можно применить различные виды оборудования, различные приспособления (универсальные или специальные), различные виды инструментов (универсальные, специальные), использовать различные виды заготовок (прутки, поковки, штамповки, разной точности отливки).

Студент на основе знаний технологии, станочного оборудования, приспособлений и инструментов должен составить два варианта плана обработки, которые должны обеспечивать необходимое качество деталей, но с экономической точки зрения (производительности, стоимости) будут различны. В качестве первого плана принимается план базового (производственного) техпроцесса. Сравнить их по этим характеристикам можно только, разработав подробно процесс, назначив режимы резания и рассчитав норму времени. Студент предлагает несколько вариантов процесса и даёт общую словесную оценку каждого (достоинства и недостатки). Затем по согласованию с руководителем выбирается два варианта процесса, которые подробно разрабатываются и сравниваются по технологической себестоимости. В плане обработки указывается только вид заготовки, наименование операций,

оборудование, приспособления и инструменты. Например, для вильчатого болта (рис. 5) могут быть предложены варианты изготовления, указанные в табл. 7. На основании разработанного плана заполняются бланки титульного листа и маршрутной технологии [53, 57, 58].

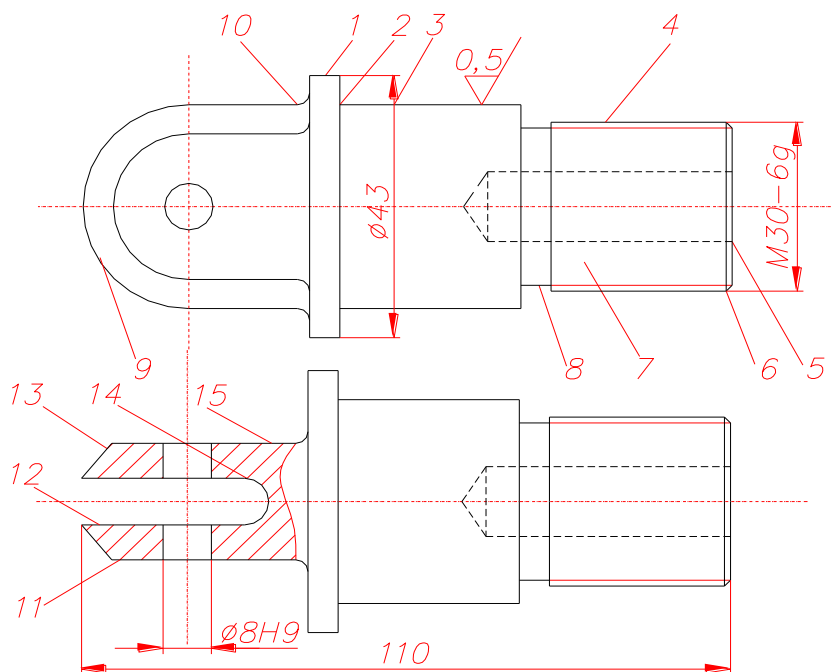


Рисунок 5 – Эскиз к плану обработки вильчатого болта

Таблица 7. Пример вариантов плана механической обработки

Операции	Вариант 1			Вариант 2		
	Станок	Приспособление	Инструмент	Станок	Приспособление	Инструмент
Из ступичной цилиндрической заготовки						
1 Токарная обработка поверхностей 1...10	Токарно-винторезный	3-кул. патрон	Набор резцов	Токарно-револьверный	Цанговый патрон	Фасонный резец
2 Нарезание резьбы М30-6Н/бд	Токарно-винторезный	3-кул. патрон	Резьбовой резец	Токарно-револьверный	Цанговый патрон	Плашка
3 Фрезерование поверхностей 11,12,13,15	Горизонтально-фрезерный	Одноместное приспособление	Набор из 3 фрез	Горизонтально-фрезерный	Многоместное приспособление	Набор из 3 фрез
4 Сверление отверстия (поверхность 14)	Вертикально-сверлильный	Кондуктор с ручным зажимом	Сверло диаметром 7,8 мм	Вертикально-сверлильный	Кондуктор с механизированным зажимом	Сверло диаметром 7,8 мм
5 Шлифование поверхности 3	Кругло-шлифовальный	Специальное	Шлифовальный круг	Бесцентрово-шлифовальный	Универсальное	Шлифовальный круг
6 Развёртывание отверстия $\phi 8H7$	Вертикально-сверлильный	Кондуктор с ручным зажимом	Комплект развёрток: черновая – $\phi 7,96$ ; чистовая – $\phi 8H7$	Вертикально-сверлильный	Кондуктор с механизированным зажимом	Комплект развёрток: черновая – $\phi 7,96$ ; чистовая – $\phi 8H7$

## 2.5 Разработка операционного технологического процесса

В соответствии с выбранным для детальной разработки вторым вариантом технологического процесса по каталогам производят выбор оборудования и инструментов, необходимых для выполнения всех операций и переходов [4, 11, 29, 34, 56]. Затем для трёх операций определяют режимы обработки и корректируют их в соответствии с паспортными данными выбранного оборудования [16, 17, 31]. При этом, если в паспортных данных не приведены конкретные значения возможных частот вращения (об/мин) и подач (мм/мин), то их следует выбирать из нормального ряда чисел: 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; и т.д.

Выбирая оборудование, следует в большей степени ориентироваться на применение современных станков с программным управлением. Основное достоинство станков с ЧПУ состоит в сокращении времени обработки, простоте переналадки и возможности использования в цехах, где наблюдается быстрая смена объектов производства.

Металлорежущие станки с ЧПУ можно классифицировать по различным признакам. В зависимости от вида основных операций обработки станки с ЧПУ подразделяют на технологические группы: токарные, фрезерные, сверлильные, координатно-расточные, сверлильно-фрезерные (фрезерно-расточные), сверлильно-фрезерно-расточные, шлифовальные, многоцелевые (многооперационные), типа «обрабатывающий центр», для электрообработки, разные.

