



---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»**  
**(БГТУ)**

---

Политехнический колледж (ПК БГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО

"БГТУ"

О.Н. Федонин

«28» мая 2024 г.  
**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по выполнению практических работ**  
**по учебной дисциплине**

**ОПЦ.06. Процессы формообразования и инструменты**

Специальность:	<b>15.02.16 Технология машиностроения</b>
Уровень образования выпускника:	среднее профессиональное образование (СПО)
Программа подготовки специалиста среднего звена (ППССЗ):	базовая
Присваиваемая квалификация:	Техник-технолог
Форма обучения:	очная
Срок получения СПО по ППССЗ:	3 года 10 месяцев
Уровень образования, необходимый для приема на обучение по ППССЗ:	основное общее образование
Год приема на обучение на 1-й курс:	2024

Брянск 2024

**Методические указания по выполнению практических работ**  
по учебной дисциплине  
**ОПЦ.06. Процессы формообразования и инструменты**  
(далее — МУ)  
для специальности **15.02.16 Технология машиностроения**

Разработал:

– преподаватель ПК БГТУ

В.А. Сиротина

МР рассмотрены и одобрены на заседании предметно-цикловой комиссии «Технология машиностроения» ПК БГТУ (далее — ПЦК)

от «28» мая 2024 г., протокол № 7

Председатель ПЦК

Л.М. Курашова

Согласовано:

Заместитель директора ПК БГТУ  
по учебной работе

Л.А.Лазарева

© Сиротина В.А.  
© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет»

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....</b>	<b>4</b>
<b>Практическая работа №1</b> Разработка чертежа отливки по чертежу детали. Расчет массы заготовки.....	<b>13</b>
<b>Практическая работа №2</b> Разработка чертежа поковки. Разработка чертежа штампованной поковки. Расчет массы заготовки.....	<b>23</b>
<b>Практическая работа №3</b> Расчет элементов режима резания .....	<b>26</b>
<b>Практическая работа №4</b> Расчёт составляющей силы резания и мощности резания при точении.....	<b>32</b>
<b>Практическая работа №5</b> Расчет скорости резания при токарной обработке	<b>39</b>
<b>Практическая работа №6</b> Расчет и конструирование твердосплавного резца	<b>41</b>
<b>Практическая работа №7</b> Расчет и табличное определение режима резания при точении.....	<b>48</b>
<b>Практическая работа №8</b> Расчет и табличное определение режима резания пр сверлении, зенкерования и развертывании.....	<b>58</b>
<b>Практическая работа №9</b> Расчет и табличное определение режимов резания п фрезеровании.....	<b>60</b>
<b>Практическая работа №10</b> Аналитический и табличный расчет режима резания при резьбонарезании.....	<b>66</b>
<b>Практическая работа №11</b> Расчет режима резания при зубонарезании.....	<b>73</b>
<b>Практическая работа №12</b> Расчет и конструирование зуборезного инструмента.....	<b>78</b>
<b>Практическая работа №13</b> Расчет режима резания при протягивании.....	<b>87</b>
<b>Практическая работа №14</b> Расчет и конструирование протяжки.....	<b>95</b>
<b>Практическая работа №15</b> Расчет режима резания при шлифовании.....	<b>109</b>
<b>Лабораторная работа №1</b> Измерение геометрических параметров токарных резцов.....	<b>115</b>
<b>Лабораторная работа №2</b> Измерение геометрических параметров сверла.....	<b>123</b>
<b>Лабораторная работа №3</b> Измерение геометрических параметров фрезы.....	<b>133</b>

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящие методические указания предназначены для изучения учебной дисциплины ОП.06. Процессы формообразования и инструменты и составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.08 Технология машиностроения.

Цель методических указаний - помочь студентам выполнять практические работы, самостоятельно пользоваться дополнительной и справочной литературой, они помогут студентам ответить правильно на поставленные вопросы и закрепить приобретенные знания.

Для каждой практической работы определены тема, цель, содержание и порядок выполнения, указан перечень необходимых средств материального обеспечения.

Целью практических работ является закрепление и углубление знаний, полученных студентами при теоретическом изучении материала, а также их практическое применение.

Завершающим этапом выполнения практической работы является составление отчета каждым студентом и его защита у преподавателя.

К практическим работам предъявляется ряд требований, основным из которых является описание всей проделанной работы, позволяющее судить о полученных результатах, степени выполнения заданий и профессиональной подготовке студентов. Требования по содержанию отчета приведены в методических указаниях, в описании практических работ. В выводах по выполненной работе кратко излагаются результаты работы.

Отчет по практической работе оформляется на бумаге стандартного формата А4 с обязательным оформлением основных надписей.

Все работы в конце семестра сшиваются в скоросшивателе. Титульный лист является первой страницей любой работы

Образец написания титульного листа приведен в Приложении.

## ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Перед выполнением практической работы студент должен:

Изучить теоретическую часть темы с помощью учебника и конспекта.

Выполнить задание для самостоятельной работы, которые предусмотрены в данной части изучаемой дисциплины.

Подготовить к выполнению практической работы все необходимые материалы (листы формата А4, калькулятор, чертежи деталей, заготовок...).

После выполнения практической работы проверить расчеты и оформить отчет по работе в соответствии с требованиями ЕСКД и методическими указаниями по оформлению практических работ, утвержденных руководством колледжа.

На каждом листе работы должен быть указан шифр работы специальным шрифтом в соответствии с требованиями ЕСКД.

ПР - практическая работа

ПФ – аббревиатура изучаемой дисциплины

15.02.08 - шифр специальности

XX - порядковый номер работы

XX - вариант или порядковый номер студента по журналу

Сдать отчет преподавателю в срок, который предусмотрен в соответствии с учебной программой и графиком.

После выполнения практической работы студент должен ее защитить устно – опрос.

**Методические рекомендации по составлению отчетов при выполнении практической работы:**

Упражнения и решение задач проводятся по полученному на лекциях материалу и связаны с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Только после усвоения лекционного материала, он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его

на практике, а также получит дополнительный стимул для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также решать несколькими возможными способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

Отчет по практической работе необходимо выполнять на листах формата А4, с соблюдением требований ЕСКД по оформлению текстовой документации. На первом листе работы должен быть «большой» штамп, а на всех последующих – «маленький» штамп в соответствии с ЕСТД.

При постраничной записи текста следует выдерживать поля следующих размеров: левое – 3,0 см, правое – 1 см, верхнее – 2,0 см, нижнее – 2,5 см., при наборе текста использовать: шрифт – Times New Roman, интервал одинарный, кегль 14. Отступ первой строки абзаца составляет 1,25 см .

Если в тексте работы имеются перечисления, то перед каждым перечислением следует ставить дефис или строчную букву (за исключением е, ё, з, й, о, у, х, ч, ш, щ, ь, ы, ь), после которой ставится скобка. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после

которых, ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения отчета, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

В тексте отчета не допускается применение сокращений обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблицы, в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте отчета, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается применение:

а) математического знака минус (—) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);

б) знака «0» для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»). При указании размера диаметра перед размерным числом следует писать знак «Ø»;

в) без числовых значений математических знаков, например  $>$  (больше),  $<$  (меньше),  $=$  (равно), а также знаки № (номер), % (процент);

Если в тексте отчета приводят диапазон числовых значений какой-либо величины, выраженных в одной и той же единице ее измерения, то обозначение единицы измерения указывается после последнего числового значения диапазона.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание «должно быть не более (не менее)».

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание «не должно быть более (менее)».

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для объективного отражения исследуемого явления или процесса. Округление числовых значений величин должно быть одинаковым в рамках всей работы, либо до первого, либо до второго и т.д. десятичного знака.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах.

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать в виде простой дроби в одну строчку через косую черту.

Иллюстрации (рисунки, диаграммы, схемы) за исключением иллюстраций приложений, следует применять сквозную нумерацию арабскими цифрами в пределах всего отчета Рисунок 1. Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и его наименование помещают после пояснительных данных и располагают посередине строки под рисунком.

В тексте отчета при ссылках на иллюстрацию следует писать в соответствии с рисунком 1.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Таблицы за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами в пределах отчета Таблица 1.

Таблицы, должны иметь наименование с ссылкой на источник.

Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей с абзачным отступом на следующей строке после слов «таблица 1».

Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

В тексте отчета при ссылках на таблицу следует писать в соответствии с таблицей 1.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью. При переносе части таблицы нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.



Таблицу с большим количеством граф целесообразно выносить в приложение.

Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзаца вразрядку и не подчеркивать.

Примечания приводятся в том случае, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без проставления точки. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньше, чем в тексте.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. Формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (х), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы следует нумеровать в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенные точкой, например (3.1).

Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках, например, [1, с.22] (где 1- номер источника в списке литературы, а 22 – номер страницы источника).

В списке использованной литературы, который прилагается на отдельном листе, следует сначала указать ГОСТы, нормативные документы с указанием даты их принятия. Затем в алфавитном порядке фамилии авторов использованных книг, статей. При этом пишется сначала фамилия автора, затем инициалы, название книги, город, издательство, год, страница. При использовании журнальных или газетных статей также следует сначала указать Ф.И.О. автора, затем название статьи, журнал (газету), дату.

Приложения оформляют как продолжение отчета на последующих ее листах.

В тексте отчета на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием сверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения должны иметь общую с остальной частью отчета сквозную нумерацию страниц.

