

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА**

Кафедра ремонта и основ конструирования машин

С.В. Жукова, А.Е. Курбатов, И.П. Петрюк

СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТЫ

*для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» очной и
заочной форм обучения*

КАРАБАЕВО
Костромская ГСХА
2020

УДК 621.7

ББК 34.5

Автор: сотрудники кафедры ремонта и основ конструирования машин Костромской ГСХА к.т.н., доцент *С.В. Жукова*; к.т.н., доцент *А.Е. Курбатов*; к.т.н., доцент *И.П. Петрюк*

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры экономики, управления и техносферной безопасности ФГБОУ ВО Костромской ГСХА *А.Н. Смирнов*.

Рекомендовано методической комиссией инженерно-технологического факультета в качестве методических указаний по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Станки и инструменты» для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» очной и заочной форм обучения

Станки и инструменты : методические указания по выполнению расчетно-графической работы / С.В. Жукова, А.Е. Курбатов, И.П. Петрюк. – Караваево : Костромская ГСХА, 2020. – 110 с.

Учебное пособие содержит рекомендации по самостоятельному изучению дисциплины, перечень вопросов и источников литературы, которые позволяют сформировать профессиональные компетенции согласно образовательным стандартам. В предлагаемом методическом указании авторы систематизировали сведения научно-практического и прикладного характера об основных методах расчетов режимов

обработки на металлорежущих станках, принципах назначения инструмента и способах обработки.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» очной и заочной форм обучения

- ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 2020
- С.В. Жукова, А.Е. Курбатов, И.П. Петрюк, 2020

Оглавление.

1. Цель работы.....	5
2. Основные термины и определения.....	5
3. Тип производства.....	6
4. Задачи проектирования.....	8
5. Исходная информация для разработки технологического процесса... ..	8
6. Основные этапы проектирования.....	8
7. Выбор оборудования и оснастки.....	9
8. Составление маршрута обработки и припуски на обработку.....	11
9. Выбор режущих инструментов.....	15
10. Выбор и назначение режимов резания.....	22
10.1. Обработка на токарных станках.....	22
10.2. Стругание и долбление.....	38
10.3. Сверление, зенкерование, развертывание.....	39
10.4. Фрезерование.....	46
10.5. Шлифование.....	50
11. Оформление расчетно-графической работы	53
Литература.....	55
Приложение.	

1.Цель работы

- Изучить металлорежущее оборудование универсального типа и применяемый инструмент.
- Научиться определять по справочным данным и рассчитывать режимы обработки.
- Приобрести практические навыки в проектировании технологического процесса механической обработки деталей машин.

2. Основные термины и определения

Производственный процесс - это совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий. Он охватывает все стадии производства: от получения материалов (сырье, полуфабрикаты, комплектующие изделия) до получения готовой выпускаемой продукции и ее упаковки.

Технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. При этом применительно к механической обработке предусматриваются в основном действия по изменению формы и размера заготовки и частично качества обработанных поверхностей или в связи с сопутствующими резанию явлениями, или путем применения специальных методов механической обработки.

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Она может выполняться одним или несколькими рабочими по одновременной обработке одной или нескольких деталей и является основной единицей производственного планирования и учета. На основе ее определяются трудоемкость обработки, необходимое оборудование,

приспособления и инструмент. Технологические операции принято именовать по используемому оборудованию (токарная, сверлильная, шлифовальная и т.д.).

Технологический переход – это законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента, и поверхностей, образуемых обработкой. Режим обработки при этом остается неизменным. Изменение хотя бы одного из этих условий приводит к новому переходу. При одном переходе обработка резанием может сопровождаться снятием одного или нескольких слоев материала.

Рабочий ход - (в технической литературе часто встречается понятие “проход”) – это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности. В данном случае имеется в виду перемещение в направлении вспомогательного движения. Переход может быть выполнен в один или несколько рабочих ходов, одним или одновременно участвующими в работе несколькими инструментами.

Установ – это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок. При выполнении переходов заготовка вместе с приспособлением может занимать одно или несколько последовательных положений в пространстве, каждое из которых называют позицией.

Позиция – это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции, например, при обработке с использованием многоместных поворотных приспособлений или на многошпиндельных станках.

3. Тип производства.

Это классификационная характеристика производства, выделяемая по признакам широты, номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий. Нельзя смешивать с термином “вид производства” (литейное, сварочное и т.д.), т.е. выделяемого по признаку применяемого метода изготовления. Различают единичное, серийное и массовое типы производств. Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций (K). Это отношение числа всех технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению в течение месяца к числу рабочих мест.

Рабочее место – это часть производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими единица технологического оборудования, а также оснастка и (на ограниченное время) предметы производства.

Единичное производство (согласно ГОСТ14.004-71 не допускается понятие “индивидуальное”) характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом их выпуска ($K > 40$). Это слабо организованное производство с высокой себестоимостью изготовления изделий и сравнительно низкой производительностью, т.к. отсутствует заранее обусловленная повторность изделий, требуется универсальное оборудование, приспособления и универсальность рабочих.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от количества изделий в партии и коэффициента закрепления операций различают: мелкосерийное – $K > 20$ (до 40 включительно), среднесерийное - $K > 10$ (до 20 включительно), крупносерийное - $K > 1$ (до 10 включительно). Особенности его - периодическая смена операций на рабочих местах, сравнительно широкая универсальность оборудования и отсутствие поточности в его расположении.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпускаемых изделий в течение продолжительного времени ($K=1$). Особенности его – установившееся объем и характер работ на рабочих местах, широкое применение специального оборудования, расположение рабочих мест в порядке последовательности операций. Это производство с наиболее совершенной формой организации.

Выбор заготовки, технологического оборудования и оснастки при проектировании технологического процесса во многом зависит от типа производства. В ремонтном деле наиболее распространены единичное и серийное типы производств.

Применительно к этому и дается дальнейшее изложение материала.

4. Задачи проектирования.

Проектирование технологического процесса является важным, ответственным и трудоемким элементом технической подготовки производства. Он должен обеспечить выполнение всех требований рабочей конструкторской документации на изделие при наименьших затратах труда и средств, в количествах и в сроки, установленные программой, а также соответствовать требованиям техники безопасности и производственной санитарии.

5. Исходная информация для разработки технологического процесса.

В качестве задания выдается чертеж детали автомобиля. Задание выдается индивидуально каждому студенту преподавателем.

6. Основные этапы проектирования.

- Анализ исходных данных.
- Составление технологического маршрута обработки.
- Назначение и расчет режимов обработки.
- Нормирование технологического процесса.

7. Выбор оборудования и оснастки.

Выбор метода обработки и оборудования зависит от вида принятой заготовки, размеров детали, требований точности и качества обработанных поверхностей. Предварительный выбор метода можно произвести, пользуясь табл.11.1. Общие правила выбора технологического оборудования приведены в ГОСТ14.404-73, выбора технологической оснастки – в ГОСТ14.305-73.

При выборе типа и модели оборудования необходимо учитывать, что станок должен обеспечить выполнение всех требований чертежа и технических условий в отношении точности размеров, формы и качества обработанных поверхностей. Он должен наиболее полно использоваться по размерам, мощности, технологическим возможностям и обеспечивать наименьшие затраты времени и стоимость обработки.

Таблица. 1 - Экономическая точность способов механической обработки и шероховатость обработанных резанием поверхностей.