По количеству используемого инструмента: одноинструментальные и многоинструментальные. Многоинструментальными принято считать станки с числом инструментов до 12. Станки, обеспечивающие особо высокую концентрацию операций, имеющие более 12 инструментов и снабжённые специальным магазином для



размещения инструментов, относят к многоцелевым. Особенно-стью многоцелевых станков является наличие стола или делительного приспособления с периодическим или непрерывным (по программе) движением.

При назначении операций и переходов рекомендуется ознакомиться с терминологией механических операций и классификатором переходов по ГОСТам и справочникам [6, 7, 16, 49, 50, 51, 56].

Специальность и разряд рабочих определяют по тарифно-классификационному справочнику [8].

Оформление маршрутных и операционных карт, вносимая информация и примеры оформления выполняются в соответствии с [34]. Пример оформления см. в Приложении 5.

На три операции технологического процесса изготовления детали заполняются бланки операционных карт по ГОСТ 3.1404-86 [57]. На картах рисуются операционные эскизы, позволяющие рабочему выполнять операции, не прибегая к подробному разбору размеров на чертеже и подсчёту межоперационных размеров. Изготавливаемая деталь должна быть изображена на эскизе в рабочем положении, т.е. так, как она устанавливается на станке. На эскизе даётся одна или несколько проекций детали, позволяющих обозначить опоры, зажимы и положение режущего инструмента относительно обрабатываемых поверхностей.

Условные обозначения опор, зажимов, нанесение знаков базирования необходимо выполнять по ГОСТ 3.1107-81. Примеры базирования заготовок и их условные обозначения на операционных эскизах представлены в табл. 8. Другие подобные примеры приведены в учебнике [9, 18, 52] (табл. 8).

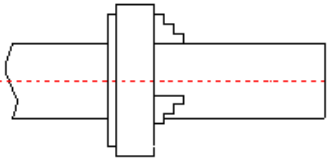
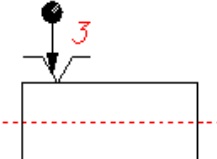
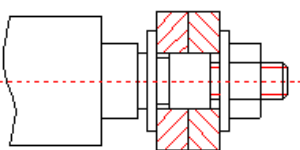
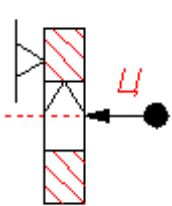
На операционном эскизе указываются данные, необходимые для выполнения технологического процесса (размеры, предельные отклонения, обозначение шероховатостей обрабатываемых поверхностей, технические требования).

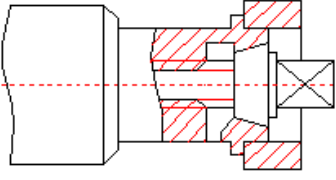
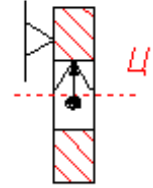
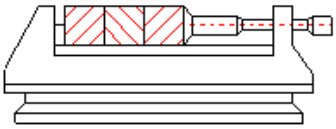
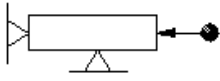
Технические требования следует размещать на свободном поле эскиза справа от изображения или под ним.

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

На эскизах все обрабатываемые поверхности нумеруются арабскими цифрами, номер обрабатываемой поверхности проставляют в окружности диаметром 6...8 мм и соединяют размерной линией. При этом размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности в содержании операции (перехода) не указывают, например: «развернуть отверстие 1», «расточить отверстие 2». Номера обрабатываемых поверхностей проставляются на эскизе обязательно в последовательном порядке по часовой стрелке; при этом желательно располагать их по горизонтальным и вертикальным линиям, не допуская пересечения выносных линий. Нумерация поверхностей в каждой операции начинается с первого номера.

Таблица 8. Наиболее распространённые способы установки заготовки, условные графические обозначения опор и зажимов

Опора или способ установки	Эскиз установки	Условное обозначение
В трёхкулачковом самоцентрирующем патроне с базированием по наружному диаметру без упора в торец		
На консольной оправке с базированием по торцу		

Опора или способ установки	Эскиз установки	Условное обозначение
Консольно на разжимной цилиндрической оправке, закрепляемой гайкой, с базированием по торцу		
Крепление в машинных тисках на постоянных опорах		

На эскизе проставляются только те размеры и технические условия, которые получаются в результате обработки и требуются для контроля данной операции. Допуски на размеры указываются в буквенном и числовом выражении. Числовые величины допусков рекомендуется проставлять в скобках, например 20H7 ( $+0,025$ ).

Номер операции проставляется по маршрутной карте в технологической последовательности выполнения техпроцесса. Нумерацию обозначают трёхзначным числом, кратным 5 (005,010,015). Интервалы в нумерации приняты для возможности последующего внесения промежуточных операций.

Запись переходов должна быть краткая и ясная, глагол в тексте должен стоять в неопределенной форме (точить, фрезеровать, сверлить и т.д.). Числовые размеры, указанные на операционном эскизе, в тексте не повторяются. Промежуточные размеры, не указанные в эскизе, записываются в тексте, например:

1. Обточить поверхность 1 до  $\varnothing 31,5$  на длину 48 (запись перехода промежуточной обработки поверхности 1).

2. Обточить поверхность 1 (запись перехода чистовой обработки поверхности 1 в соответствии с размерами, указанными на операционном эскизе).

Переходы, установки и переустановки деталей нумеруются арабскими цифрами в порядке их технологической последовательности и начинаются в каждой операции с первого номера.

При сложных многоинструментальных переходах каждый отдельный элемент перехода записывается в своей строке под номером данного перехода с добавлением порядковой буквы алфавита (1а, 1б, 1в и т.д.).