### **Оценка умений выполнять расчетные задания (практические работы).**

Оценка «5» отлично:

в логическом рассуждении и решении нет ошибок, расчеты выполнены

правильно; отчет оформлен чисто, аккуратно в полном объеме, с выполнением всех необходимых схем или рисунков.

Оценка «4» хорошо:

в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок, но задача решена неверно или допущено не более двух несущественных ошибок;

отчет оформлен чисто, аккуратно, но выполнены не все необходимые схемы или рисунки .

Оценка «3» удовлетворительно:

в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущена существенная ошибка в математических расчетах;

отчет оформлено не аккуратно и в неполном объеме, отсутствуют нужные схемы или рисунки.

Оценка «2» неудовлетворительно:

есть существенные ошибки в логическом рассуждении и в решении;

нет всех нужных схем или рисунков.

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВО «Брянский Государственный технический университет»  
Политехнический колледж

## ОТЧЕТ

ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ №\_\_\_\_\_

по учебной дисциплине  
ОП.06. Процессы формообразования и инструменты

Специальность: 15.02.08 Технология машиностроения

Тема работы: «\_\_\_\_\_»  
\_\_\_\_\_»

ПКТУ. ПФ XXXX .000 ПР

Группа

Составил студент

Проверил преподаватель

Дата сдачи отчета

Оценка работы

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
В.Я. Бойко  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2017

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

**ТЕМА ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ:** Разработка чертежа отливки по чертежу детали. Расчет массы заготовки.

### ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ:

- приобрести навыки и умения по конструированию и расчету заготовок-отливок; расчету их массы;
- научиться пользоваться таблицами ГОСТ26645-85;
- научиться выполнять рабочий чертеж отливки.

### Задача.

Рассчитайте размеры и выполните рабочий чертеж отливки в соответствии с заданными исходными данными в таблицах 1,2.

Отливка из серого чугуна 160 НВ, плотность  $\gamma = 7,2 \text{ г/см}^3$   
Припуски и допуски принимаются по ГОСТ 26645-85.

Таблица 1 – Исходные данные, чертежи деталей

№ варианта	Эскиз детали
1,2,3	

4,5,6,7	
8,9,10	

Таблица 2- Исходные данные

№ варианта	Размер детали в мм								Точность отливки	Масса детали (№ формулы)кг
	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	00	0	0	00	0	50	0	0	7-0-0-7	3
2	00	0	0	80	0	00	0	0	8-0-0-8	3
3	0	0	0	60	0	0	0	0	9-0-0-9	3
4	50	0	24	40	40	45	45	40	8-0-0-8	4
5	0	0	0	40	0	0	0	0	8-0-0-8	4
6	0	0	0	50	0	0	0	0	7-0-0-7	4
7	0	0	0	0	0	0	0	0	8-0-0-8	4
8	00	40	0	0	0	0	0	0	9-0-0-9	5
9	50	60	0	0	0	0	0	0	7-0-0-7	5
10	50	00	0	0	0	0	0	0	8-0-0-8	5

## ВВЕДЕНИЕ

Литьем получают заготовки и детали массой от десятых долей грамма до сотен тонн.

Отливки могут иметь простую и очень сложную форму наружных и внутренних поверхностей.

Литая заготовка получается заливкой металла через каналы литниковой системы в формы. Металл, остывая, кристаллизуется.

Способы литья разделяют на следующие:

1) Изготовление отливок в разовых формах (песчаных, оболочковых, по выплавляемым моделям, по выжигаемым или растворяемым моделям и др.);

2) Изготовление отливок в многократных (постоянных) формах (литье в кокиль - металлическую форму; центробежное литьё; литьё под давлением; литьё выжиманием и др.);

3) Изготовление отливок в комбинированных и полупостоянных формах, изготавливаемых из металла со сменными песчаными стержнями; в облицованный кокиль; в формы из огнеупорных материалов (графитовые, керамические) и др.

При выборе способа получения отливки учитывают объем производства (количество выпускаемых в год отливок); форму и размеры детали, её точность, материал.

Размеры отливки больше размеров детали на величину припусков и напусков.

**ПРИПУСК** - толщина слоя металла, удаляемая с поверхности заготовки при её обработке с целью придания детали необходимых свойств (формы, размеров, точности, шероховатости, физико-механических свойств).

**НАПУСК** - местное или неравномерное увеличение размеров отливки по сравнению с деталью, вызванное особенностями технологии литья (наполнения, сглаживающие углубления и выступы; не проливаемые отверстия и т.д.).

Объем отливки можно рассчитать двумя способами:

1) к объему детали  $V_d$  прибавить объем припусков и напусков -

$$(V_{\text{пр}} + V_{\text{нап}})$$

$$V_{\text{отл}} = V_{\text{д}} + V_{\text{пр}} + V_{\text{нап}}, \text{ см}^3$$

2) разбив отливку на элементарные фигуры и сложив объёмы этих фигур  $V_i$ :

$$V_{\text{отл}} = \sum V_i, \text{ см}^3$$

### Методика решения задачи:

1. Определение массы детали:

$$m_{\text{д}} = V_{\text{д}} \gamma, \text{ кг} \quad (1)$$

где:  $V_{\text{д}}$  - объем детали в  $\text{см}^3$

$\gamma$  - плотность чугуна =  $7,2 \text{ г/см}^3$

$$V_{\text{д}} = \sum V_i, \text{ см}^3 \quad (2)$$

где:  $V_i$  - объем  $i$ -ой фигуры в  $\text{см}^3$ , в данном случае это объем цилиндров:

- к вариантам 1,2,3

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi * D_1^2}{4} * l_1 + \frac{\pi * D_3^2}{4} * l_3 + \frac{\pi * D_4^2}{4} * l_4 - \frac{\pi * D_2^2}{4} * l_2, \text{ см}^3 \quad (3)$$

- к вариантам 4,5,6,7:

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi * D_1^2}{4} * l_1 + \frac{\pi * D_2^2}{4} * l_2 - \frac{\pi * D_3^2}{4} * l_3, \text{ см}^3 \quad (4)$$



- к вариантам 8,9,10:

$$V_d = \frac{\pi * D_1^2}{4} * l_1 + \frac{\pi * D_2^2}{4} * l_2 + \frac{\pi * D_3^2}{4} * l_3 - \frac{\pi * D_4^2}{4} * l_4, \quad \text{см}^3 \quad (5)$$

2. -Вносим значения диаметральных и линейных размеров и допусков на них в Таблицу 3, в графы 1 и 2;

-Определяем общий припуск на сторону детали  $h = z$  мм - по таблице 6 ГОСТ 26645-85, стр. 10 в зависимости от допуска на поверхность детали; ряда припуска отливки, соответствующий её классу точности и вносим в графу 3 Таблицы 3.

Таблица 3 - Расчет размеров заготовки

Размер детали в мм	Допуск заготовки $\delta$ , мм	Общий припуск $Z$ мм	Размер заготовки в мм
1	2	3	4
Диаметр $\varnothing D_1$ +ВО - НО .... Длина $l_1$ +ВО - НО ....	$\delta$ .... $\delta$	$2*Z =$ ..... $Z =$	$\varnothing D_{31} \pm \delta/2$ .... $L_{31} \pm \delta/2$

Определяем размеры заготовки, увеличивая размер детали на величину припуска, вносим значения в Таблицу 3, графу 4:

$$D_{3i} = D_i + 2Z, \text{ мм} \quad (6)$$

$$L_{3i} = L_i + Z, \text{ мм} \quad (7)$$

вносим значения в графу 4 таблицы 3.

3. Определяем допуск на заготовку по таблице 1 ГОСТ 26645-85, стр.2... в зависимости от размера заготовки и класса точности отливки, вносим значение в графу 4 таблицы 3, учитывая, что он «симметричный».

4. Выполняем рабочий чертеж заготовки в следующей последовательности:

- чертим чертеж детали в тонких линиях по размерам таблицы 2;
- вокруг чертежа детали вычерчиваем чертеж заготовки с учетом припусков на обработку;
- проставляем размеры заготовки с допусками и размеры припуска;
- над штампом пишем технические требования на заготовку.

Образец чертежа заготовки дан в приложениях.

5. Определяем массу заготовки по одному из методов:

$$5.1 \quad m_3 = \gamma \cdot (V_d + V_{пр} + V_{нап}), \text{ г}$$

$$5.2 \quad m_3 = \gamma \cdot V_{отл}, \text{ г}$$

Рассчитываем  $m_d$  в граммах, переводим в килограммы, округляя до одного знака после запятой.