Способ обработки	Значение параметров шероховатости, мкм		Квалитеты
	Rz	R ₃	
Обтачивание и растачивание: черновое получистовое чистовое фасонными резцами	80-320	25-100	15-17
	20-40	6,3-12,5	12-14
	6,3-10	1,6-3,2	7-9
	6,3-10	1,6-12,5	8-14
Отрезка	80-320	25-100	14-17
Подрезка торцев	10-40	3,2-12,5	11-13
Нарезание резьбы: резцом метчиком и плашкой	10-20	3,2-6,3	6-8
	10-40	3,2-12,2	6-8

Способ обработки	Значение параметров шероховатости, мкм		Квалитеты
	Rz	R ₃	
Сверление отверстий с диаметром: до 15мм более 15мм	20-40	6,3-12,5	12-14 12-14
	40-80	12,5-25	
	40-80	12,5-25	
Рассверливание	40-80	12,5-25	12-14
Зенкерование	10-80	3,2-25	10-15
Развертывание: чистовое тонкое	6,3-10	1,6-3,2	7; 8
	3,2	0,8	7
Протягивание: чистовое тонкое	3,2-10	0,8-3,2	7; 8
	0,8-1,6	0,2-0,4	7
Фрезерование: черновое чистовое тонкое	40-160	12,5-50	12-14
	10-20	3,2-6,3	11
	6,3	1,6	8,9
Строгание и долбление: черновое чистовое	40-160	12,5-50	12-14
	10-40	3,2-12,5	11-13
Шлифование круг. и плоск.: получистовое чистовое тонкое	10-20	3,2-6,3	8-11
	3,2-6,3	0,8-1,6	6-11
	0,8-1,6	0,2-0,4	6
Обработка зубчатых колес: Строганием, долблением Фрезерованием, шевингованием	10-20	3,2-6,3	7-10
	3,2-6,3	0,8-1,6	5;6

Способ обработки	Значение параметров шероховатости, мкм		Квалитеты
	Rz	R ₃	
Хонингование	0,2-1,6	0,05-0,4	7;8
Суперфиниш	0,4-1,6	0,1-0,4	5 и точнее
Притирка	0,4-10	0,1-3,2	5-7
Полирование	0,2-6,3	0,05-1,6	5-6
Доводка	0,05-1,6	0,012-0,4	5 и выше

По возможности необходимо использовать оборудование, имеющееся на предприятии или серийно выпускаемое заводами страны. В серийном производстве обычно применяется универсально – наладочная оснастка.

Определение оптимального варианта выбора оборудования и оснастки производят на основе технико– экономического анализа.

8. Составление технологического маршрута обработки и припуски на обработку.

Первыми обрабатываются те поверхности, которые принимаются за базы для последующей обработки. Затем обрабатываются поверхности с наибольшими припусками на обработку или те, где по опыту работы известно о возможном наличии дефектов в заготовке.

Последовательность основной обработки следует устанавливать в зависимости от требуемой точности и шероховатости поверхностей. Наиболее точные поверхности обрабатываются последними.

Припуск – слой материала, который необходимо удалить в процессе обработки. Различают общие припуски, удаляемые в процессе всех стадий обработки, и промежуточные, удаляемые на каждом переходе.

Таблица 2 - Промежуточные припуски на механическую обработку валов и плоскостей.

Вид и характер обработки	Диаметр (ширина) обрабатываемой поверхности, мм	Длина обрабатываемой детали, мм				
		До 100	101-250	251-500	501-800	801-1200
		Припуск на обработку на одну сторону, мм				
Получистовое и чистовое обтачивание после чернового обтачивания	До 10	0,40	0,45	0,50		
	11...50	0,45	0,50	0,55	0,65	0,75
	51...120	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80
	121..260	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90
	261...500	0,65	0,70	0,75	0,85	1,0
Шлифование центровое и бесцентровое (<i>незакаленных</i> <i>закаленных</i>)	До 10	$\frac{0,10}{0,15}$	$\frac{0,10}{0,15}$	$\frac{0,10}{0,20}$		
		$\frac{0,15}{0,20}$	$\frac{0,15}{0,20}$	$\frac{0,15}{0,25}$	$\frac{0,15}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,35}$
	11...50	$\frac{0,15}{0,20}$	$\frac{0,15}{0,20}$	$\frac{0,20}{0,30}$	$\frac{0,20}{0,40}$	$\frac{0,30}{0,45}$
		$\frac{0,15}{0,25}$	$\frac{0,15}{0,30}$	$\frac{0,20}{0,30}$	$\frac{0,20}{0,40}$	$\frac{0,30}{0,45}$
	121...260	$\frac{0,25}{0,30}$	$\frac{0,25}{0,30}$	$\frac{0,25}{0,35}$	$\frac{0,30}{0,40}$	$\frac{0,35}{0,45}$
		$\frac{0,25}{0,30}$	$\frac{0,25}{0,30}$	$\frac{0,25}{0,40}$	$\frac{0,30}{0,40}$	$\frac{0,35}{0,45}$
	261...500	$\frac{0,30}{0,40}$	$\frac{0,30}{0,40}$	$\frac{0,35}{0,45}$	$\frac{0,35}{0,45}$	$\frac{0,40}{0,50}$
		$\frac{0,30}{0,40}$	$\frac{0,30}{0,40}$	$\frac{0,35}{0,45}$	$\frac{0,35}{0,45}$	$\frac{0,40}{0,50}$

Вид и характер обработки	Диаметр (ширина) обрабатываемой поверхности, мм	Длина обрабатываемой детали, мм				
		До 100	101-250	251-500	501-800	801-1200
		Припуск на обработку на одну сторону, мм				
Обработка торцев (<i>чистов. подрезание</i>) <i>шлифование</i>)	До 30	$\frac{0,5}{0,2}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$	
	31...50	$\frac{0,6}{0,3}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$	
	51...120	$\frac{0,7}{0,3}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$	$\frac{1,2}{0,6}$	
	121...260	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$	$\frac{1,4}{0,7}$	
	261...500	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$	$\frac{1,4}{0,7}$	$\frac{1,5}{0,7}$	
Чистовое фрезерование или строгание плоскостей	До 100	1,0		1,5		2
	101...300	1,5		2,0		2,5
	300...1000	2,0		2,5		3
Шлифование плоскостей после чистовой обработки	До 100	0,2		0,3		
	101...300	0,3		0,4		0,5
	301...1000	0,4		0,5		0,6

Таблица 3 - Промежуточные припуски на механическую обработку отверстий.

Вид и характер обработки	Диаметр обрабатываемого отверстия, мм								
	До 10	11-16	17-25	26-40	41-50	51-80	81-120	121-180	181-260
	Припуск на обработку на диаметр, мм								
Рассверливание	11...15 15...23								
Зенкерование		1,0	1,5	2,0	2,5				
Развертывание:									
	черновое	0,15	0,20	0,25	0,25	0,27			
	чистовое	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08			
Протягивание	0,6	0,7	0,8	1,0	1,4	1,5			
Растачивание			1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
Шлифование:									
	незакаленных сталей	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
закаленных сталей	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
Хонингование:									
	чугуна				0,05	0,05	0,06	0,06	0,07
стали					0,02	0,02	0,03	0,03	0,04

Величина припуска должна обеспечивать получение детали заданной формы, соответствующих размеров и качества поверхностей при наименьшем расходе материала и минимальной трудоемкости механической обработки.

В таблицах 2 и 3 приведены ориентировочные значения промежуточных припусков применительно к мелкосерийному производству без учета конструктивных форм и материала детали, вида и способа получения заготовки, толщины дефектного слоя, погрешности установки и др. факторов.

9. Выбор режущих инструментов.

Выбор типа режущего инструмента, его размеров, геометрии и материала режущей части производится в зависимости от вида и характера обработки, механической характеристики станка, свойств обрабатываемого материала и материала режущей части инструмента. Рекомендации по выбору марок твердых сплавов приведены в таблице 4, составленной согласно требований по применению сверхтвердых материалов.