При наличии ряда позиций для данного установа (например, фрезерования четырёх пазов, расположенных по окружности под углом  $90^\circ$ ) после записи установа указываются номер позиции и выполняемые в этой позиции переходы. Далее в последовательном порядке записываются остальные позиции и соответствующие им переходы. Если при этом перемещении детали в каждую позицию и соответствующие им переходы совершенно одинаковы, то после записи первой позиции и соответствующих ей переходов указывается, сколько раз они повторяются.

Для режущего инструмента даётся его название, размер, материал, из которого он сделан, а для нормального инструмента дополнительно указывается шифр или номер ГОСТа по каталогу. Например, резец подрезной – 16x25x150x – Т15К6.

Режущие инструменты работают в условиях больших нагрузок, высоких температур, трения и износа, поэтому инструментальные материалы должны удовлетворять особым эксплуатационным требованиям. Материал рабочей части инструмента должен иметь большую твёрдость и высокие допускаемые напряжения на изгиб, растяжение, сжатие, кручение. Твёрдость материала рабочей части инструмента предусматривают значительно большей, чем твёрдость материала обрабатываемой заготовки.

Высокие прочностные свойства необходимы, чтобы инструмент обладал сопротивляемостью соответствующим деформациям в процессе резания, а достаточная вязкость материала инструмента позволяет воспринимать ударную динамическую нагрузку, возникающую при обработке заготовок из хрупких материалов и заготовок с прерывистой поверхностью. Инструментальные материалы должны иметь высокую красностойкость, т.е. сохранять большую твёрдость при высоких температурах нагрева. Важнейшей характеристикой материала рабочей части инструмента является износостойкость. Чем выше износостойкость, тем медленнее изнашивается инструмент и выше его размерная стойкость. Это значит, что детали, последовательно обработанные одним и тем же инструментом, будут иметь минимальный разброс размеров. Материалы для изготовления режущих инструментов должны по возможности содержать наименьшее число дефицитных элементов.

Углеродистые инструментальные стали содержат 0,9...1,3% С (углерода). Для изготовления инструментов применяют качественные стали У10А, У11А, У12А. После термической обработки стали (HRC, 60...62) имеют красностойкость в 200...250 °С. При этой температуре твёрдость стали резко уменьшается, и инструменты не могут выполнять работу резания. Эти стали имеют ограниченное применение, так как допустимые скорости резания не превышают 15...18 м/мин. Из них изготавливают метчики, плашки, ножовочные полотна и другие инструменты.

Основой легированных инструментальных сталей служат инструментальные углеродистые стали, легированные хромом Х, вольфрамом В, ванадием Ф, кремнием С и другими элементами. После термообработки легированные стали (HRC, 62...64) имеют красностойкость 250...300 °С. По сравнению с углеродистыми они имеют повышенную вязкость в закалённом состоянии, более высокую прокаливаемость, меньшую склонность к деформациям и появлению

трещин при закалке. Допустимая скорость резания – 15...25 м/мин. Для изготовления протяжек, свёрл, метчиков, плашек, развёрток используют стали 9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС 9ХС и др.

Быстрорежущие стали содержат 8,9...19% W, 3,8...4,4% Cz, 2...10% Со и V. Для изготовления режущих инструментов используются стали Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р6М5, Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф2, Р10К5Ф5. Режущий инструмент из быстрорежущей стали (HRC, 62...65) после термической обработки имеет красностойкость 600...630 °С и обладает повышенной износостойкостью. Он может работать со скоростями до 100 м/мин.

Сталь Р9 рекомендуют для изготовления инструментов простой формы (резцов, фрез, зенкеров). Для фасонных и сложных инструментов (для нарезания резьб и зубьев), для которых основным требованием является высокая износостойкость, рекомендуют использовать сталь Р18. Кобальтовые быстрорежущие стали (Р9К5, Р18К5Ф2, Р9К10) применяют для обработки деталей из труднообрабатываемых коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов, в условиях тяжёлого прерывистого резания, вибраций, при плохих условиях охлаждения.

Ванадиевые быстрорежущие стали (Р9Ф5, Р14Ф4) рекомендуют для изготовления инструментов, предназначенных для чистовой обработки (протяжки, развёртки, цековки). Их можно применять для обработки деталей из труднообрабатываемых материалов при срезании стружек с небольшим поперечным сечением.

Вольфрамо-молибденовые стали (Р9М4, Р6М3) используют для инструментов, работающих в условиях черновой обработки, а также для изготовления протяжек, фрез и других инструментов.

Для экономии быстрорежущих сталей режущий инструмент изготавливают сборным или сварным. Рабочую часть инструмента

делают из быстрорежущей стали, которую сваривают с хвостовиком из углеродистой стали 45, 50, 40Х и др. Часто используют пластинки из быстрорежущей стали, которые приваривают к державкам или корпусам инструментов.

Металлокерамические сплавы – это твёрдый раствор карбидов вольфрама, титана и тантала ( $WC$ ,  $TiC$ ,  $TaC$ ) в металлическом кобальте ( $Co$ ). Твёрдые сплавы применяют в виде пластинок определённых форм и размеров, изготавливаемых порошковой металлургией. Пластины предварительно прессуют, а затем спекают при температуре 1 500...1 900 °С.

Твёрдые сплавы делят на группы: вольфрамовую (ВК2, ВК3, ВК3М, ВК4, ВК4В, ВК6, ВК6В, ВК8, ВК8В, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25); титановольфрамовую (Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12В); титанотанталовольфрамовую (ТТ17К12, ТТ10К8В). Пластины твёрдого сплава (HRC<sub>3</sub>, 86...92) обладают высокой износостойкостью и красностойкостью (800...1 000 °С), что позволяет вести обработку со скоростями до 800 м/мин. Эти пластины припаивают к державкам или корпусам инструментов медными (латунными) припоями или крепят механическим способом.