## Приложения

### Таблицы из ГОСТ 26645 – 85

Таблица 1 ГОСТ 26645 – 85 Допуски на отливки

$$\delta = 1,6 \quad (\pm 0,8)$$

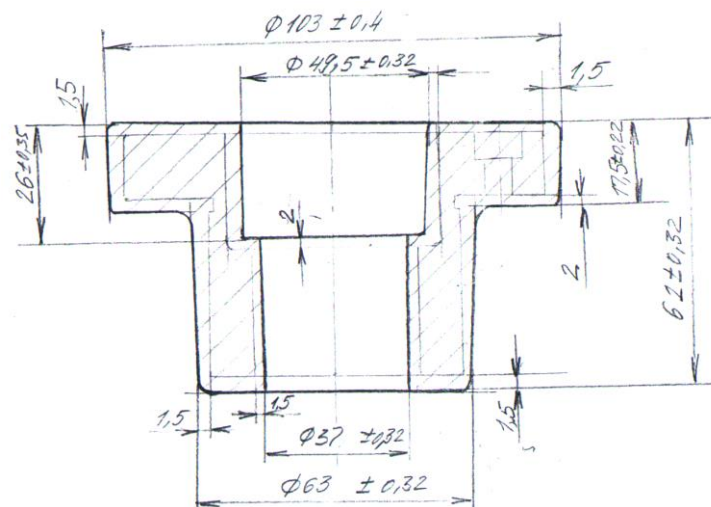
Интервал размеров заготовки мм	Допуск $\delta$ для классов точности отливок				
	5	6	7	8	9
Свыше 16 до 25	0,40	0,50	0,80	1,00	1,60
Св. 25 до 40	0,44	0,56	0,90	1,10	1,80

Св. 40 до 63	0,50	0,64	1,00	1,20	2,00
Св. 63 до 100	0,56	0,70	1,10	1,40	2,20
Св. 100 до 160	0,64	0,80	1,20	1,60	2,40
Св. 160 до 250	0,70	0,90	1,40	1,80	2,80
Св. 250 до 400	0,80	1,00	1,60	2,00	3,20

Таблица 6 - Припуски на сторону отливки ГОСТ 26645 – 85

Общий допуск поверхности мм	Вид механической обработки	Общий припуск на сторону для класса точности мм				
		5	6	7	8	9
Св.0,18 до 0,2	Черновая Получистовая Чистовая	0,6	0,7	1,0	1,2	1,4
		0,7	0,8	1,0	1,3	1,5
		0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
Св.0,2 до 0,22	То же	0,6	0,8	0,9	1,1	1,4
		0,7	0,8	1,1	1,4	1,6
		0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
Св.0,22 до 0,24	То же	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4
		0,8	0,8	1,1	1,4	1,6
		0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
Св.0,24 до 0,28	То же	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4
		0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
		0,9	1,0	1,1	1,4	1,7
Св.0,28 до 0,32	То же	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
		0,8	0,9	1,2	1,5	1,7
		0,9	1,0	1,2	1,5	1,7
Св.0,32 до 0,36	То же	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5
		0,9	1,0	1,2	1,5	1,7
		1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
Св.0,36 до 0,4	То же	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5
		0,9	1,0	1,2	1,5	1,7
		1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
Св.0,4 до 0,44	То же	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5
		1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
		1,1	1,2	1,4	1,7	1,9
Св.0,44 до 0,5	То же	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
		1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
		1,1	1,2	1,4	1,7	1,9
Св.0,5 до 0,56	То же	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
		1,1	1,2	1,4	1,7	1,9
		1,2	1,3	1,5	1,8	2,0

Св.0,56 до 0,64	То же	1,0 1,2 1,3	1,1 1,3 1,4	1,3 1,5 1,6	1,5 1,8 1,9	1,7 2,0 2,1
Св.0,64 до 0,7	То же	1,0 1,3 1,4	1,1 1,4 1,4	1,3 1,6 1,6	1,5 1,9 1,9	1,7 2,1 2,2
Св.0,7 до 0,8	То же	1,1 1,4 1,5	1,1 1,5 1,6	1,4 1,7 1,8	1,6 2,0 2,1	1,8 2,1 2,3
Св.0,8 до 0,9	То же	1,1 1,5 1,6	1,2 1,6 1,7	1,4 1,8 1,9	1,6 2,1 2,2	1,8 2,3 2,4
Св.0,9 до 1,0	То же	1,2 1,6 1,7	1,3 1,7 1,8	1,5 1,9 2,0	1,7 2,1 2,3	1,9 2,4 2,5
Св. 1,0 до 1,2	То же	1,3 1,7 1,9	1,4 1,8 2,0	1,6 2,0 2,2	1,8 2,3 2,5	2,0 2,5 2,7
Св. 1,2 до 1,4	То же	1,5 1,9 2,2	1,6 2,0 2,3	1,8 2,2 2,5	2,0 2,5 2,8	2,1 2,2 3,0
Св. 1,4 до 1,6	То же	1,6 2,1 2,4	1,7 2,2 2,5	1,9 2,4 2,6	2,1 2,2 3,0	2,3 2,9 3,1
Св. 1,6 до 1,8	То же	1,6 2,2 2,5	1,7 2,3 2,6	1,9 2,5 2,8	2,1 2,8 3,1	2,3 3,0 3,3
Св. 1,8 до 2,0	То же	1,7 2,4 2,7	1,8 2,5 2,8	2,0 2,6 3,0	2,2 3,0 3,4	2,4 3,1 3,6
Св.2,0 до 2,2	То же	1,9 2,5 2,9	2,0 2,7 3,0	2,2 2,8 3,3	2,4 3,2 3,6	2,6 3,4 3,8



1. Отливка 7 – 0 – 0 – 7 ГОСТ 26645 – 85
2. Припуски и допуски по ГОСТ 26645 – 85
- 3.Литейные уклоны 2°...3°
- 4.Литейные радиусы R2...R3

					ПКТУ.ПФ 0100.000ПР							
					Отливка							
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дат								
Разраб										1,4		
Пров												
Т. контр												
								Лист		Листов		
И контр					СЧ20 ГОСТ1412 - 85							
У												

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

ТЕМА: Разработка чертежа поковки. Разработка чертежа штампованной поковки. Расчет массы заготовки.

### ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ:

- приобрести навыки и умения по конструированию и расчету заготовок – поковок; расчету их массы;
- научиться пользоваться таблицами ГОСТ 7505-89, ГОСТ 7829-70;
- научиться выполнять рабочий чертеж заготовки.

### Литература

Справочник технолога-машиностроителя. Т.1/ под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986.

### Задача №1.

Определить размеры с допусками заготовки-штамповки и выполнить рабочий чертеж.

Исходные данные приведены в таблицах 1, 2.

Пример выполнения чертежа приводится в приложениях к методическим указаниям (формат А3)

Таблица 1 – исходные данные

№ Вариант	Точность заготовки	Материал детали	Размеры детали в мм					
			1	2	3	1	2	3
1	Т 3	Сталь 40ХН $\gamma = 7,82$ г/см	30	40	40	40	60	30
2	Т 2	Сталь 20 $\gamma = 7,82$ г/см	50	60	50	50	70	40
3	Т 4	Сталь 45 $\gamma = 7,82$ г/см	40	30	60	60	80	50
4	Т 3	Сталь 40ХС $\gamma = 7,735$ г/см	20	60	40	180	70	140
5	Т 2	Сталь Ст3 $\gamma = 7,83$ г/см	40	80	40	200	90	170
6	Т 4	Сталь 50ХН $\gamma = 7,861$ г/см	30	70	40	210	80	160
7	Т 3	Сталь 60 $\gamma = 7,8$ г/см	200	50	40	80	60	40
8	Т 2	Сталь 10 $\gamma = 7,83$ г/см	300	40	50	100	50	70

9	T 4	Сталь 65Г $\gamma = 7,812 \text{ г/см}$	350	20	40	140	40	50
10	T 3	Сталь 35 $\gamma = 7,817 \text{ г/см}$	50	0	0	20	0	0