В зависимости от характера обработки, свойств обрабатываемого материала и материала инструмента целесообразно применять следующие формы заточки резцов по передней поверхности лезвия:

- плоская с положительным передним углом – для быстрорежущих и твердосплавных резцов при обработке бронзы, серого чугуна с $HВ < 220$ и стали с $\sigma_H < 800$ Мпа;

- плоская с отрицательной фаской – при обработке ковкого чугуна, стали и стального литья с $\sigma_H > 800$ Мпа;

- плоская с отрицательным передним углом – при обработке твердых материалов, стали и стального литья с $\sigma_H > 800$ Мпа, поверхностей, загрязненных неметаллическими включениями, при работе с ударами в условиях жесткой системы СПИД.

При выборе геометрии инструментов следует учитывать, что чем тверже обрабатываемый материал, чем выше его абразивная способность и ниже теплопроводность, чем больше неравномерность нагрузки на режущие кромки и чем выше хрупкость материала инструмента, тем массивнее должны быть его режущие кромки и вершина. Это достигается соответствующим уменьшением

переднего, заднего углов, углов в плане и увеличения угла наклона главной режущей кромки.

Таблица 4 - Применение твердых сплавов.

Вид и характер обработки	Обрабатываемый материал							
	Сталь углеродистая и легированная		Нержавеющая, высокопрочная, жаропрочные стали и сплавы	Чугун		Цветные металлы и сплавы	Неметаллические материалы	
	незакал енная	закален ная		Серый, HB240	Твердый легиров анный		малоабр азивные	высокоаб разивные

Тяжелое черновое точение поковок, отливок по корке с неметаллическим и включениями, при неравномерном сечении среза и наличии ударов	ТТ7К12 Т5К12		ВК8	ВК8		ВК8	ВК8	
Черновое точение при неравномерном сечении среза и прерывистом резании	Т14К8 Т5К10		ВК8 ВК8-ОМ	ВК4 ВК6 ВК8		ВК4 ВК8	ВК8	

Получистовое точение: при прерывистом резании при непрерывном резании	T14K8		BK4 BK8	BK4 BK8		BK4	BK4	
	T15K8		BK6-OM, BK6-M TT8K6, TT10K8- Б	BK6 BK4	BK6-M BK6-OM TT8K6	BK6-M TT8K6 BK6	BK6 BK6	BK6-M
Чистовое точение	T30K4	BK3-M T30K4	BK6-OM	BK3	BK3-M BK6-OM TT8K6	BK3 TT8K6	BK3	BK6-M
Отрезка	T5K10		BK4BK8	BK4 BK6	BK3 BK6-M	BK4 BK3-M	BK3-M BK4	

Строгание	T5K10 T5K12 TT7K12		BK8	BK8		BK8	BK8	
Фрезерование	T15K6 T14K8 T5K10 TT7K12		BK8 BK10-M	BK4 BK6 BK8	TT8K6	BK6 BK8	BK6 BK8	
Сверление	BK10- M T5K12		BK10-M	TT8K6 BK8	TT8K6	BK8	BK8	
Зенкерование	BK10- M T15K6 T14K8		BK10-M	BK4 BK6 BK8		BK4 BK6 BK8	BK6 BK8	

Развертывание	БК10- М Т30К4 Т15К6	БК3-М Т30К4	БК10-М	БК8 БК3	БК3-М БК6-0М	БК3	БК3	БК3-М
---------------	------------------------------	----------------	--------	------------	-----------------	-----	-----	-------

Допустимый износ токарных резцов по задней поверхности рекомендуется принимать в следующих пределах: при работе без охлаждения для резцов из быстрорежущих сталей – 0,3-0,5 мм; с охлаждением – 1,5-2,0 мм; для твердосплавных – 0,5-1,0 мм.

10. Выбор и назначение режимов резания.

10.1. Обработка на токарных станках.

Точность и шероховатость поверхностей обработанных точением, можно определить по таблицам 1 и 2, а материал режущей части резцов из твердых сплавов – по таблице 4.

Глубина резания (t) определяется по зависимости

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (1)$$

где D и d диаметры соответственно обрабатываемой и обработанной поверхностей, мм.

При черновой обработке весь припуск на обработку следует срезать за один рабочий ход и только при завышенных припусках и обработке на маломощных станках – за наименьшее число рабочих ходов. Величины припусков на чистовую обработку приведены в таблицах 2 и 3.

При черновой обработке подачу s называют с учетом глубины резания, размеров обрабатываемой поверхности, жесткости системы СПИД, прочности режущей части и жесткости хвостовика резца, допустимого усилия механизма подачи станка.

При чистовом точении, ограничивающим фактором при выборе подачи является шероховатость и точность обработанных поверхностей.

В таблицах 5-8 приведены рекомендуемые величины подач для чернового и чистового точения резцами из быстрорежущих сталей и твердых сплавов.

При обработке прерывистых поверхностей и обработке с ударами табличные значения подач следует уменьшить на 0,75-0,85, а при обработке закаленных сталей – на 0,5-0,8.

При нарезании резьбы подача берется равной ходу нарезаемой резьбы, умноженному на число заходов.

Выборную подачу корректируют по паспорту станка, на котором предусматривается производить обработку детали.

Скорость резания v в метрах в минуту определяют, исходя из глубины резания t и подачи S расчетным путем по зависимостям (14.2) и (14.3) или выбирают из таблиц, приводимых в справочной литературе по назначению режима резания:

- для точения и растачивания

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot S^{Y_V}} \cdot K_V, \quad (2)$$

- для нарезания крепежной резьбы резцами с пластинками из твердого сплава

$$V = \frac{C_V i_V^X}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot S^{Y_V}} \cdot K_V, \quad (3)$$

где C_V - коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала и материала резца;

T – период стойкости резца в минутах;

i – число рабочих ходов, необходимых для образования профиля резьбы (определяется по таблице 9).

Числовые значения C_V и показателей степеней m ; Y_V, X_V приведены в таблице 10.

Поправочный коэффициент, учитывающий конкретные для данного случая условия резания, является произведением ряда отдельных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на скорость резания. Значения коэффициентов приведены в таблицах 11 – 20.

$$K_V = K_{HV} \cdot K_{MV} \cdot K_{MV} \cdot K_{TV} \cdot K_{CV} \cdot K_{UV} \cdot K_{OV} \cdot K_{RV} \cdot K_{XV} \cdot K_{\Phi V} \cdot K_{HV} \cdot K_{OV},$$

где K_V - коэффициент, учитывающий вид обработки;

K_{Mv} - механические свойства обрабатываемых материалов;

K_{Tv} - состояние обрабатываемого материала;

K_{Cv} - состояние обрабатываемой поверхности заготовки;

K_{Lv} - материал режущей части инструмента;

$K_{lv}, K_{olv}, K_{Rv}, K_{Xv}$ - параметры реза;

$K_{\phi v}$ - формы передней поверхности реза;

K_{Hv} - допустимый износ по задней поверхности реза;

K_{Ov} - применение смазочно- охлаждающей жидкости (сож) при обработке сталей.

Таблица 5 - Подачи при черновом обтачивании проходными резцами.

Диаметр обрабаты ваемой детали, мм	Стали углеродистые, легированные и жаропрочные			Чугун и медные сплавы		
	Глубина резания не более, мм					
	3	5	8	3	5	8
	Подача, мм/об					
20	0,3-0,4	-	-	0,3-0,6	-	-
40	0,4-0,5	0,3-0,4	0,2-0,3	0,4-0,5	0,5-0,6	-
60	0,5-0,7	0,4-0,6	0,3-0,5	0,6-0,8	0,6-0,8	0,4-0,6
100	0,6-0,9	0,5-0,7	0,5-0,6	0,8-1,2	0,7-1,0	0,6-0,8
400	0,8-1,2	0,7-1,0	0,6-0,8	1,0-1,4	1,0-1,2	0,8-1,0

Таблица 6 - Подачи при обтачивании в зависимости от заданной шероховатости обработанных поверхностей.