В промышленности применяют многогранные неперетачиваемые твёрдосплавные пластинки (трёх-, четырёх-, пяти-, шестигранные и др.), которые крепят механическим способом. После изнашивания одной из режущих кромок пластинки в работу вводят следующие. Недостатком твёрдых сплавов является низкая пластичность. С уменьшением содержания кобальта и увеличением содержания карбидов титана их пластичность уменьшается.

Твёрдые сплавы группы ВК используют для обработки деталей из хрупких металлов, пластмасс и неметаллических материалов, а сплавы группы ТВК – для обработки деталей из пластичных и вязких материалов и сплавов. Мелкозернистые твёрдые сплавы (ВК6М и др.) применяют для обработки деталей из труднообрабатываемых

коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов, твёрдых чугунов, бронз, закалённых сталей, сплавов лёгких металлов, сплавов титана, фарфора, керамики, стекла, ферритов и т.п. Трёхкарбидные сплавы ТТК отличаются от группы сплавов ВК, ТВК повышенной износостойкостью, прочностью и вязкостью. Эти сплавы применяют для обработки деталей из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса.

Сложные по форме инструменты (свёрла, зенкеры, развёртки, элементы протяжек), а также инструменты небольших размеров часто изготавливают из пластифицированных твёрдых сплавов.

Минералокерамика – синтетический материал, основой которого является глинозём ( $Al_2O_3$ ), подвергнутый спеканию при температуре 1 720...1 750 °С. Минералокерамика марки ЦМ-332 (HRC, 91...93) имеет красностойкость 1 200 °С. Минералокерамика имеет высокую износостойкость, и её применяют для изготовления инструментов, к которым предъявляют повышенные требования по размерной стойкости. Её малое родство с металлами исключает слипание с материалом обрабатываемой детали. Недостатками минералокерамики являются прочность и большая хрупкость.

Пластинки из минералокерамики крепят к державкам резцов или корпусам инструментов механическим способом или, сделав металлизацию пластинок, припаивают их. Инструменты, оснащённые пластинками из минералокерамики, эффективно используют при полустойковой обработке деталей из сталей и цветных металлов в условиях безударной нагрузки. Для повышения эксплуатационных характеристик инструментов с пластинками из минералокерамики в неё добавляют W, Mo, V, Ti, Ni. Такие материалы называют керметами. Особое значение керметы приобретают при обработке деталей из труднообрабатываемых сталей и сплавов.

Алмазы составляют особую группу материалов. В промышленности используют природные (А) и синтетические алмазы марок



АСО, АСР, АСБ, АСК, АСС, АСМ, АСН. Алмаз является самым твёрдым материалом, имеет высокую красностойкость и износостойкость. Недостатком алмазов является их повышенная хрупкость. Их используют для изготовления алмазных инструментов (круги, пилы, бруски, ленты) и алмазных доводочных порошков. Кристаллы алмазов применяют для оснащения режущих инструментов (резцов, свёрл и др.). Масса единичных кристаллов, идущих на оснащение режущих инструментов, составляет 0,2...0,8 карата (1 карат = 0,2 г).

Наиболее широко используют алмазные резцы, которые применяют при тонком точении или растачивании деталей из сплавов алюминия, бронз, латуней и неметаллических материалов. Алмазный инструмент применяют также для обработки деталей из твёрдых материалов, германия, кремния, полупроводниковых материалов, керамики, жаропрочных сталей и сплавов. При использовании алмазных инструментов повышается качество обработанных поверхностей деталей. Обработку ведут со скоростями более 100 м/мин. Поверхности деталей, обработанные в этих условиях, имеют низкую шероховатость и высокую точность размеров, так как алмазы имеют высокую размерную стойкость.

Для выбранного металлорежущего инструмента выполняется расчёт режимов резания в соответствии с методиками укрупнёнными [21, 29] или более точными, с учётом всех факторов процесса обработки [16, 17].

Для измерительного инструмента указываются его наименование и основные размеры (например, скоба предельная 25h9, микрометр 25–50), а для вспомогательного – наименование (оправка, резцедержавка, зажимная втулка и т.д.). В случае использования специального приспособления даётся его название и шифр (или чертёжный номер).

Расчётная длина обработки складывается из длины обрабатываемой поверхности (определяется по эскизу и расчётам), величины

врезания и выхода (перебега) инструмента. В случае обработки в многоместных приспособлениях последовательного типа в соответствующую графу операционной карты записывают расчётную длину обработки, отнесённую к одной детали. Нормы времени укзываются до тысячных долей минуты.

Пример оформления операционной карты механической обработки и операционного эскиза приведён в литературе [57, 58].

При разработке технологического процесса обработки деталей на станках с ЧПУ [4, 25] необходимо составить расчётно-технологическую карту в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями и расчётными размерами [4] и рассчитать числовую управляющую программу автоматической работы станка ручным методом [4] или с помощью ЭВМ [25]. Пример оформления документации приведён в литературе [57, 58, 59].

После того, как выбраны станки, приспособления и инструмент, определены размеры обработки для всех переходов и режимы обработки, рассчитывают нормы основного и вспомогательного времени, а также штучно-калькуляционное время на операцию.

Технической нормой времени называется время, необходимое для выполнения операции в конкретных производственных условиях. Расчёт заработной платы, входящей в себестоимость продукции, и сравнение трудоёмкости различных операций производятся на основании штучно-калькуляционного времени, которое определяется по формуле:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{шт}}$  – штучное время в мин;  $T_{\text{пз}}$  – подготовительно-заключительное время на партию деталей в мин;  $n$  – количество деталей в партии.

Подготовительно-заключительное время  $T_{пз}$  – это время, затрачиваемое рабочим на ознакомление с заданием и чертежом, подготовку рабочего места, наладку оборудования, установку и снятие приспособления;  $T_{пз}$  определяется по нормативам [19, 22, 23, 24].