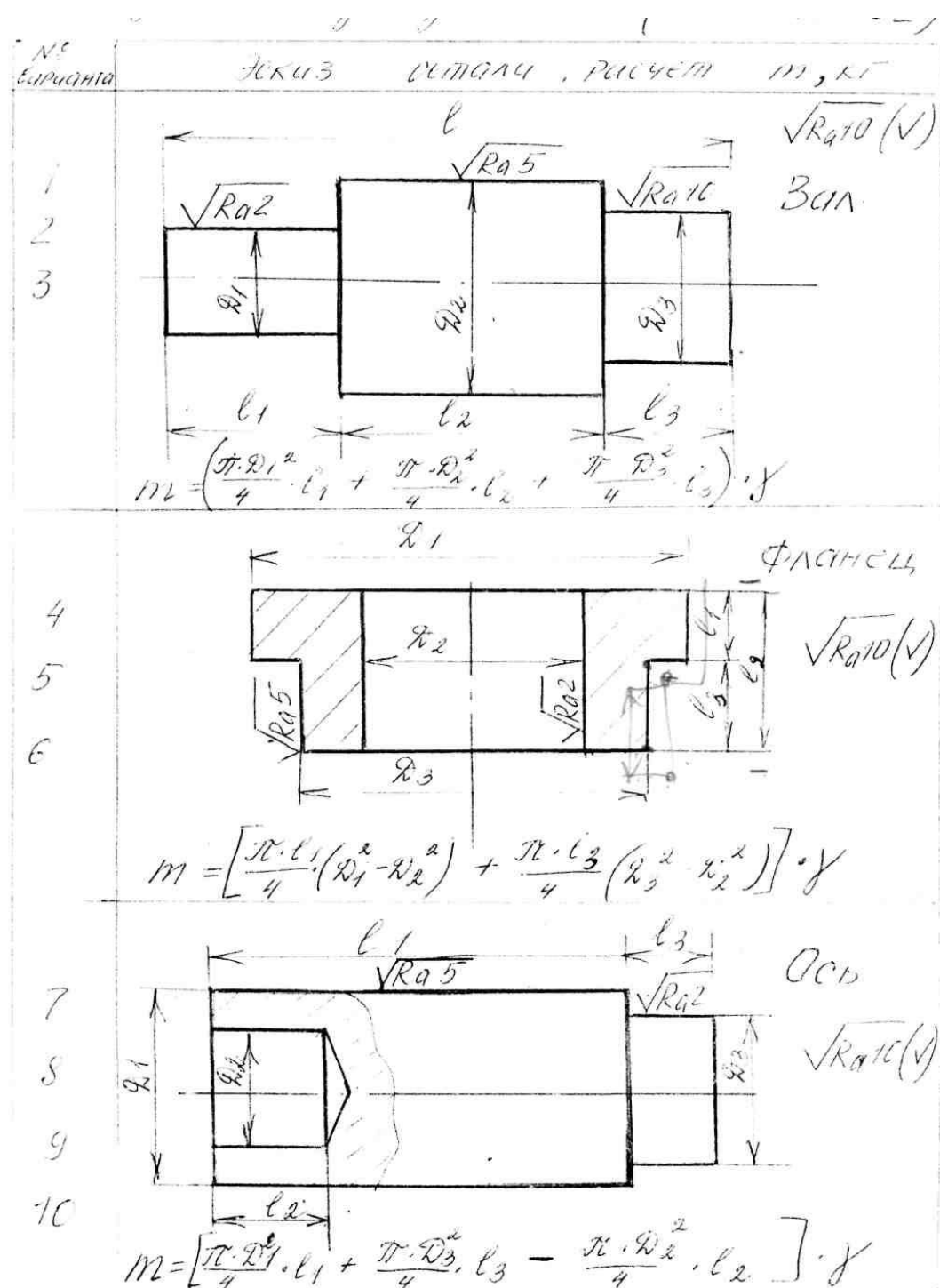


Таблица 2 – эскизы деталей

Расчёт припуска заготовки-поковки точности Т3:

1.Расчёт массы детали - m



$$m = V * \gamma, \text{ кг}$$

где  $V$  – объем детали сложной формы, он складывается из объемов простых фигур, на которые разделяется заготовка в  $\text{м}^3$ ;

2.Определение группы стали по ГОСТ 7505-89

3.Определение по ГОСТ 7505-89 коэффициента массы заготовки  $K$

4. Определение массы заготовки  $m_3 = m \cdot K$  кг

5. Определение степени сложности заготовки по ГОСТ 7505-89

6. Определение исходного индекса по ГОСТ 7505-89

6. Определение припусков по ГОСТ 7505-89

7. Определение размеров

8. Определение допусков на заготовку по ГОСТ 7505-89

9. Заполнение Таблицы 1

Таблица 1 – Расчет припусков и размеров заготовки

Размеры детали в мм	Точность заготовки Т, мм	Общий припуск Z мм	Размер заготовки в мм
1	2	3	4
Диаметр $\varnothing D_1 + BO$ - НО $\varnothing D_2$ .... Длина $L_1 + BO$ - НО $L_2$ ....	T3	$2 * Z =$  .....  $Z =$	$\varnothing D_3 \pm \delta/2$  ....  $L_3 \pm \delta/2$

4. Расчёт коэффициента использования материала  $K_{им}$

$$K_{им} = m / m_3$$

где:  $m$  – масса детали в кг;

$m_3$  – масса заготовки в кг;

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

**Тема:** Расчет элементов режима резания

**Цель работы:** Закрепление знаний. Научиться рассчитывать элементы резания при точении.

**Материальное обеспечение:** Методические указания

### Введение

К элементам резания относятся

- элементы режима резания,
- элементы срезаемого слоя.

Элементы режима резания:

1) Глубина резания  $t$ , мм

$$t = h/i, \text{мм}$$

где  $h$  – припуск, мм

$i$  – число проходов, мм

при обтачивании и растачивании  $h = (D-d) / 2$  мм

2) Подача резца  $S_o$ , мм/об

3) Скорость резания – вращения заготовки  $V$ , м/мин

$$V = \pi * D * n / 1000, \text{ м/мин}$$

4) Частота вращения заготовки  $n$ , мин<sup>-1</sup>

$$n = 1000 * V / (\pi * D), \text{ мин}^{-1}$$

5) Скорость подачи  $V_s$ , мм/мин

$$V_s = n * S_o, \text{ мм/мин}$$

Основное технологическое время  $T_o$ :

$$T_o = (L/V_s) * i, \text{ мин}$$

где  $L$  – длина рабочего хода, мм

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм}$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм

$y$  – врезание, мм ( $y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi$ , мм)

$\Delta$  – перебег, мм ( $\Delta = 1 \dots 4$ , мм)

#### Элементы срезаемого слоя:

1) Толщина срезаемого слоя  $a$ , мм:

$$a = S_o \cdot \sin \varphi, \text{ мм}$$

2) Ширина срезаемого слоя  $b$ , мм:

$$b = t / \sin \varphi, \text{ мм}$$

3) Площадь сечения срезаемого слоя  $f$ , мм<sup>2</sup>

$$f = a \cdot b = t \cdot S_o, \text{ мм}^2$$

#### **Условия задач**

Исходные данные для расчета приведены в Таблицах.

Задача 1. Определить скорость резания при обтачивании на токарном станке заготовки диаметром  $D = \dots$  мм с числом оборотов  $n = \dots$  мин<sup>-1</sup>

Задача 2. На токарном станке требуется обточить заготовку диаметром  $D = \dots$  мм со скоростью резания  $U = \dots$  м/мин. Определить число оборотов шпинделя станка  $n = \dots$  мин<sup>-1</sup>

Задача 3. Определить величину скорости подачи  $U_s$  при обтачивании заготовки на токарном станке с числом оборотов шпинделя  $n = \dots$  мин<sup>-1</sup>, подача резца за один оборот шпинделя  $S_o = \dots$  мм/об

Задача 4. Определить глубину резания  $t$  при обтачивании на токарном станке в два перехода заготовки диаметром  $D \dots \text{мм}$ . В черновом переходе заготовка обтачивается до диаметра  $D_o = \dots \text{мм}$ , в чистовом до диаметра  $d = \dots \text{мм}$ .

Задача 5. Определить основное время при продольном обтачивании на проход заготовки от диаметра  $D = \dots \text{мм}$  до диаметра  $d = \dots \text{мм}$  по длине  $l = \dots \text{мм}$ . Число оборотов шпинделя  $n = \dots \text{мин}^{-1}$ . Подача резца  $S_o = \dots \text{мм/об}$ . Обтачивание производится за один проход. Резец проходной с главным углом в плане  $\varphi = \dots$

Задача 6. Определить основное время при подрезке на токарном станке за один проход сплошного торца заготовки диаметром  $D = \dots \text{мм}$ . Припуск на обработку на сторону  $h = \dots \text{мм}$ . Число оборотов шпинделя  $n = \dots \text{мин}^{-1}$

Подача резца  $S_o = \dots \text{мм/об}$ . Резец \_\_\_\_\_  
с углом  $\varphi = \dots$

Задача 7. Определить основное время при отрезке на токарном станке резцом кольца от заготовки, имеющей форму трубы. Наружный диаметр заготовки  $D = \dots \text{мм}$ . Внутренний диаметр  $d = \dots \text{мм}$ . Число оборотов шпинделя  $n = \dots \text{мин}^{-1}$

Подача резца  $S_o = \dots \text{мм/об}$ .

Таблица 1

№ варианта	Задача 1		Задача 2		Задача 3		Задача 4		
	D	n	D	V	n	So	D	Do	d
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	80	450	90	30	175	0.15	75	70	69.5
2	85	430	75	40	180	0.18	80	72	71.0
3	88	400	65	25	185	1.3	85	75	74
4	90	380	100	35	125	0.17	125	110	109
5	100	410	85	20	150	0.66	150	142	141
6	20	300	70	150	144	0.54	144	128	127
7	28	195	60	120	172	0.77	72	68	67.5
8	40	150	120	130	140	0.56	70	65	64.5
9	55	160	130	110	168	0.99	68	61	60.5
10	75	144	140	125	150	0.65	50	41	40.6
11	32	185	95	140	155	0.85	55	46	45.0
12	45	175	105	155	148	0.75	48	40.5	40.0
13	64	180	98	45	144	0.55	44	40	39.5
14	88	410	97	100	160	0.45	60	51	50
15	15	395	80	110	100	0.48	100	90	89
16	19	600	100	115	180	0.33	80	74	73
17	24	540	104	35	163	0.35	63	53	51
18	30	187	108	20	150	0.64	50	41	40
19	35	116	80	200	750	0.85	75	71	70
20	46	140	95	180	500	0.17	490	480	479
21	55	160	110	170	465	0.16	465	451	450
22	70	130	125	165	400	0.15	400	386	38.5
23	88	410	130	160	160	1.3	60	54	53.5
24	110	300	145	155	130	1.2	30	28	27.6
25	140	200	140	135	146	1.0	46	42	40.6
26	175	180	110	120	160	0.97	30	28	27.6
27	210	150	70	115	160	0.96	60	56	55
28	270	140	60	110	143	0.965	43	42	41
29	330	100	50	95	145	0.67	45	41	40
30	400	75	110	90	160	0.45	60	49	48