Высота микронеровностей не более, мм		Обрабатываемый материал		
		Сталь углеродистая и легированная		Чугун, медные и алюминиевые сплавы
		Скорость резания, м/мин		
R_A	R_Z	50	50	Весь диапазон
		Подача, м/об		
12,5	40	0,3-0,5	0,4-0,55	0,35-0,4
6,3	20	0,18-0,25	0,25-0,3	0,15-0,25
3,2	10	0,08-0,1	0,11-0,2	0,1-0,15

Таблица 7 - Поддачи при растачивании.

Размер резца, мм	Вылет резца не более, мм	Обрабатываемый материал					
		Сталь			Чугун и медные сплавы		
		Глубина резания не более, мм					
		2	3	5	2	3	5
		Поддачи, мм/об					
10	50	0,08			0,12- 0,16		
16	80	0,10- 0,20	0,10- 0,15	0,10	0,20- 0,30	0,15- 0,25	0,10- 0,18

20	100	0,15- 0,30	0,15- 0,25	0,10- 0,12	0,30- 0,40	0,25- 0,35	0,12- 0,25
30	150	0,40- 0,50	0,20- 0,50	0,12- 0,30	0,40- 0,80	0,40- 0,60	0,25- 0,45
40	200		0,25- 0,60	0,15- 0,40		0,60- 0,80	0,30- 0,60

Примечание. Большие значения подач следует применять при меньшей глубине резания и при обработке менее прочных материалов.

Таблица 8 - Подачи при отрезании и прорезании канавок.

Диаметр обрабатываемой поверхности не более, мм	Ширина режущей кромки резца, мм	Обрабатываемый материал		
		Сталь σ_B , МПа		Чугун
		<800	>800	
		Подачи, мм/об		
20	3	0,08-0,10	0,06-0,08	0,11-0,14
30	3	0,10-0,12	0,08-0,10	0,13-0,16
40	3-4	0,12-0,14	0,10-0,12	0,16-0,19
60	4-5	0,15-0,18	0,12-0,16	0,20-0,22
80	5-6	0,18-0,20	0,16-0,18	0,22-0,25
100	6-7	0,20-0,25	0,18-0,20	0,25-0,30
125	7-8	0,25-0,30	0,20-0,22	0,30-0,35
150	8-10	0,30-0,35	0,22-0,25	0,35-0,40

Таблица 9 - Число рабочих ходов при нарезании крепежной резьбы резцами.

Материал резца	Шаг резьбы Р,мм	Вд обрабатываемого материала					
		Сталь углерод истая	Сталь легиров анная	Чугун, бронза, латунь	Сталь углерод истая	Сталь легиров анная	Чугун, бронза, латунь
		Вид резьбы					
		Наружная			Внутренняя		
Твердый сплав	1,5	4	5		5	6	5
	2	4	5	4	5	6	5
	2,5	5	7	5	6	8	6
	3	5	7	5	6	8	6
	4	6	8	6	7	9	7
	5	7	9	6	8	10	7
	6	8	10	7	9	11	8
Быстроре жущая сталь	1,5	6	8	6	8	10	8
	2	9	11	8	11	11	9
	2,5	9	11	9	11	14	10
	3	9	11	9	11	14	10
	4	11	13	10	13	17	11
	5	12	15	11	15	19	12
	6	13	17	11	17	20	13

Таблица 10 - Числовые значения величин, входящих в формулы скорости резания при точении.

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	C_V	X_V	Y_V	m
1	2	3	4	5	6	7
Обработка стали конструкционной σ_B 736 МПа						
Точение наружных поверхностей	Т15К6	$S \leq 0,3$	420		0,20	0,20
		$0,3 < S < 0,7$	350	0,15	0,35	
		0,7	340		0,45	
	P18	$S \leq 0,25$	70	0,25	0,33	0,125
		$S > 0,25$	44,8		0,66	
Отрезание	T5K10		47		0,80	0,20
	P18		18,9		0,66	0,25
Нарезание крепежной резьбы	T15K6		224	0,23		0,20
	P18	Черновые проходы			0,30	
		$S \leq 0,2$	11,8	0,70		0,11
		$S > 0,2$	29	0,60		0,08
		Чистовые проходы	33,5	0,45	0,30	0,13

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	C_v	X_v	Y_v	m
1	2	3	4	5	6	7
Обработка стали конструкционной σ_B 736 МПа						
Обработка серого чугуна HB190						
Точение наружных поверхностей	BK6	$S \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	243		0,40	
Отрезание	BK6		68,5	-	0,40	0,20
	P18		22,5			0,15
Нарезание крепежной резьбы	BK6		83	0,45	0	0,36
Обработка ковкого чугуна HB150						
Точение наружных поверхностей	BK8	$S \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	215		0,45	
	P18	$S \leq 0,25$	106	0,20	0,25	0,125
		$S > 0,25$	75		0,50	
Отрезание	BK6		86	-	0,40	0,20
	P18		47		0,50	0,25
Обработка медных сплавов						
Точение наружных поверхностей	P18	$S \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$S > 0,20$	182		0,50	

Таблица 11 - Значения коэффициента K_{Bv} , учитывающего влияние вида обработки на скорость резания.

Вид обработки	Точение	Растачивание	Строгание	Долбление
K_{Bv}	1,0	0,9	0,8	0,6

Таблица 12 - Значения коэффициента K_{Mv} , учитывающего влияние механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания.

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента			
	Твердый сплав		Быстрорежущая сталь	
	Расчетная зависимость			
Сталь конструкционная и легированная	$K_{Mv} = \frac{750}{\sigma_B}$		$K_{Mv} = C_M \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{Nv}$	
Чугун серый	$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25}$		$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{Nv}$	
Чугун ковкий	$K_{Mv} = \left(\frac{150}{HB}\right)^{1,25}$		$K_{Mv} = \left(\frac{150}{HB}\right)^{Nv}$	
	Коэффициент	Вид обработки		
		Точение	Сверление	Фрезерование
	C_M	Показатель степени n_V		

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента			
	Твердый сплав		Быстрорежущая сталь	
	Расчетная зависимость			
Сталь: углеродистая ($C \leq 0,6\%$) углеродистая ($C \geq 0,6\%$) и марганцовистая и хромистая автоматная	1,0	1,75	0,9	0,9
	0,8			1,0
	1,2	1,05	1,45	1,45
Чугун: серый ковкий		1,70	1,3	0,95 0,85

Таблица 13 - Значения коэффициента K_{Mv} , учитывающего влияние свойств обрабатываемого материала на скорость резания.