Количество деталей в партии можно определить исходя из годовой программы выпуска данных деталей  $N$ , запаса деталей в днях (сутках)  $T_y$  и числа рабочих дней в году  $\Phi_k$ :

$$n = \frac{N}{\Phi_k} T_y. \quad (2)$$

Время  $T_y$  в условиях работы серийных заводов принимают равным 5 или 10 дням.

Штучное время в общем виде может быть представлено в виде суммы следующих слагаемых:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{орг} + T_{тех} + T_{отд}. \quad (3)$$

Основное время  $T_o$  – время, в течение которого происходит изменение формы, размеров или состояния поверхности обрабатываемой детали.

Для процессов механической обработки основное время определяется по формуле:

$$T_o = i \frac{L}{S_M} = i \frac{L}{nS}, \quad (4)$$

где  $i$  – число проходов для снятия припуска;  $L$  – длина рабочего хода в направлении подачи, мм;  $S_M$  – подача, мм/мин;  $n$  – частота вращения изделия или инструмента (об/мин) или число двойных ходов в мин;  $S$  – подача на один оборот или двойной ход (изделия или инструмента), мм.

Длина рабочего хода в направлении подачи состоит из трёх величин:

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (5)$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи,  $l_1$  и  $l_2$  – врезание и перебег инструмента.

Вспомогательное время  $T_v$  – время, затрачиваемое на создание условий для выполнения основной работы.

Во вспомогательное время входит время на установку и снятие детали, на изменение режима работы оборудования, подвод и отвод инструмента, замену инструмента в процессе выполнения операции, измерение детали в процессе её обработки и т.д. Определяется по нормативам [19, 22, 23, 24, 38].

Основное и вспомогательное время составляют вместе оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_v. \quad (6)$$

Время технического обслуживания рабочего места  $T_{тех}$  – время, затрачиваемое на смену притупившегося инструмента, регулирование инструмента, наладку оборудования в процессе работы, сметание стружки и т.д.

Время организационного обслуживания рабочего места  $T_{орг}$  – время, затрачиваемое на раскладку и уборку инструмента перед началом и в конце работы, получение инструмента, смазку станка и т.д.

В некоторых случаях, когда сложно или нецелесообразно определять в отдельности время  $T_{тех}$  и время  $T_{орг}$ , определяют время обслуживания рабочего места:

$$T_{обс} = T_{тех} + T_{орг}. \quad (7)$$

Время на отдых и личные надобности рабочего  $T_{\text{отд}}$  определяется по нормативам.

Общая формула для расчёта штучного времени в условиях серийного производства включает в себя основное и вспомогательное время, а также доли времени технического и организованного обслуживания и времени на отдых и личные надобности:

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_v) \left( 1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100} \right), \quad (8)$$

где  $\alpha$  – отношение времени на техническое обслуживание рабочего места к оперативному времени, %;  $\beta$  – отношение времени организованного обслуживания рабочего времени к оперативному времени, %;  $\gamma$  – отношение времени на отдых и личные надобности к оперативному времени, %.

Величины этих коэффициентов составляют  $\alpha = (2 \dots 10) \%$ ,  $\beta = (1 \dots 8) \%$ ,  $\gamma = (1 \dots 5) \%$ .

Рассчитанные режимы резания и нормы времени вносятся в операционные и маршрутные карты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1979. – Т. 1. – 728 с.
- 2 Братухин, А.Г. Современные технологии авиастроения / А.Г. Братухин; под. ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
- 3 Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник / Б.М. Базров. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
- 4 Балла, О.М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Оборудование. Оснастка. Технология: учебное пособие / О.М. Балла. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 368 с. – ISBN 978-5-8114-4640-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/123474>.
- 5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – Минск: Высш. шк., 1983. – 256 с.
- 6 Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. / под ред. В.Д. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1983. – Ч. 1. – 543 с.
- 7 Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. / под ред. В.Д. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1983. – Ч. 2. – 448 с.
- 8 Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. Вып.2. – URL: <https://lugasoft.ru/ok/etks/02> (дата обращения: 01.01.2021).
- 9 ЕСТПП. Выбор и рациональное применение систем станочных приспособлений. Метод указания / Гос. ком. СССР по стандартам. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 88 с.
- 10 Зубарев, Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учебное пособие для

вузов / Ю.М. Зубарев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 256 с. – ISBN 978-5-8114-6675-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/151655>.

11 Звонцов, И.Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 696 с. – ISBN 978-5-8114-4520-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121985>.

12 Клименков, С.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / С.С. Клименков. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 408 с.

13 Ковшов, А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 320 с. – ISBN 978-5-8114-0833-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/86015>.

14 Кондаков, А.И. Выбор заготовок в машиностроении: справочник / А.И. Кондаков, А.С. Васильев. – М.: Машиностроение, 2007. – 559 с.

15 Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.И. Кондаков. – М.: Кнорус, 2012. – 399 с.

16 Лепилин, В.И. Режимы резания авиационных материалов при сверлении, зенкерования и развертывании: учеб. пособие / В.И. Лепилин. – Самара: Изд-во СГАУ, 1993 – 79 с.

17 Лепилин, В.И. Режимы резания авиационных материалов при точении [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.И. Лепилин. – Самара: Изд-во СГАУ, 2000. – 8,57 МВ.

18 Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 512 с. – ISBN 978-5-8114-0771-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/71755>.

19 Межотраслевые укрупнённые нормативы времени на работы, выполняемые на токарно-винторезных станках (Единичное и мелкосерийное производство) Москва, 2003. – 307 с.

20 Мельников, А.С. Технология машиностроения: основы снижения затрат на производство машины: учеб. пособие / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин, А.И. Азарова. – Ростов н/Д: Изд. Центр ДГТУ, 2012. – 120 с.