Таблица 2

В.	Задача 5						Задача 6					Тип Резца
	D	d	l	n	So	φ	D	h	n	So	φ	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	112	99	140	150	0.5	45	105	3	105	0.11	45	Прходной отогнутый
2	90	80	300	175	0.4	60	120	4.5	120	0.15	45	
3	75	66	280	150	0.75	30	134	6	134	0.13	45	
4	65	55	260	194	0.5	45	150	5.5	150	0.14	45	
5	100	92	480	140	0.35	90	168	3.5	168	1.05	45	
6	120	115	450	155	0.6	45	188	2.5	188	1.08	60	Прходной прямой
7	130	124	485	187	0.5	60	205	2	205	1.6	60	
8	140	132	350	110	0.65	90	265	1.5	235	1.4	60	
9	110	104	240	135	1.5	45	290	4.5	265	0.4	60	
10	70	62	100	165	0.8	60	320	4	295	0.34	60	
11	60	54	110	178	0.4	30	358	8	320	0.124	45	
12	50	45	140	260	1.0	90	410	7.5	358	0.14	45	
13	110	108	240	125	1.5	45	450	7	700	0.15	45	
14	90	84	600	115	0.75	60	500	6	160	0.88	45	
15	90	82	580	100	0.18	90	12	0.6	100	0.08	45	
16	150	142	720	197	0.2	60	21	0.5	110	0.1	90	Подрезной торцевой
17	80	73	280	135	0.28	30	38	0.8	480	0.15	90	
18	120	113	190	176	0.35	90	68	0.7	630	0.2	90	
19	140	131	120	187	0.48	45	124	1	150	1.2	90	
20	130	124	290	110	0.55	90	220	6.5	185	1.5	90	
21	100	90	320	140	0.6	45	106	5	100	0.9	90	Прходной отогнутый
22	100	94	390	189	0.15	45	46	2	500	0.17	45	
23	140	132	540	197	0.18	60	55	2.5	465	0.16	45	
24	95	90	300	200	0.23	90	70	0.5	400	0.15	45	
25	105	100	390	220	0.24	30	88	1	600	0.13	45	
26	98	92	360	178	0.25	45	110	1.2	130	1.2	45	Прходной прямой
27	97	90	400	165	0.28	45	140	1.5	140	1	60	
28	80	72	190	240	0.3	67	175	1.8	130	0.97	60	
29	140	132	350	168	0.084	90	210	2	160	0.96	60	
30	145	138	390	173	0.37	30	270	2.8	143	0.9	60	

Таблица 3

№ варианта	Задача 7			
	D,мм	d,мм	n,об/мин	So,мм/об
1	2	3	4	5
1	120	114	450	0,3
2	115	110	430	0,4
3	80	70	400	0,5
4	170	155	380	0,65
5	80	74	410	0,74
6	120	110	100	0,97
7	90	81	315	0,12
8	120	110	150	0,92
9	150	138	160	0,79
10	100	88	144	0,67
11	55	48	185	0,54
12	120	100	175	0,46
13	90	75	180	0,4
14	85	55	410	0,33
15	100	80	395	0,27
16	90	80	160	0,28
17	75	66	154	0,21
18	65	50	387	0,17
19	100	50	416	0,14
20	85	65	446	0,12
21	70	50	155	0,4
22	60	44	170	0,74
23	140	122	188	0,28
24	130	112	110	0,34
25	100	72	175	0,37
26	90	54	180	0,48
27	105	102	400	0,20
28	85	80	420	0,10
29	95	90	110	0,40
30	135	130	200	0,20

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

**ТЕМА:** «Расчёт составляющей силы резания и мощности резания при точении»

### ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ:

- изучить методику расчета составляющих сил резания, мощности на резания;
- научиться пользоваться справочной литературой;
- приобрести навыки и умения расчета составляющих силы резания, мощности резания.

### ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Справочник технолога-машиностроителя, в 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1986 г.
2. С.Д. Тишин, С.С. Тишин. Таблицы возведения в степень, 1972 г

### ЗАДАЧА №1

Определите силу сопротивления резанию  $R$  при обтачивании заготовки.

Материал заготовки \_\_\_\_\_. Резец оснащен пластиной \_\_\_\_\_.

Геометрия резца \_\_\_\_\_. Режимы резания \_\_\_\_\_.

(Данные смотрите в таблице 1).

### ЗАДАЧА №2

Определите мощность, затрачиваемую на резание  $N_p$  и крутящий момент  $M_{кр}$  при обтачивании заготовки. (Данные смотрите в таблице 2).



**Таблица 1 – данные к задаче №1**

№ ва ри ан та	Заготовка		Инструмент					Режимы резания		
	Материал заготовки	$\sigma_B$ Мпа заготовк и	Материал инструмента	Углы			Радиус при вершин е г	V м/мин	S Мм/об	t мм
				$\varphi$	$\gamma$	$\lambda$				
1	Сталь 25	450	T15K6	60	15	0	1,0	120	0,30	2,0
2	Сталь 35	500	T15K6	45	15	0	0,5	160	0,50	2,5
3	Сталь 65	700	T5K10	45	10	5	1,0	130	0,60	5,0
4	Сталь 45	600	T5K10	45	15	5	0,5	140	0,50	4,0
5	Сталь 30	550	T15K6	45	15	10	1,0	180	0,28	2,0
6	Сталь 40X	750	T30K4	60	12	0	1,5	210	0,20	1,5
7	Сталь 50ХН	700	T5K10	45	15	0	1,0	150	0,80	4,5
8	Сталь ХВГ	900	T15K6	60	15	5	1,0	164	0,60	3,0
9	Сталь 40	520	T30K4	60	12	0	2,0	215	0,20	1,5
10	Сталь 65Г	650	T5K10	45	15	10	1,0	160	0,80	5,0
11	Сталь 30X11	800	T15K6	60	10	0	1,0	200	0,30	2,0
12	Сталь 40X	750	T5K10	90	15	0	1,0	130	0,70	4,0
13	Сталь 20	450	P18	45	10	-5	1,0	35	0,20	1,5
14	Сталь 35	500	P6M5	45	15	-10	1,0	28	0,25	2,0
15	Сталь 40	520	T30K4	60	15	0	2,0	180	0,20	1,0
16	Сталь 65	700	T5K10	45	10	5	2,0	125	0,50	3,5
17	Сталь 50	600	T15K6	45	15	0	1,0	160	0,36	2,4
18	Сталь 65Г	650	T15K6	60	10	0	1,0	175	0,24	2,0
19	Сталь 30ХН	800	T5K10	45	15	5	1,0	100	0,70	5,2
20	Сталь 25	450	P6M5	45	10	0	1,0	30	0,30	2,0
21	Сталь 35	800	P18	45	10	10	2,0	35	0,20	2,2
22	Сталь 45	600	T5K10	60	10	0	1,0	120	0,60	5,0

23	Сталь 40	580	T30K4	60	18	0	2,0	210	0,24	1,2
24	Сталь ХВГ	900	T5K10	45	15	0	1,0	140	0,70	4,0
25	Сталь 40Х	750	T15K6	60	15	0	1,0	180	0,32	2,8
26	Сталь 30ХН	800	T15K6	30	10	5	1,0	165	0,40,	3,2
27	Сталь 50ХН	700	T5K10	45	15	0	1,0	135	0,60	4,0
28	Сталь 9ХС	900	T30K4	60	15	0	2,0	125	0,20	1,0
29	Сталь 65Г	650	T5K10	60	15	0	1,0	145	0,60	4,5
30	Сталь 6ХС	850	T15K6	45	15	10	1,0	170	0,50	2,5

**Таблица №2 – данные к задаче №2**

№ вари - анта	Заготовка		Инструмент						Режимы резания		
	Материал заготовки	σВ МПа заготовки	D м	Матер иал инст- румент а	Углы			Радиус при верши не г	V м/м ин	S Мм/об	t мм
					φ	γ	λ				
1	Сталь 40	620	70	T5K10	60	10	5		110	0,60	4,0
2	Сталь 20	500	60	T15K6	45	10	5	1,0	140	0,70	4,0
3	Сталь 40ХН	700	80	T15K6	60	10	-5	2,0	240	0,30	1,5
4	Сталь 38ХА	680	75	T5K10	45	15	5	1.0	120	0,61	3,0
5	Ст5	600	50	T15K6	45	10	10	5,0	130	0,50	3,5
6	Сталь 45Х	750	65	T15K6	90	10	0	2,0	100	0,70	3,5
7	Сталь 45ХН	750	95	T30K4	45	10	0	2,0	200	0,15	0,80
8	Сталь 35	600	80	T15K6	60	15	5	2,0	170	0,21	0,75
9	Сталь 30Л	500	110	T5K10	90	10	0	1,5	140	0,47	1,0
10	Сталь 50ХН	700	100	T5K10	45	15	0	1.0	150	0,80	4,5
11	Сталь 65	700	200	T5K10	45	10	5	1.5	140	0,30	2,0
12	Сталь 25	450	120	T15K6	60	15	0	1,0	120	0,30	2,5
13	Сталь ХВГ	900	100	T15K6	60	15	5	1,0	164	0,60	3,0
14	Сталь 65Р	650	50	T5K10	45	10	0	1,0	90	0,40	2,0
15	Сталь 30ХН	800	210	T30K4	60	10	0	1,0	180	0,15	1,0
16	Сталь 9ХС	900	110	T30K4	60	15	0	2,0	200	0,10	0,5

17	Сталь 40	620	200	T30K4	60	15	0	1,5	190	0,12	0,8
18	Сталь 38ХН	680	130	T15K6	90	15	0	1,0	120	0,20	1,8
19	Сталь 20	500	160	T5K10	45	15	5	1,0	100	0,60	4,0
20	Сталь 40ХН	700	180	T5K10	45	15	0	1,0	150	0,60	4,5
21	Сталь 45Х	750	140	T5K10	45	15	0	1,0	120	0,70	3,8
22	Сталь 50	600	100	T15K6	60	15	0	2,0	180	0,30	1,5
23	Сталь 35	600	120	T5K10	45	15	0	1,0	150	0,70	4,0
24	Сталь 25	450	300	T5K10	45	15	0	1,0	190	0,80	3,5
25	Сталь 45ХН	750	140	T15K6	60	15	0	1,5	210	0,35	2,0
26	Сталь 65	700	100	T15K6	60	10	0	1,0	240	0,20	1,0
27	Сталь ХВГ	900	200	T30K4	90	10	0	1,0	250	0,15	0,5
28	Сталь 30Л	500	250	T15K6	45	15	-5	1,5	290	0,10	0,8
29	Сталь 65Г	650	150	T5K10	45	15	0	1,0	70	0,40	4,0
30	Сталь 50ХН	700	180	T30K4	60	10	0	2,0	10	0,30	3,0

## ВВЕДЕНИЕ

В практической работе необходимо решить две задачи. Вариант определяется по номеру в журнале группы. Практическая работа выполняется на листах формата А4; основная надпись на первом и последующих листах выполняется по ГОСТ 2.104. Проверенные и зачтенные практические работы необходимо хранить до конца семестра для формирования журнала и сдачи перед экзаменационной сессией преподавателю.