Сталь конструкционная	σ_B , МПа	408-	511-	613-	715-	817-	919-	1021-	1122-
		510	612	711	816	918	1020	1121	2225
Твердый		1,65	1,35	1,15	1,0	0,88	0,75	0,60	0,62

Сталь конструкционная		σ_B , МПа	408- 510	511- 612	613- 711	715- 816	817- 918	919- 1020	1021- 1121	1122- 2225
	сплав Быстрорежущая сталь	K_{Mv}	2,20	1,71	1,27	1,10	0,80	0,66	0,50	0,40
Чугун Серый ковкий	Твердый сплав Быстрорежущая сталь Твердый сплав Быстрорежущая сталь	НВ K_{Mv}	100- 120 1,98 2,50 1,47 1,69	121- 140 1,60 1,90 1,19 1,27	141- 160 1,34 1,50 1,0 1,0	161- 180 1,15 1,21 0,86 0,81	181- 200 1,0 1,0 0,74 0,67	201- 220 0,88 0,85 0,66 0,56	221- 240 0,77 0,70 0,57 0,47	241- 260 0,70 0,62 0,53 0,42

Сталь конструкционная	σ_B , МПа	408-510	511-612	613-711	715-816	817-918	919-1020	1021-1121	1122-2225
		С содержание м свинца > 15%		Медь 8,0 свинцовистые		С содержание м свинца < 10% 4,0 средней твердости НВ 100-140		Другие 2,0 высокой твердости НВ 140 0,7	
Медные сплавы: гомогенные гетерогенные	K_{Mv}	12,0		1,7		1,0			
Алюминиевые сплавы		Дуралюмин $\sigma_B = 196 - 294$ МПа	Силумин и литейные сплавы $\sigma_B = 102 - 204$ МПа, НВ ≤ 65 ; $\sigma_B = 205 - 306$ МПа, НВ > 65 дуралюмин $\sigma_B = 306 - 408$ МПа, НВ ≤ 100 ; $\sigma_B = 408 - 510$ МПа, НВ > 100						
		1,2		1,0		0,8			

Таблица 14 - Значения коэффициента K_{TV} , учитывающего влияние состояния обрабатываемого материала на скорость резания.

	горячекатаный	нормализация	отжиг	улучшение
--	---------------	--------------	-------	-----------

K_{TV}	1,0	0,95	0,9	0,8
----------	-----	------	-----	-----

Таблица 15 - Значения коэффициента $K_{C\gamma}$, учитывающего влияние состояния обрабатываемой поверхности заготовки на скорость резания.

	Без корки	С коркой		
		Прокат	Поковка	Отливка с загрязненной коркой
$K_{C\gamma}$	1,0	0,9	0,8	0,6 – 0,5

Таблица 16 - Значения коэффициента K_{UV} , учитывающего влияние материала режущей части инструмента на скорость резания.

Обрабатываемый материал	Марка инструментального материала							
	K_{UV}							
Сталь конструкционная	Т30К4 Т15К6 Т14К8 Т5К10 Т5К12В ВК6 ВК8							
	1,4	1,0	0,8	0,65	0,35	0,48	0,4	
Сталь и сплавы жаропрочные	Т15К6 Т5К10 ВК6 ВК8 P18							
		1,9	1,4	1,2	1,0	0,3		
Сталь закаленная	HRC 35 – 50				HRC 51 - 62			
	Т30К4 Т15К6 ВК6 ВК8 ВК4 ВК6 ВК8							
	1,5	1,0	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74	
Чугун серый и ковкий	ВК3 ВК4 ВК6 ВК8							
		1,15	1,1	1,0	0,83			

Медный и алюминиевые сплавы	ВК4	ВК6	ВК8	P18;P9	9ХС;ХВГ	У12А
	2,7	2,5	2,3	1,0	0,6	0,5

Таблица 17 - Значения коэффициентов $K_{\phi V}$, $K_{\phi 1V}$, K_{RV} , K_{XV} , учитывающих влияние геометрии резцов на скорость резания.

Главный угол в плане, ϕ^0	20	30	45	60	75	90
$K_{\phi V}$	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7
Вспомогательный угол в плане, ϕ_1^0	10	15	20	30	45	
$K_{\phi 1V}$	1,0	0,97	0,94	0,91	0,87	
Радиус закругления вершины резца, r мм	1	2	3	4	5	
K_{RV}	0,94	1,0	1,03	1,07	1,13	
Сечение хвостовика резца В*Н, мм	12*20 16*16	16*25 20*20	20*30 25*25	25*40 30*30	30*40 40*40	40*60
K_{XV}	0,93	0,97	1,0	1,04	1,08	1,12

Таблица 18 - Значения коэффициента $K_{\phi V}$, учитывающего влияние формы передней поверхности резцов на скорость резания.

Форма передней поверхности резца	$K_{\phi V}$
Плоская с положительным передним углом	0,87

Плоская с отрицательным передним углом по фаске	1,0
Плоская с отрицательным передним углом	1,05

Таблица 19 - Значения коэффициента K_{hV} , учитывающего влияние допустимого износа по задней поверхности резца на скорость резания.

Величина износа резца по задней поверхности, h мм	0,8 – 1,0	1,5	2
K_{hV}	1,0	1,1	1,2

Таблица 20 - Значения коэффициента K_{OV} , учитывающего влияние СОЖ на скорость резания.

	Без охлаждения	С охлаждением	
		Резцы из быстрорежущих сталей	Отрезка твердосплавными резцами
K_{OV}	1,0	1,1	1,2

Рекомендуемые скорости резания при нарезании крепежной резьбы резцами из быстрорежущей стали с охлаждением приведены в таблице 21. Работа без применения СОЖ при нарезании резьбы на заготовках из сталей в этом случае не рекомендуется.

Частота вращения (n , мин^{-1}) определяется по зависимости:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * d}, \quad (5)$$

где: V – скорость резания, м/мин;

d – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки при точении; диаметр обработанной поверхности при растачивании; диаметр сверла, зенкера, развертки, фрезы, соответственно при сверлении, зенкеровании, развертывании, фрезеровании, мм.

Расчитанную по зависимости (5) частоту вращения необходимо скорректировать по паспорту станка. Принимается ближайшая к расчетной меньшая из имеющихся на станке частот вращения или большая, не превышающая расчетную, более, чем на 5 %. Это объясняется тем, что даже незначительное повышение скорости резания против расчетной приводит к значительному снижению стойкости инструмента.

Таблица 21 - Скорость резания (V м/мин) при нарезании крепежной резьбы резцами из быстрорежущей стали с охлаждением.

Шаг резьбы P , мм	Вид резьбы			
	Наружная		Внутренняя	
	Вид обрабатываемого материала			
	Сталь	Чугун	Сталь	Чугун
1,5	8,4	6,8	6,8	5,5
2	8,4	6,8	6,8	5,5
2,5	8,4	6,8	6,3	5,5
3	7,2	5,7	5,7	4,6
4	6,3	5,2	5,6	4,2
5	5,6	4,5	4,5	3,6
6	5,2	4,0	4,0	3,4

Выбрав скорректированную частоту вращения, определяем фактическую скорость резания (м/мин):

10.2 Стругание и долбление.

Материал режущей части инструментов можно выбрать по таблице для резцов с пластинками из твердых сплавов.

Глубиной резания t при стругании и долблении, как и при других способах обработки, называется расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренной перпендикулярно последней, или толщина слоя снимаемого материала за один рабочий ход.

Выбор глубины резания и припуск на чистовую обработку при стругании и долблении производится исходя из тех же соображений, что и при точении.

Подачу S при стругании и долблении принято выражать в мм на двойной ход резца (мм/дв.х.). При обработке на поперечно-строгольных и долбежных станках резцами без дополнительной зачистной режущей кромки подачу можно выбирать аналогично, как для точения. По возможности следует принимать верхние значения подач.

Выборную подачу следует откорректировать по паспорту станка, на котором предусматривается произвести обработку детали.

Скорость резания выбирается по соответствующим таблицам или рассчитывается по зависимости (2).

Число двойных ходов в минуту:

для стругания

$$n = 570 \frac{V}{L}, \quad (6)$$

для долбления

$$n = 500 \frac{V}{L}, \quad (7)$$

где L - длина хода резца (длина стругания), мм.

$$L = l + l_1 + l_2,$$

Где l - длина строгаемой поверхности, мм;

l_1, l_2 - соответственно перебеги при входе и выходе резца, мм.