21 Мурысева, В.С. Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование. С электронным диском: учебное пособие / В.С. Мурысева. – Минск: Вышэйшая школа, 2008. – 320 с. – ISBN 978-985-06-1581-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/65609>.

22 Общемашиностроительные укрупнённые нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках: Единичное, мелкосерийное и среднесерийное производство. Ч. II: Фрезерные станки. – М.: ЭКОНОМИКА. 1988 – 240 с.

23 Общемашиностроительные укрупнённые нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках Единичное, мелкосерийное и среднесерийное производство. Ч. III: Сверлильные станки. – М.: ЭКОНОМИКА. 1988 – 181 с.

24 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин и приборов в условиях массового, крупносерийного и среднесерийного типов производства. – М.: ЭКОНОМИКА. 1991. – 159 с.



25 Тимирязев, В.А. Основы технологии машиностроительного производства: учебник / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе. – М.: Лань, 2012. – 442 с.

26 Чернилевский, Д.В. Детали машин и основы конструирования: учебник / Д.В. Чернилевский. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Машиностроение, 2012. – 672 с. – ISBN 978-5-94275-617-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/5806>.

27 Классификатор машиностроительных изделий: учебное пособие / А.Н. Чекмарёв, Н.Н. Желтов. – Самара: Изд-во СГАУ, 1999. – 50 с.

28 Обработка металлов резанием: справочник технолога / под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.

29 Прогрессивный режущий инструмент и режимы резания: справочник / под ред. М.В. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 391 с.

30 Радкевич, Я.М. Расчёт припусков и межоперационных размеров в машиностроении / Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе [и др.]. – М.: Высшая школа, 2004.

31 Режимы резания металлов: справочник / под ред. Ю.В. Барановского. 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1972. – 407с.

32 Рудман, М.Д. Кодирование конструкторской и технологической документации при выполнении студентами самостоятельных работ: учеб. пособие / М.Д. Рудман. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 1992. – 46 с.

33 Серебrenицкий, П.П. Краткий справочник технолога-машиностроителя / П.П. Серебrenицкий. – СПб.: Политехника, 2007. – 951 с.

34 Суслов, А.Г. Технология машиностроения: учебник / А.Г. Суслов. – М.: Машиностроение, 2007. – 430 с.

35 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – Т. 1. – 535 с.; Т. 2. – 496 с.

36 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – Т. 1. М.: Машиностроение, 1985. – 656 с. – Т. 2. М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.

37 СТО 02068410-004-2018 Общие требования к учебным текстовым документам: Стандарт организации / Самара: Самарский университет, 2018. – 32с.

38 Степанов, А.П. Научная организация и нормирование труда в машиностроении: учебник / А.П. Степанов, И.М. Рарумов, С.В. Смирнов [и др.]. – М.: Машиностроение, 2000. – 535 с.

39 Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.

40 ГОСТ 12.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 36 с.

41 ГОСТ 3.1201-85. Система обозначения технологической документации. – М., 1986.

42 ГОСТ 14.205-83. Технологичность конструкции изделия. Термины и определения. – М., 1983.

43 ГОСТ 14.201-83. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия. – М., 1984.

44 ОСТ 1.41187-78. Заготовки штампованные. Допуски на размеры и припуски на обработку. – М., 1978.

45 ОСТ 1.41188-73. Заготовки штампованные. Конструктивные элементы. – М., 1978.

46 ГОСТ 7062-90. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 46 с.

47 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 52 с.

48 ГОСТ 7829-70. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 41 с.

49 ГОСТ 17420-72. Операции механической обработки резанием. Термины и определения. – М., 1972.

50 ГОСТ 25761-83. Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий. – М., 1984.

51 ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. – М., 1984.

52 ГОСТ 3.1107-81 ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения. – М., 1982.

53 ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт. – М., 1984.

54 ОСТ 1.41154-82. Отливки из сплавов на основе алюминия, магния, меди, свинца, цинка, железа, никеля. Допуски на размеры и припуски на механическую обработку. – М., 1982.

55 ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

56 ОСТ 1.41512-86. Детали механообрабатываемые. Размеры технологические нормальные. Припуски и допуски межоперационные на механическую обработку. – М., 1986.

57 ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – М., 1987.

58 ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – М., 1981.

59 ГОСТ 14.206-73. Технологический контроль конструкторской документации. – М., 1975.

## Приложение 1

Таблица П1. Обработка отверстий в сплошном материале по качеству 7 (Н7)

Диаметр обработ. отвер- стия, мм	Диаметр в мм					
	Сверла		После растачи- вания резцом	Зенкера	Черновой развёртки	Чистой развёртки
	1-го	2-го				
3	2,9	–	–	–	–	3Н7
4	3,9	–	–	–	–	4Н7
5	4,8	–	–	–	–	5Н7
6	5,8	–	–	–	–	6Н7
8	7,8	–	–	–	–	8Н7
10	9,8	–	–	–	9,96	10Н7
12	11,0	–	–	11,85	11,95	12Н7
13	12,0	–	–	12,85	12,95	13Н7
14	13,0	–	–	13,85	13,95	14Н7
15	14,0			14,85	14,95	15Н7
16	15,0	–	–	15,85	15,95	16Н7
18	17,0	–	–	17,85	17,94	18Н7
20	18,0	–	19,8	19,8	19,94	20Н7
22	20,0	–	21,8	21,8	21,94	22Н7
24	22,0	–	23,8	23,8	23,94	24Н7
25	23,0	–	24,8	24,8	24,94	25Н7
26	24,0	–	25,8	25,8	25,94	26Н7
28	26,0	–	27,8	27,8	27,94	28Н7
30	15,0	28,0	29,8	29,8	29,93	30Н7
32	15,0	30,0	31,7	31,75	31,93	32Н7
35	20,0	33,0	34,7	34,75	34,93	35Н7
38	20,0	36,0	37,7	37,75	37,93	38Н7
40	25,0	38,0	39,7	39,75	39,93	40Н7
42	25,0	40,0	41,7	41,75	41,93	42Н7