Силу резания  $P$  в практических целях раскладывают на следующие три составляющие:

Главная составляющая силы резания  $P_z$  - совпадает по направлению со скоростью главного движения резания в вершине лезвия.

Осевая составляющая силы резания  $P_x$  - действует параллельно оси главного вращательного движения резания.

Радиальная составляющая силы резания  $P_y$  - направлена по радиусу вращательного движения резания в вершине лезвия.

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_x^2 + P_y^2}, H; \quad (1)$$

Общая формула для определения составляющих силы резания:

$$P_{Z,Y,X} = 10 C_p * t^X * S^Y * V^n * K_p, H; \quad (2)$$

Где:  $C_p$  – const

$X, Y, Z$  - показатели степеней

$C_p, X, Y, Z$ , приняты для конкретных (расчетных) условий, обработки, приведены в справочнике технолога - машиностроителя

Отличие заданных условий обработки от расчетных корректируется коэффициентом  $K_p$ :

$$K_p = K_{Mp} * K_{Фр} * K_{γр} * K_{λр} * K_{гр}; \quad (3)$$

$K_{Mp}$  - учитывает отличие материала заготовки;

$K_{Фр}$ ,  $K_{γр}$ ,  $K_{λр}$ ,  $K_{гр}$  – учитывает геометрические элементы резца.

Формула для определения мощности, затрачиваемой на резание без учета составляющих  $P_x$ ,  $P_y$ :

$$N_p = (P_z * V) / 60 * 1020$$

Где:  $N_p$  – мощность на резание;

$P_z$  - главная составляющая силы резания;

$V$  – скорость резания.

Сила  $P = \sqrt{P_z^2 + P_x^2 + P_y^2}, H; \quad (5)$  резания:

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### 1. Определение главной составляющей силы резания $P_z$

$$P_z = 10 C_{pz} * t^{x_{pz}} * S^{y_{pz}} * V^n * K_p, \text{ Н}$$

$C_{pz}, x_{pz}, y_{pz}, n$  – [1, стр 273...274, таблица 22]

$$K_p = K_{Mpz} * K_{\varphi pz} * K_{\gamma pz} * K_{\lambda pz} * K_{\tau pz}$$

$K_{Mpz}$  – [1, стр 264, Таблица 9]

$K_{\varphi pz}, K_{\gamma pz}, K_{\lambda pz}, K_{\tau pz}$  – [1, стр 275, Таблица 23]

### 2. Определение радиальной составляющей силы резания $P_y$ :

$$P_y = 10 C_{py} * t^{x_{py}} * S^{y_{py}} * V^{n1} * K_{py}, \text{ Н}$$

$C_{py}, x_{py}, y_{py}, n1$  – [1, стр 273...274, Таблица 22]

$$K_{Mpy} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{1,35}$$

$K_{\varphi py}, K_{\gamma py}, K_{\lambda py}, K_{\tau py}$  – [1, стр 275, Таблица 23]

$$K_{py} = K_{Mpy} * K_{\varphi py} * K_{\gamma py} * K_{\lambda py} * K_{\tau py}$$

### 3. Определение осевой составляющей силы резания $P_x$ :

$$P_x = 10 C_{px} * t^{x_{px}} * S^{y_{px}} * V^{n2} * K_{px}, \text{ Н}$$

$C_{px}, x_{px}, y_{px}, n2$  – [1, стр 273...274, Таблица 22]

$$K_{Mpy} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{1,0}$$

$$K_{px} = K_{Mpx} * K_{фpx} * K_{γpx} * K_{λpx} * K_{rpx}$$

$K_{фpx}$  ,  $K_{γpx}$  ,  $K_{λpx}$  ,  $K_{rpx}$  - [1, стр 275, Таблица 23]

4. Определение мощности затрачиваемой на резание:

( к задаче №2) 
$$N_p = \frac{P_z * V}{60 * 1020}, \text{кВт};$$

5. Сила сопротивления резанию:

( к задаче  $P = \sqrt{P_z^2 + P_x^2 + P_y^2}$  , Н; (5) №1)

6. Крутящий момент при точении – момент резания:

( к задаче  $M_{кр} = P_z * \frac{D}{2}$  №2) кг\*мм;

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

**Тема:** Расчет скорости резания при токарной обработке

**Цель работы:** приобретение умения и навыков по расчету оптимальных значений скорости резания, с использованием справочной литературы.

**Материальное обеспечение:**

1) Методические указания

2) Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя, т.-2/под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1986 г.

**Порядок проведения работы:**

1) Анализ исходных данных

2) Выбор расчетных параметров с использованием справочной литературы

3) Расчет скорости резания с учетом условий механической обработки

Задача. Исходные данные приведены в таблице 1.

Определите значение скорости резания при наружном продольном обтачивании заготовки на проход. Обработка черновая. Обрабатываемый материал, состояние поверхности заготовки, инструментальный материал; сечение стержня резца, форма передней поверхности –  $A_\gamma$ ; геометрия резца; период стойкости резца –  $T$ ; глубина резания –  $t$ , подача –  $S$  – указаны в таблице №1.

### Введение

Главное движение резания при точении является вращательным. Совершает его заготовка. Обозначается оно –  $D_r$ .

Главное движение резания имеет наибольшую скорость и определяет направление и скорость деформаций в материале срезаемого слоя, направление схода стружки и её форму.

Эффективность и качество изготовления деталей машин зависят от рационального проведения процесса обработки резанием. Одной из основных характеристик процесса резания является скорость главного движения резания  $V$ . При выборе скорости резания необходимо принимать её оптимальное значение, позволяющее получить высокие технико – экономические показатели (производительность механической обработки), с учетом возможности их реализации на используемом оборудовании, с учетом факторов оптимизации; т.е. ограничивающих факторов, таких как точность и качество обработанных поверхностей, свойства материалов заготовки и инструмента, геометрические элементы инструмента, состояние поверхностей инструмента и заготовки, фактических периодов стойкости инструмента, величина глубины резания  $t$  и подачи  $s$ .

Таблица 1 – Исходные данные

№ вар иан та	Материал заготовки	Материал лезвия	$t$ мм	$S$ мм/об	$T$ мин	Примечания
1	Сталь 20 $\sigma_B=500$ МПа	T5K10	4	0,4	45	А <sub>γ</sub> - плоская с фаской Заготовка- поковка без корки СПИД жесткая Работа с охлаждением
2	Сталь 5 $\sigma_B=420$ МПа	T15K6	2	0,25	60	
3	Сталь 45 $\sigma_B=600$ МПа	T30K4	1	0,2	60	
4	Сталь 60Г $\sigma_B=900$ МПа	T5K10	4	0,4	45	
5	Сталь 40Х $\sigma_B=800$ МПа	T15K6	1,5	0,28	60	
6	Сталь 3 $\sigma_B=400$ МПа	T30K4	1	0,2	45	
7	Сталь 40 $\sigma_B=600$ МПа	T5K10	3,5	0,5	60	
8	Сталь 20 $\sigma_B=500$ МПа	T15K6	2	0,24	45	
9	Сталь 45 $\sigma_B=600$ МПа	T30K4	1,5	0,22	60	
10	Сталь 40Х $\sigma_B=800$ МПа	T5K10	5	0,4	45	



## Методические указания

При точении оптимальные значения скорости резания рассчитываются по эмпирической формуле:

$$V = C_v \cdot K_v / (T^m \cdot t^x \cdot s^y), \text{ м/мин}$$

Где :  $C_v$  - const,

$m$ - относительная стойкость,

$C_v$ ;  $m$ ;  $x$ ;  $y$  - 1 стр. 269-270, табл. 17.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv} \cdot K_{fv} \cdot K_{\phi lv} \cdot K_{rv} -$$

где  $K$  - поправочные коэффициенты - [1стр. 261-263,стр271; табл. 1,2,5,6,18].

$K_{mv}$  - учитывает материал заготовки.

$K_{uv}$  - учитывает материал инструмента.

$K_{nv}$  - учитывает состояние заготовки

$K_{fv}$ ,  $K_{\phi lv}$ ,  $K_{rv}$  - учитывают геометрию лезвия.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

**Тема:** Расчет и конструирование твердосплавного резца.

**Цель занятия:** Приобретение умений и навыков расчета и конструирования резцов.

**Материальное обеспечение :**

1. Методические указания.
2. Справочник инструментальщика под ред. И.А. Ординарцева.- М.: Машиностроение. 1987г.