Рассчитанное значение n , как и при точении, должно быть скорректировано по паспорту станка.

10.3 Сверление, зенкерование, развертывание.

Способ обработки отверстий можно выбрать по таблице 1, а материал (твердый сплав) режущей части инструмента – по таблице 3.

Глубина резания t (мм) для сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания определяется по зависимости (1).

Обычно глубина резания назначается исходя из рекомендуемых припусков на обработку.

Подачу S (мм/об) можно определить по нормативам режимов резания или расчетным путем по зависимости:

$$S = C_S D^{0.6} K_S^1, \quad (8)$$

где C_S - коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала (таблица 22);

D – диаметр сверла, мм;

K_S^1 - коэффициент, учитывающий глубину сверления (таблица 23).

Расчетные значения подач для сверления и зенкерования в заготовках средней жесткости без допуска на размер или с допуском до 14-го качества под последующую обработку соответственно сверлом, зенкером, резцом или зенкером, разверткой или двумя развертками, а также для черного развертывания под последующее чистовое.

При сверлении отверстий в заготовках малой жесткости, обработке с неустойчивой опорной поверхностью, сверлении отверстий под нарезание резьбы метчиками, сверлении центровочными сверлами, сверление точных отверстий под развертывание; зенкерования отверстий по точности 8-11-го качества, с повышенными требованиями к шероховатости обрабатываемой поверхности, зенкерования под последующую обработку одной разверткой или под нарезание резьбы: чистовом развертывании за один рабочий ход по точности 7-8 качества

и шероховатостью обрабатываемой поверхности R_a 1,6...3,2 или чистовом развертывании после чернового рекомендуемые подачи следует уменьшить на 0,6 – 0,85.

Таблица 22 - Значения коэффициента C_s для расчета подачи при сверлении.

Обрабатываемый материал	Твердость, НВ	C_s
Сталь	До 160	0,085
	160...240	0,063
	больше 240	0,038
Чугун	До 170	0,13
	Больше 170	0,078
Цветные металлы	Мягкие	0,17
	твердые	0,13

Таблица 23 - Значения коэффициента K_s^1 , учитывающего влияние глубины сверления на подачу.

Отношение глубины сверления к диаметру сверла (l/D)	3	3...5	5...7	7...10
K_s^1	1	0,9	0,8	0,75

При зенкерования и развертывании глухих отверстий рекомендуются подачи соответственно 0,3...0,6 и 0,2...0,5 мм/об. Для сверл и разверток, изготовленных из твердых сплавов, рекомендуемые подачи следует уменьшить на 0,6, а для зенкеров – что и для стали P18, без изменений.

На практике иногда ориентировочно определяют подачу из соотношения $S=(0,02...0,03)D$, при рассверливании – в 1,5...2 раза больше, а при работе центровочными сверлами $S=(0,02...0,07)$.

Выбранную подачу следует откорректировать по паспорту станка.

Таблица 24 - Подачи при сверлении, зенкеровании и развертывании инструментами из стали P18*, мм/об.

Диаметр инстру.	Сталь углеродистая и легированная				Чугун серый и ковкий, медные и алюминиевые сплавы					
	<816 МПа	>816 МПа	зенкер	Развертка.	HB < 200			HB > 200		
	сверление				Сверление	зенкерование	развертывание	сверление	зенкерование	развертывание
2	0,04-0,05	0,03-0,04			0,06-0,08			0,04-0,05		
	0,06-0,13	0,05-0,09			0,13-0,24			0,08-0,17		
10	0,13-0,20	0,09-0,15		0,8	0,27-0,43		2,2	0,16-0,25		1,7
15	0,19-0,23	0,14-0,17	0,5-0,6	0,9	0,39-0,56	0,7-0,9	2,4	0,23-0,33	0,5-0,6	1,9
20	0,22-0,32	0,18-0,22	0,6-0,7	1,0	0,52-0,64	0,9-1,1	2,6	0,32-0,40	0,6-0,75	2,0
25	0,29-0,35	0,20-0,24	0,7-0,9	1,1	0,58-0,72	1,0-1,2	2,7	0,35-0,43	0,7-0,8	2,2
30	0,33-0,41	0,22-0,28	0,8-1,0	1,2	0,67-0,83	1,1-1,3	3,1	0,40-0,50	0,8-0,9	2,4

40	0,40- 0,44	0,24- 0,30	0,9- 1,2	1, 4	0,75- 0,83	1,2-1,7	3,3	0,45- 0,55	0,9- 1,0	2,6
50	0,44- 0,48	0,26- 0,31	1,0- 1,3	1, 5	0,8- 0,87	1,6-2,0	3,8	0,50- 0,57	1,0- 1,2	3,1
60	0,48- 0,55	0,28- 0,35	1,1- 1,3	1, 7	0,84- 0,9	1,8-2,2	4,3	0,55- 0,60	1,2- 1,5	3,4
80			1,2- 1,5	2, 0		2,0-2,4	5,0		1,4- 1,7	3,8

Скорость резания (в метрах в минуту) выбирается по расчетным таблицам в справочной литературе или рассчитывается для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания по зависимости:

$$V = \frac{C_v D^{Z_v}}{T^m t^{X_v} S^{Y_v}} K_v, \quad (9)$$

где D – диаметр инструмента, мм.

Остальные составляющие расшифровываются как и при точении.

Числовые значения C_v , X_v , Y_v , Z_v , m приведены в таблице 25. при сверлении и рассверливании эти значения действительны для спиральных сверл с нормальной заточкой. Для сверл с двойной заточкой с подточкой перемычки скорость следует увеличить в 1,18 раза.

Значения периода стойкости инструментов T приведены в таблице 26. Меньшие значения следует принимать при обработке сталей, большие – при обработке чугунов, медных и алюминиевых сплавов.

Для насадных инструментов скорость резания ориентировочно равна 0,9 расчетной.

Таблица 25 - Значения коэффициента C_v и показателей степени x_v , y_v , z_v , m

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал инструмента	Подача, мм/об	C_v	x_v	y_v	z_v	m

Сталь конструкц ионная и легирован ная	сверление	P18	>0,2	6,0	0	0,7	0,4	0,2
			<0,5	8,3		0,5		
		BK8	<0,12	14,0		0,3	0,6	0,2 5
			>0,12	8,5		0,5		
	рассверливан ие	P18		13,8	0,2	0,5	0,4	0,2
		BK8		19,2		0,3	0,6	0,2 5
	зенкерование	P18		16,3		0,5	0,3	0,3
		T15K6		18,0		0,3	0,6	0,2 5
	развертыван ие	P18		10,5		0,65	0,3	0,4
		T15K6		100,6				0,7
Чугун: (C_V $\frac{\text{ковкий}}{\text{серый}}$)	сверление	P18	>0,3	12,6	0	0,55	0,2 5	0,1 25
			<0,3	18,5*				
				14,5		0,4		
				21,5*				
		BK8*		29,1		0,3	0,4 5	0,2
				34,3				

	рассверливание	P18		19,9	0,1	0,4	0,25	0,125
				29,5*				
		BK8*		48,4	0,15	0,45	0,5	0,4
				65,8				
	зенкерование	P18		18,8	0,1	0,4	0,2	0,125
				27,9*				
		BK8*		105,0	0,15	0,45	0,4	0,4
				443,0				
	развертывание	P18		15,6	0,1	0,5	0,2	0,3
				23,2*				
		BK8*		109,0	0			0,45
				148,0				
Медные сплавы гетерогенные НВ100-140	Сверление	P18	> 0,3	23,1	0	0,55	0,25	,125
			< 0,3	27,7				
Бронза: средней твердости	зенкерование			56,0	0,1	0,4	0,2	

Твердая				28,0				
латунь				48,0	0,2	0,5	0,3	0,3
Алюмини й и его сплавы	сверление		> 0.3	30,9	0	0,55	0,2 5	0,1 25
			> 0.3	34,6		0,4		
	зенкерование			80,0	0,2	0,5	0,3	0,3

*Обработка без охлаждения.