Продолжение табл. П1

Диаметр обработ. отверстия, мм	Диаметр в мм					
	Сверла		После растачивания резцом	Зенкера	Черновой развёртки	Чистой развёртки
	1-го	2-го				
45	25,0	43,0	44,7	44,75	44,93	45Н7
48	25,0	46,0	47,7	47,75	47,93	48Н7
50	25,0	48,0	49,7	49,75	49,93	50Н7
60	30,0	55,0	59,5	59,5	59,9	60Н7
70	30,0	65,0	69,5	69,5	69,9	70Н7
80	30,0	75,0	79,5	79,5	79,9	80Н7
90	30,0	80,0	89,3	–	89,8	90Н7
100	30,0	80,0	99,3	–	99,8	100Н7
120	30,0	80,0	119,3	–	119,8	120Н7
140	30,0	80,0	139,3	–	139,8	140Н7
160	30,0	80,0	159,3	–	159,8	160Н7
180	30,0	80,0	179,3	–	179,8	180Н7

*Примечания к таблице П1:*

1. При обработке отверстий диаметром до 15 мм вкл. в чугуне растачивание зенкером не применяется.
2. При сверлении отверстий диаметром 30 и 32 мм в чугуне применять одно сверло – соответственно диаметром 28 и 30 мм.
3. В случае применения одной развёртки на неё распространяется суммарный припуск черновой и чистой развёрток, указанный в табл. П1.
4. Начиная с диаметра 75 мм, рекомендуется вместо сверления спиральными свёрлами применять кольцевое сверление.

## Приложение 2

Таблица П2. Обработка отверстий в сплошном материале по качеству 9 (Н9)

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	Сверла		После расточивания резцом	Зенкера	Развёртки
	1-го	2-го			
3	2,9	–	–	–	3Н9
4	3,9	–	–	–	4Н9
5	4,8	–	–	–	5Н9
6	5,8	–	–	–	5Н9
8	7,8	–	–	–	8Н9
10	9,8	–	–	–	10Н9
12	11,8	–	–	–	12Н9
13	12,8	–	–	–	13Н9
14	13,8	–	–	–	14Н9
15	14,8	–	–	–	15Н9
16	15,8	–	–	15,85	16Н9
18	17,0	–	–	17,85	18Н9
20	18,0	–	19,8	19,8	20Н9
22	20,0	–	21,8	21,8	22Н9
24	22,0	–	23,8	23,8	24Н9
25	23,0	–	24,8	24,8	25Н9
26	24,0	–	25,8	25,8	26Н9
28	26,0	–	27,8	27,08	28Н9
30	15,0	28,0	29,8	29,8	30Н9
32	15,0	30,0	31,7	31,75	32Н9
35	20,0	33,0	34,7	34,75	35Н9
38	20,0	36,0	37,7	37,75	38Н9
40	25,0	38,0	39,7	39,75	40Н9
42	25,0	40,0	41,7	41,75	42Н9

Окончание табл. П2

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	Сверла		После расточивания резцом	Зенкера	Развёртки
	1-го	2-го			
45	25,0	43,0	44,7	44,75	45Н9
48	25,0	46,0	47,7	47,75	48Н9
50	25,0	48,0	49,7	49,75	50Н9
60	30,0	55,0	59,5	–	60Н9
70	30,0	65,0	69,5	–	70Н9
80	30,0	75,0	79,5	–	80Н9
90	30,0	80,0	89,3	–	90Н9
100	30,0	80,0	99,3	–	100Н9
120	30,0	80,0	119,3	–	120Н9
140	30,0	80,0	139,3	–	140Н9
160	30,0	80,0	159,3	–	160Н9
180	30,0	80,0	179,3	–	180Н9



### Приложение 3

Таблица ПЗ. Обработка литых и горячештампованных отверстий  
по квалитетам 7...9

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	Черновое растачивание		Диаметр после растачивания с допуском по Н11	Черновая развёртка	Чистовая развёртка по Н7...Н9
	1-е	2-е			
30	–	28,0	29,8	29,93	30
32	–	30,0	31,7	31,93	32
35	–	33,0	34,7	34,93	35
38	–	36,0	37,7	37,93	38
40	–	38,0	39,7	39,93	40
42	–	40,0	41,7	41,93	42
45	–	43,0	44,7	44,93	45
48	–	46,0	47,7	47,93	48
50	45	48,0	49,7	49,93	50
52	47	50,0	51,5	51,93	52
55	51	53,0	54,5	54,92	55
58	54	56,0	57,5	57,92	58
60	56	58,0	59,5	59,92	60
62	58	60,0	61,5	61,92	62
65	61	63,0	64,5	64,92	65
68	64	66,0	67,5	67,90	68
70	66	68,0	69,5	69,90	70
72	68	70,0	71,5	71,90	72
75	71	73,0	74,5	74,90	75
78	71	76,0	77,5	77,90	78
80	75	78,0	79,5	79,90	80
82	77	80,0	81,3	81,85	82