**Порядок выполнения работы :**

1. Анализ условия задачи - исходных данных.

2.Расчет и конструирование резца.

3.Выполнение эскиза.

### Введение

Каждый резец состоит из рабочей части (головки) и крепежной части (стержня или тела резца). Крепежная часть служит для закрепления резца на станке, а рабочая часть предназначена для обеспечения резания. На рис.1 показаны токарный проходной прямой правый резец и токарный отрезной резец. Рабочая часть резца – лезвие (головка) ограничена тремя поверхностями: передней, задней главной и задней вспомогательной. Главная режущая кромка образуется от пересечения передней и главной задней поверхностей, а вспомогательная режущая кромка – от пересечения передней и вспомогательной задней поверхностей. Следует учесть, что резец отрезной имеет две задние вспомогательные поверхности, поэтому у таких резцов две вспомогательные режущие кромки. Место пересечения главной и вспомогательной режущих кромок называется вершиной резца.

Передней поверхностью называется та, по которой сходит стружка. На передней поверхности срезаемый слой деформируется и формируется в стружку: удельная сила деформации в среднем составляет около  $150 \text{ кГ/мм}^2$ , что в пересчете составит 15 тонн на  $1 \text{ см}^2$ . Такую большую нагрузку может выдержать только высокопрочный инструментальный материал, поэтому рабочая часть режущего инструмента выполняется из высокопрочной закаленной инструментальной стали или твердого сплава.

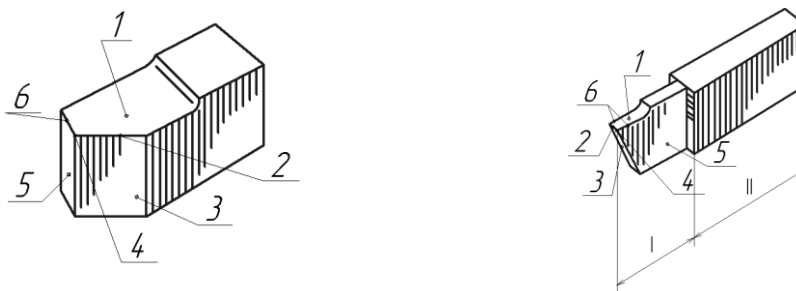


Рис. .1. Элементы рабочей части токарного проходного резца: 1 – передняя поверхность; 2 – главная режущая кромка; 3 – главная задняя

поверхность; 4 – вершина резца; 5 – вспомогательная задняя поверхность;

6 – вспомогательная режущая кромка

Классификация резцов. Резцы классифицируют по направлению подачи, по форме и расположению головки.

По направлению подачи резцы разделяются на правые и левые. Метод определения резцов по подаче показан на рис. 2. На токарных станках правыми резцами работают справа налево (по направлению к передней бабке станка), а левыми – слева направо (по направлению к задней бабке станка).

По форме головки и ее расположению (рис. 3) резцы разделяются на прямые (рис.3а), отогнутые (рис.3б) и изогнутые (рис.3в). Кроме того, резцы подразделяются на резцы с оттянутыми (рис.3г) и обычными головками (рис.3г).

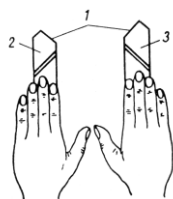


Рис. 2. Классификация резцов по направлению движения подачи:

1 – главные режущие кромки; 2 – левый резец; 3 – правый резец

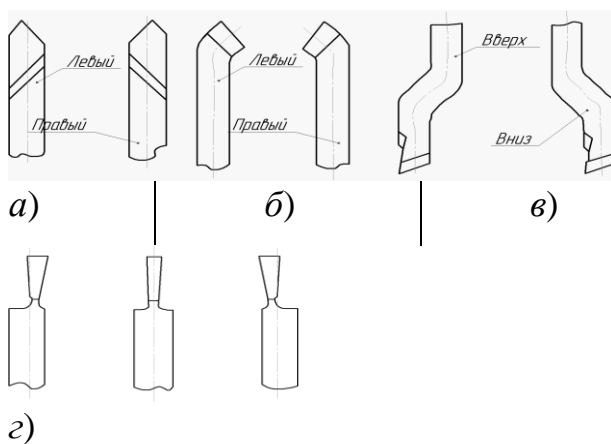


Рис.3. Классификация резцов по форме головки:

а – прямые, б – отогнутые, в – изогнутые, г – с оттянутой головкой

По способу изготовления есть цельные, составные и сборные резцы. Сборные конструкции режущих инструментов обеспечивают значительную экономию инструментальных материалов и снижение эксплуатационных расходов из-за возможности многократного использования корпуса и замены режущих элементов после их изнашивания.

Резцы, оснащенные многогранными твердосплавными пластинами с их механическим креплением к корпусу инструмента, широко распространены вследствие их преимуществ по сравнению с твердосплавными инструментами составной конструкции, у которых пластины с корпусом соединены пайкой.

Задача: Рассчитать и сконструировать составной токарный проходной резец с пластиной из твердого сплава для чернового обтачивания вала из стали \_\_\_\_\_. Диаметр заготовки  $D = \text{_____}$  мм; глубина резания  $t = \text{_____}$  мм; вылет резца  $l = \text{_____}$  мм; подача резца на оборот заготовки  $S_0 = \text{_____}$  мм/об

Данные к задаче приведены в таблице 1

Таблица №1 – Исходные данные

Вариант	Материал заготовки сталь	$D$ , мм	$t$ , мм	$S$ , мм	$l$ , мм
1	40ХН $\sigma_B = 800 \text{ МПа}$	150	6	1,0	50
2	65Г $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$	200	4	1,4	60
3	ХГ $\sigma_B = 1000 \text{ МПа}$	75	2	0,25	45
4	Ст 5 $\sigma_B = 450 \text{ МПа}$	100	3	0,35	65
5	45Х $\sigma_B = 900 \text{ МПа}$	120	4	0,5	40
6	Ст 5 $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$	125	5	0,8	55
7	40Г $\sigma_B = 890 \text{ МПа}$	220	2,5	0,3	70
8	У7 $\sigma_B = 850 \text{ МПа}$	250	4,5	0,5	60
9	Ст 3 $\sigma_B = 400 \text{ МПа}$	70	3,5	0,35	35
10	38ХА $\sigma_B = 900 \text{ МПа}$	90	2 5	0,2	40

1. Материал для корпуса резца – углеродистая Сталь 50

$\sigma_B = 650 \text{ МПа}$  и допустимым напряжением на изгиб  $\sigma_{изг} = 200 \text{ МПа}$

2. Главная составляющая силы резания

$$P_z = 9,81 C_p \cdot t^x \cdot S_y^y K_p \quad (\text{Н})$$

$C_{p_x}, x, y, K_p$ ; - см. таблицу 2.

3. Ширину поперечного сечения корпуса «b» можно определить по формуле:

- для квадратного сечения  $b = h$

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{\sigma_{изг}}} \quad (\text{мм})$$

- для прямоугольного сечения  $h = 1,6 \cdot b$

$$1,6 \cdot b = h; \quad b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{2,56 \cdot \sigma_{изг}}} \quad (\text{мм})$$

Принимаем ближайшее сечение корпуса по таблице 3, где даны значения высоты  $h$ , соответствующие формуле  $h = 1,6 \cdot b$ .

4. Проверка прочности и жесткости корпуса резца:

– максимальная нагрузка, допускаемая прочностью резца,

$$P_{Z_{доп}} = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{изг}}{6 \cdot l} \quad (\text{кГс})$$

- максимальная нагрузка, допускаемая жесткостью резца,

$$P_{Z_{жест}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot I}{l^3} \quad (\text{кГс}),$$

$f = 0,1 \text{ мм}$  – стрела прогиба резца, допускаемая при черновом точении.

$E = 20000 \text{ кгс/мм}^2$  – модуль упругости материала резца.

$I = \underline{b \cdot h^3}$  мм – момент инерции сечения корпуса резца.

Резец обладает достаточной прочностью и жесткостью, если соблюдается условие

$$P_z \text{ доп.} > P_z < P_z \text{ жест}$$

5. Конструктивные размеры резца принимаем по СТ СЭВ 190 – 75,  
см. таблицу 4. Пластины твердого сплава принимаем по ГОСТ 2209 – 82.  
Материал пластины: - твердый сплав Т15К6, Т5К10, Т14К8

6. Геометрические элементы лезвия выбираем по таблице 5.

7. Отделка передней поверхности и задней поверхности лезвия  $Ra=0,125$   
мкм

8. выполняем эскиз резца с указанием габаритных размеров, формы и шероховатости поверхностей лезвия, основных углов лезвия.