Таблица 26 - Период стойкости сверл, зенкеров, разверток, мин.

Вид инструмента	Диаметр инструмента, мм (до)							
	5	10	20	30	40	50	60	80
сверло	7-	12-	18-	25-	50-	60-	90-	
	20	35	60	75	110	140	170	
зенкер			30	40	50	60	80	100
развертка		20	30-	50-	70-	90-	110-	140-
			60	120	120	180	180	210

Таблица 27 - Значения коэффициента K_v , учитывающего влияние глубины сверления на скорость резания.

Глубина просверливаемого отверстия в диаметрах D	3D	4D	5D	6D	8D	10D
K_v	1.0	0.85	0.75	0.7	0.6	0.5

Частоту вращения определяют по зависимостям, как и для точения.

10.4 Фрезерование

Это весьма универсальный и более производительный по сравнению со строганием способ обработки поверхностей. В зависимости от требований точности и шероховатости характер обработки и материал режущей части фрезы можно выбрать по выше приведенным таблицам.

Глубина резания t определяется как и для строгания. При черновом фрезеровании целесообразно, если это допускают мощность привода и жесткость системы СПИД, весь припуск снимать за один рабочий ход ($t=3\dots 8$ мм). При фрезеровании поверхностей, имеющих твердую корку или окалину (отливки, поковки, наплавка) целесообразно применять встречное фрезерование с глубиной резания 2 мм и более. При глубине резания более 3 мм рекомендуется применять фрезы с крупными зубьями. При фрезеровании различают следующие подачи: на один оборот фрезы S , мм/об; на один зуб фрезы S_z , которую часто называют технологической, мм/зуб и скорость движения подачи V_s , мм/ мин. Взаимосвязь между ними выражается формулой:

$$V_s = S \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \quad (10)$$

где Z – число зубьев фрезы;

n – частота вращения фрезы, мин^{-1} .

Процесс фрезерования полно характеризуется подачей S_z , рекомендуемые числовые значения которой, для фрезерования плоскостей и уступов цилиндрическими, дисковыми и торцовыми фрезами из быстрорежущих сталей приведены в таблице 28, фрезами с режущей частью зубьев из твердых сплавов – в таблице 29, для фрезерования концевыми, прорезными, угловыми и отрезными фрезами из быстрорежущих сталей, стальных заготовок – в таблице 30.

Меньшие значения подач следует принимать при повышенных требованиях к шероховатости обработанных поверхностей, а также при больших значениях t и V . При фрезеровании чугуна, медных и алюминиевых сплавов, значения подач, приведенных в таблицах 28 - 30, можно увеличить на 30...40%.

Скоростью резания V (м/мин) при фрезеровании называют окружную скорость зубьев фрезы, расположенных на наибольшем диаметре. Скорость резания выбирают из таблиц по назначению режимов резания или определяют по зависимости 11.

Таблица 28 - Подачи S_z при фрезеровании плоскостей и уступов цилиндрическими, дисковыми и торцовыми фрезами из быстрорежущих сталей, мм/зуб.

Мощность двигателя	Конструкция фрезы	Тип фрезы			
		Торцовые и дисковые		Цилиндрические	
		Обрабатываемый материал			
		Сталь	Чугун, медные сплавы	Сталь	Чугун и медные сплавы
До 5	Цилиндрические с крупным зубом или со вставными ножами	0,04-0,06	0,15-0,30	0,10-0,15	0,12-0,20
5...10		0,08-0,15	0,20-0,40	0,12-0,20	0,20-0,30
Св. 10		0,15-0,25	0,30-0,50	0,30-0,40	0,40-0,60
До 5	Цельные с мелким зубом	0,04-0,06	0,12-0,20	0,05-0,08	0,06-0,12
5...10		0,06-0,10	0,15-0,30	0,06-0,10	0,10-0,15

Таблица 29 - Подачи S_z при фрезеровании плоскостей, уступов и пазов цилиндрическими, дисковыми и торцовыми фрезами из твердых сплавов, мм/зуб.

Мощность двиг. станка, кВт	Тип фрезы	Обрабатываемый материал

		Сталь		Чугун и медные сплавы	
		Материал фрезы			
		T15K6	T5K10	BK6	BK8
5...10	Цилиндрические ($B < 30$ мм), торцовые и дисковые	0,09-0,18	0,12-0,18	0,14-0,24	0,20-0,29
Св. 10		0,12-0,18	0,16-0,21	0,18-0,28	0,25-0,38
5...10	Цилиндрические При $B > 30$ мм	0,06-0,13	0,08-0,13	0,10-0,17	0,14-0,20
Св.10		0,08-0,13	0,11-0,17	0,13-0,20	0,18-0,27
5...10	Дисковые, фрезерование пазов	0,05-0,09	0,06-0,09	0,07-0,12	0,10-0,14
Св.10		0,06-0,09	0,08-0,12	0,09-0,14	0,12-0,19

Таблица 30 - Поддачи S_z при фрезеровании сталей концевыми, прорезными, угловыми и отрезными фрезами из быстрорежущих сталей, мм/зуб.

Диаметр фрезы	Тип фрезы	Глубина фрезерования, мм			
		3	5	9	И более
16	Концевые	0,05-0,08	0,05-0,06		
20		0,06-0,10	0,04-0,07		
25		0,07-0,12	0,05-0,09	0,04-0,08	
35		0,10-0,16	0,07-0,12	0,05-0,10	
40	Концевые	0,12-0,20	0,08-0,14	0,07-0,12	
	Прорезные	0,005-0,009	0,003-0,007	0,007-0,01	
50	Концевые	0,15-0,25	0,10-0,15	0,08-0,13	0,07-0,10
	Прорезные	0,006-0,01	0,004-0,008	0,008-0,012	0,008-0,012
60	Прорезные	0,008-0,013	0,005-0,01	0,01-0,015	0,01-0,022

	Отрезные			0,015-0,025	
75	Прорезные		0,01-0,025		
90	Отрезные				0,001-0,025
110-200					0,002-0,028
					0,001-0,03

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^X \cdot S_Z^Y \cdot B^U \cdot Z^P} \cdot K_V, \quad (11)$$

где В – ширина фрезерования (ширина взаимного контакта зубьев фрезы с обрабатываемой заготовкой, измеренная перпендикулярно ее оси при работе торцовыми зубьями параллельно оси в других случаях), мм;

D – диаметр фрезы, мм.

Другие составляющие зависимости (11) расшифрованы выше.

Число зубьев z как и размеры фрезы можно выбрать по справочникам, исходя из конкретных условий обработки, или упрощенно по зависимости:

$$z = \frac{C_Z \cdot D}{t^{0.5} \cdot S_Z^{0.5}}, \quad (12)$$

Для торцовых фрез $C_Z = 0,6$, для остальных $C_Z = 0,2$.

Для фрез торцовых, цилиндрических, дисковых, фасонных, угловых, стойкость T равна 60...180 мин, для концевых – 60...120, для прорезных и отрезных – 60...180 мин. Меньшие значения стойкости принимаются для фрез меньших диаметров.

Числовые значения коэффициента C_V и показателей степеней в формуле (11) приведены в таблице 31.

Поправочный коэффициент K_V состоит из многих сомножителей, как и при точении, числовые значения которых можно найти по справочнику технолога-машиностроителя. В учебных целях допускается принять $K_V = 0,75$.