Продолжение табл. ПЗ

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	Черновое растачивание		Диаметр после растачивания с допуском по Н11	Черновая развёртка	Чистовая развёртка по Н7...Н9
	1-е	2-е			
85	80	83,0	84,3	84,85	85
88	83	86,0	87,3	87,85	88
90	85	88,0	89,3	89,85	90
92	87	90,0	91,3	91,85	92
95	90	93,0	94,3	94,85	95
98	93	96,0	97,3	97,85	98
100	95	98,0	99,3	99,85	100
105	100	103,0	104,3	104,8	105
110	105	108,0	109,3	109,8	110
115	110	113,0	114,3	114,8	115
120	115	118,0	119,3	119,8	120
125	120	123,0	124,3	124,8	125
130	125	128,0	129,3	129,8	130
135	130	133,0	134,3	134,8	135
140	135	138,0	139,3	139,8	140
145	140	143,0	144,3	144,8	145
150	145	148,0	149,3	149,8	150
155	150	153,0	154,3	154,8	155
160	155	158,0	159,3	159,8	160
165	160	163,0	164,3	164,8	165
170	165	168,0	169,3	169,8	170
175	170	173,0	174,3	174,8	175
180	175	178,0	179,3	179,8	180
185	180	183,0	184,3	184,8	185

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Диаметр, мм				
	Черновое растачивание		Диаметр после растачивания с допуском по Н11	Черновая развёртка	Чистовая развёртка по Н7...Н9
	1-е	2-е			
190	185	188,0	189,3	189,8	190
195	190	193,0	194,3	194,8	195
200	194	197,0	199,3	199,8	200
210	204	207,0	209,3	209,8	210
220	214	217,0	219,3	219,8	220
250	244	247,0	249,3	249,8	250
280	274	277,0	279,3	279,8	280
300	294	297,0	299,3	299,8	300
320	314	317,0	319,3	319,8	320
350	342	347,0	349,3	349,8	350
380	372	377,0	379,2	379,75	380
400	392	397,0	399,2	399,75	400
420	412	471,0	419,2	419,75	420
450	442	447,0	449,2	449,75	450
480	472	477,0	479,2	479,75	480
500	492	497,0	499,2	499,75	500

*Примечания к таблице ПЗ:*

1. Отверстия диаметром свыше 500 мм растачиваются с теми же межоперационными припусками, что и отверстия диаметром 500 мм.
2. При наличии больших литейных припусков первое черновое растачивание производить в два или больше проходов.
3. В случае применения одной развёртки на неё распространяется суммарный припуск черновой и чистовой развёрток, указанный в настоящей таблице.

Таблица П4. Значения допусков для номинальных размеров до 1 000 мм

Номинальный размер, мм		Значение стандартного допуска																мм	
		МКМ																	
Св.	До включ.	для качества																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	
-	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	
500	630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	
630	800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	
800	1000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	

## Приложение 5

										ГОСТ 3.1118-82 форма 1						
Дубль																
Взам.																
Подл.																
										5	1					
Разаб.	Бусанова Е.С.			Самарский университет			103.PB.02.6320.002.002	103.PB.02.02.005ПЗ	103.PB.02.10.2.41.000 01							
Пров.	Шаров А.А.															
Н.контр.	Шаров А.А.			Вилка ведущая												
M01	Кольцо / ВТ - 9 OCT1 90107-73															
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.раск.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ					
	кг	0,25	12	0,15	0,42		Кольцо	460×42×21		6	3,6					
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции			Обозначение документа								
B	Код наименования оборудования															
					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кат.	Тпа	Тшт.	
A03	10 Входной контроль							И - 1 - 1								
B04	Контрольный стол							2	4	1	1					
S05	Проверить габаритные размеры															
T06																
O7																
A08	15 Токарная обработка							ИОТ №169, 3								
B09	Токарно-карусельный станок ВЛ 1000 - АТС							2	16045	4	1	1	1	168	30	3,03
O10	Обработать размеры 1, 2, 3															
T11	Резец проходной отогнутый 2102-0009, 2102-0010															
I2																
A13	20 Фрезерная (разрезка кольца)							ИОТ №3, 309								
B14	Горизонтально-расточной станок 2В620							2	19630	5	1	1	1	168	30	2,48
O15	Точить размеры 1,4,18,21,22															
T16	Фреза отрезная 200*5															
МК	Маршрутная карта										1					

Рисунок П5.1 – Маршрутная карта

										2		132						
Дубль																		
Взам.																		
Подл.																		
Разаб.	Кусина О.А.			Самарский университет			103.PB.02.36.5732.015	103.PB.02.02.15.ПЗ	103.PB.02.60.1.41.00040									
Пров.	Шаров А.А.																	
Разаб.	Самозадов В.Н.																	
Н.контр.																		
Уча.																		
Кронштейн																		
										Наименование операции		Материал						
										040 Программно-комбинированная		АЛ9 ГОСТ 1583-93						
										Твердость	ЕВ	М	Профиль, разм.	заготовка	МЗ	КОИ		
											кг	0,3	Отливка	144*68*64	0,4	0,57		
										Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				
Вертикально-обрабатывающий центр						Сож												
	То	Тз	Тпа	Тшт	Тштг													
	4,0	8,0	3,8	13,2														
P	Содержание перехода										To	Д или В	L	t	i	S	n	V
O01	1. Установить, закрепить деталь																	
T02	Специальное приспособление																	
O03	2. Сверлить отверстие 1																	
T04	Сверло φ4 ГОСТ 886-80, штангенциркуль ГОСТ 166-80																	
P05	15																	
O06	3. Сверлить отверстие 2 на выход в отверстие φ14.5																	
T07	Сверло φ3, ГОСТ 886-80, штангенциркуль ГОСТ 166-80																	
P08	6																	
O09	4. Зеновать отверстие 3																	
T10	Пл. калибр под КМ6*																	
OK	Операционная карта																	

Рисунок П5.2 – Операционная карта

Учебное издание

*Моисеев Виктор Кузьмич,  
Шаров Андрей Алексеевич,  
Ломовской Олег Владиславович*

**МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА.  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*Учебное пособие*

Редактор *А.С. Никитина*  
Компьютерная верстка *А.С. Никитиной*

Подписано в печать 08.09.2021. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 4,0.

Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 12(Р2У)/2021.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

---

Издательство Самарского университета.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.