Таблица 31 - Значения коэффициента C_V и показателей степеней в формуле скорости резания при фрезеровании.

Фрезы	Материал режущей части фрезы	Коэффициенты и показатели степени в формуле скорости резания V_g						
		C_v	q	x	y	u	p	t
Обработка конструкции углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа								
Торцовые	ВК6	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
Цилиндрические	Р6М5	55	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3
Обработка серого чугуна, HB190								
Торцовые	ВК6	445	0,2	0,1	0,3	0,2	0	0,3
Цилиндрические	Р6М5	58	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2
Обработка ковкого чугуна, HB150								
Торцовые	ВК6	994	0,2	0,2	0,1	0,2	0	0,3
Цилиндрические	Р6М5	77	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3

10.5 Шлифование

Режущим инструментом при шлифовании является абразивный круг. Выбор формы, размеров и характеристики зависят от вида шлифования, свойств обрабатываемого материала, требований к точности и качеству обработанных поверхностей, характеристики станка и других условий обработки. Характеристика абразивных инструментов и правила выбора изложены в специальной литературе.

Вид шлифования в зависимости от требований к точности и шероховатости обработанных поверхностей можно выбрать по таблице 1, а промежуточные припуски на обработку – по таблице 32.

Глубина резания t при шлифовании – слой металла, снимаемый периферией или торцом круга за каждый или двойной ход стола, или на каждый оборот заготовки при врезном шлифовании.

Числовые значения t для обработки конструкционных материалов и инструментальных сталей, приведенные в таблице 32, при круглом шлифовании с подачей на двойной ход стола следует увеличить в 1,5...2 раза, а при предварительном плоском шлифовании периферией круга на станках с круглым

столом --уменьшить в 3 раза. Большие значения t следует принимать при жесткой системе СПИД.

При работе с автоматической подачей S_i на глубину резания $t=S_i$ мм следует скорректировать по паспорту станка.

Таблица 32 - Глубины резания при шлифовании $t(S_i)$, мм.

Характеристика процесса шлифования	Вид шлифования				
	круглое			Плоское на станках со столом	
	внешнее	внутреннее		прямоугольным	круглым
С поперечной подачей на каждый ход: предварительное окончательное	0,01-0,025	0,005-0,02	0,02-0,2	0,015-0,04	0,005-0,015
	0,005-0,0015	0,0025-0,01	0,025-0,01	0,005-0,015	0,005-0,01
Врезанием: предварительное окончательное	0,0025-0,075		0,001-0,005		
	0,001-0,005				

Продольная подача S – взаимное продольное перемещение заготовки и шлифовального круга в направлении его оси в миллиметрах на один оборот детали при круглом шлифовании или на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга. Подача S берется обычно в зависимости от ширины шлифовального круга B :

$$S = K_s B \quad (13)$$

Значения коэффициента продольной подачи K_s приведены в таблице 33.

Скорость резания V при шлифовании равна сумме окружных скоростей шлифовального круга V_K и заготовки V_3 .

$$V = V_K \pm V_3 \quad (14)$$

В приведенном выражении «плюс» ставится при одноименном направлении их вращения, а «минус» – при разноименном.

Так как V_3 примерно в 100 раз меньше V_K , то при назначении режима резания значением V_3 пренебрегают и считают $V = V_K$ (м/с) и определяют по формуле 15, если n_K задана в мин^{-1} :

$$V = 6 \cdot 10^{-4} \pi D_K n_K \quad (15)$$

и по формуле 16, если n_K задана в с^{-1} :

$$V = 10^{-3} \pi D_K n_K, \quad (16)$$

В приведенных выражениях D_K - диаметр шлифовального круга, мм;

n_K - частота вращения круга.

В большинстве случаев при шлифовании $V=30\dots35$ м/с.

Таблица 33 - Коэффициент продольной подачи K_S .

Обрабатываемый материал	K_S при глубине резания, мм							
	<0.0	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05
	1	5		5		5		
Сталь незакаленная	0,55	0,50	0,45	0,42	0,37	0,35	0,32	0,28
Сталь закаленная	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,30	0,25
Чугун и бронза	0,65	0,58	0,53	0,48	0,45	0,42	0,38	0,35

Скорости перемещения заготовки V_3 при плоском шлифовании приведены в таблице 34.

Таблица 34 - Значения скорости перемещения заготовки V_3 и периода стойкости T при плоском шлифовании.

Тип станка	Вид шлифования	T , мин.	Характер шлифования	V_3 , м/мин.
С прямоугольным столом	Периферией круга	25	Предварительное	8-30

			окончательное	15-20
	Торцом круга	55	Предварительное	4-12
			окончательное	2-3
С круглым столом	Периферией круга	25	Предварительное	20-60
			окончательное	40-60
	Торцом круга	55		10-40

11 Оформление расчетно-графической работы

Графическая часть – чертеж детали. Чертеж выполняется на формате А3 и оформляется по всем требованиям ЕСКД. Желательно выполнение в графическом редакторе «Компас».

Текстовая часть работы выполняется на листах формата А4 (машинописный текст – Times Roman, шрифт – 14, интервал – 1,5. Допускается выполнение работы в виде рукописного текста).

Объем пояснительной записки – 12....15 страниц.

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист (см. приложение 1);
- индивидуальное задание;
- содержание;
- введение;
- расчетная часть, в которой необходимо отобразить следующее:
 - расчет допустимой скорости резания на операцию;
 - пересчет скорости резания на частоту вращения инструмента или заготовки;
 - расчет или назначение подачи инструмента;
 - выбор глубины обработки резания;
 - заключение;
 - список использованной литературы.

В расчетной части допускается размещение наглядной информации по выбранному оборудованию, инструменту, а также схематичное изображение выполняемой операции.

Литература

1. ГОСТ 3.1109-73. Процессы технологические. Основные термины и определения. – М., 1974.
2. ГОСТ 14.311-75. Правила разработки рабочих технологических процессов – М.: Издательство стандартов, 1975.
3. Справочник металлиста. Под редакцией А.Н. Малого. Т.2 и 3. – М., Машиностроение, 1977.
4. В.Д. Мягков. Краткий справочник конструктора. – Л., Машиностроение, 1975.
5. Сильман, Г.И. Металлорежущие станки и инструмент. учеб. пособие для вузов / Г. И. Сильман. - М : Академия, 2008. - 336 с. - (Высшее профессиональное образование. Машиностроение).
6. Звонцов, И.Ф. Технологии сверления глубоких отверстий [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов / И. Ф. Звонцов, П. П. Серебrenицкий, А. Г. Схиртладзе. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2013. - 496 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/6598/>, требуется регистрация. - Загл. с экрана. - Яз. рус. - ISBN 978-5-8114-1373-7.
7. Зубарев, Ю.М. Абразивные инструменты. Разработка операций шлифования [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Зубарев, В.Г. Юрьев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 360 с.
8. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении [Электронный ресурс] / В.Ф. Безъязычный [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 432.
9. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н.В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Зубарев, Ю.М. Современные инструментальные материалы [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов / Ю. М. Зубарев. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2014. - 304 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/595/>, требуется регистрация. - Загл. с экрана. - Яз. рус. - ISBN 978-5-8114-0832-0.Сортамент черных металлов. Прокат и калиброванная сталь. – М., Издательство стандартов, 1978.
11. Зубарев, Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку : учебное пособие / Ю.М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1995-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72581>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.Обработка металлов резанием.

(Образец оформления титульного листа расчетно-графической работы)

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА**

КАФЕДРА «РЕМОНТ И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН»

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ:
«СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТ»**

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ СТУДЕНТ _____

ПРОВЕРИЛ _____

КАРАБАЕВО
Костромская ГСХА

2020