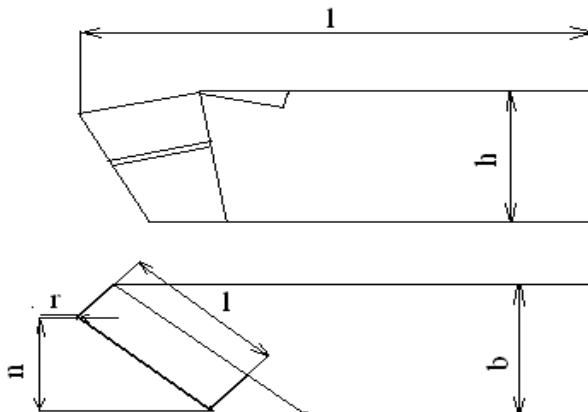


Таблица 2

Материал рабочей части резца	Ср	X	У	Кр
Твердый сплав	300	1,0	0,75	Км
Быстрорежущая сталь	200	1,0	0,75	Км

$$K_M = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

где:

$n = 0,75$  – для твердого сплава заготовки  $\sigma_B \leq 600$  МПа

$n = 0,35$  – для быстрорежущей стали, заготовки  $\sigma_B \leq 600$  МПа

$n = 0,75$  – для твердосплавных и быстрорежущих резцов, заготовки  $\sigma_B > 600$  МПа

Таблица 3

в (мм)	h (мм)	в (мм)	h (мм)
10	16		
12	20		
16	25	32	50
20	32		
25	40		

Таблица 4

в	h	L	r	l	n	в	h	L	r	l	n
10	16	100	0,5	8	5	25	40	200	2,0	20	14
12	20	120	1,0	10	6	20	32	170	1,5	16	12
16	25	140	1,0	12	8	32	50	200	2,0	20	14

Таблица 5

Вид обработки	Форма передней поверхности	$\varphi$	$\varphi_1$	$\gamma$	$\alpha$
Черновое точение резцами твёрдого сплава сталей	1. Плоская с фаской $f$ 2. Радиусная с фаской $f$ с радиусом R	45	15 - 10	-5 - 10	6-12

Величина фаски  $f$  для  $в = 10 - 20$  мм  $f = 0,4$  мм

для  $b = 25 - 32 \text{ мм}$   $f = 0,6 \text{ мм}$

для  $b = 40 - 50 \text{ мм}$   $f = 0,9 \text{ мм}$

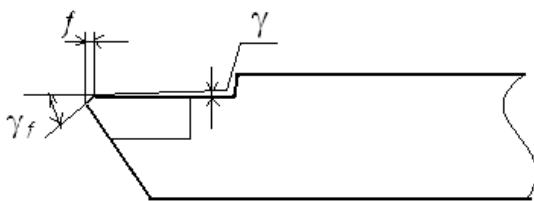
Угол фаски  $\gamma_f = (-5)^\circ - (+10)^\circ$

Радиус лунки  $R = 4,0 \dots 6,0 \text{ мм}$

Глубина лунки  $0,1 \dots 0,15 \text{ мм}$

Ширина лунки  $B = 2,0 \dots 2,5 \text{ мм}$

#### 1. Плоская с фаской



### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема: Расчет и практическое определение режимов резания при точении.

Цель занятия: приобретение умений и навыков назначения режимов резания использования, справочной литературы.

#### 1. Материальное обеспечение:

- 1) Методические указания к практической работе.
- 2) Справочная литература.

2.1 Справочник технолога-машиностроителя, том 2; под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение. 1985г.

2.2 Справочник инструментальщика под ред. И. А. Ординарцева, М.Машиностроение. 1987г.

#### Порядок выполнения работы:

1. Анализ исходных данных (условия задачи).
2. Выбор схемы резания.



3. Выбор режущего инструмента.
4. Назначение режима резания.
5. Определение основного технологического времени.

Задача: На токарно-винторезном станке модели 16К20 производится черновое наружное точение поверхности заготовки на проход, с охлаждением. Система С.П.И.Д. - жёсткая (средней жесткости).

Размеры заготовки до обработки: Диаметр  $D = \dots$  мм; После обработки:  $d = \dots$  мм. Длина обрабатываемой поверхности  $l = \dots$  мм; материал заготовки... Состояние поверхности заготовки..., заготовка крепится в центрах и патроне поводковом. Резец примите с твердосплавной пластиной.

1. Начертить схему обработки.
2. Выбрать режущий инструмент.
3. Назначить режим резания.
4. Определить основное технологическое время.

Данные к задаче приведены в таблице №1

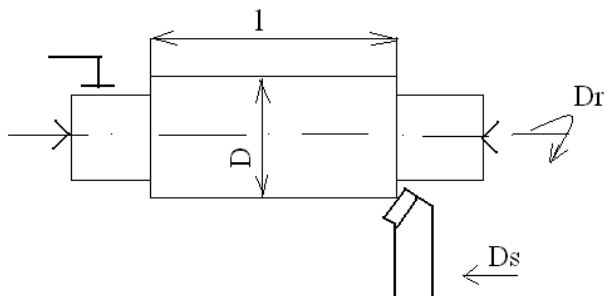
*Таблица №1 – исходные данные*

№ варианта	Материал	Состояние поверхности заготовки	$D$ мм	$d$ , мм	$l$ , мм	Сечение резца $B \times H$ , мм
	2	3	4	5	6	7
1	Сталь 5 $\sigma_B = 450$ МПа	Отливка с коркой.	65	59h14	100	25x25
2	Сталь 15Г $\sigma_B = 600$ МПа	Прокат без корки.	40	39h12	200	25x25
3	Сталь 40Х $\sigma_{\text{я}} = 600$ МПа	Отливка без корки.	80	76h14	250	25x25
4	Сталь 40Л 200НВ	Отливка с коркой	102	98h14	150	25x25
5	Сталь 20 $\sigma_B = 500$ МПа	Штамповка без корки	28	261h12	120	20x20
6	Сталь 40Х $\sigma_B = 620$ МПа	Поковка без корки	64	62h12	220	20x20

7	Сталь 20Л $\sigma_B=500$ МПа	Отливка с коркой	86	80h14	210	25x25
8	Сталь 3 $\sigma_B=580$ МПа	Отливка без корки	90	89h12	ПО	25x25
9	Сталь 45 $\sigma_B=600$ МПа	Прокат без корки.	103	100h14	180	25x25
10	Сталь 25Л $\sigma_B=600$ МПа	Отливка с коркой.	90	84h14	160	25x25

Методические указания:

– Выбор схемы резания



– Выбор инструмента с напайной твердосплавной пластиной.

Тип резца - 2.2, стр. 266. ..305,

Форма заточки А  $\gamma$  - 2.2, стр. 295...298.

Геометрия лезвия: - 2.2, стр. 304. ( $\lambda$ ,  $\gamma$ ,  $\varphi$ );

$\varphi_1$  - 2.2, стр. 305.  $\lambda=0$ .

Материал лезвия - 2.1, стр.

116.

– Режим резания. Аналитический расчет

1. Глубина резания в мм

$$h$$

$$t = \frac{h}{i} \quad \text{мм}$$

где  $i$  число проходов в зависимости от условий обработки  $i = 1$

D - d

$$h = \frac{\quad}{2} \quad \text{мм}$$

## 2. Подача резца

$$S_0 = S_T * K_S \quad \text{мм/об}$$

где  $S_T$  - табличное значение подачи

$S_T$  - 2.1, стр. 266, в зависимости от диаметра заготовки

$D$  сечения державки ВхН (по условию), глубины резания  $t$ .

$K_S$  - поправочный коэффициент, равен произведению коэффициентов, приведённых в примечании на стр. 266, справочник 2.1.

$$K_S = 1$$

Подача  $S_0$  корректируется по паспорту станка, приведенному в конце данной методики, принимаем ближайшее, меньшее значение.

## 3. Период стойкости резца $T$ :

при одноинструментальной обработке  $T=45...60$  мин.

## 4.4 Скорость главного движения резания $V$ :

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S_0^y} * K_v$$

где  $C_v, m, x, y$  - 2.1, стр 269. „270.  $K_v$  поправочный коэффициент на условия обработки, равен произведению коэффициентов, учитывающих материал заготовки  $K_{Mv}$  углы  $K_{\phi v}, K_{\phi_{lv}}$

$$K_v = K_{Mv} * K_{Uv} * K_{nv} * K_{\phi v} * K_{\phi_{lv}};$$

$$K_{Mv} = K_r * \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n \quad -2.1, \text{ стр. 261, 262,}$$

где  $K_r$  - 2.1, стр. 262 (группа стали);  $n$  - 2.1, стр. 262 (степень);  $K_{Uv}$  и  $K_{nv}$  – 2/1 стр. 263;  $K_{\phi v}$  и  $K_{\phi_{lv}}$  – 2.1, стр.271.

## 4.5 Частота вращения шпинделя $n$ :

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D}, \text{ мин}$$

$n$  - корректируется по паспорту станка, принимаем ближайшее меньшее значение действительной частоты вращения  $n_d$

4.6 Действительная скорость резания  $V_d$  :

$$V_d = \frac{\pi * D * n_d}{1000}, \text{ м / мин}$$

4.7 Скорость подачи резца  $V_s$ :  $V_s = n_d * S_0$ , мм / мин

4.8 проверка выбранного режима резания ( $t$ ,  $S_0$ ,  $V_d$ ,  $V_s$ ) по мощности станка

$$N_p \leq N_{\text{шп}}$$

$$P_z * V_d$$

где  $N_p = \frac{P_z * V_d}{60 * 10^2}$ , кВт – мощность, затрачиваемая на резание

$N_{\text{шп}}$  – мощность шпинделя станка,  $N_{\text{шп}} = N_m * \eta$ , кВт где  $N_m$  - мощность электродвигателя по паспорту станка.

$\eta$  - К. П.Д. станка по паспорту

Если неравенство не соблюдается и  $N_p > N_{\text{шп}}$  то необходимо снизить режимы резания, т.к. мощности станка недостаточно для работы на рассчитанных режимах.

$$P_z = 10 C_p * t^x * S^y * V^n * K_p, \text{ кГс} - \text{главная составляющая силы резания}$$

где  $C_p, x, y, n$  – 2.1 стр. 273 – 274.

$K_p = K_{M_p} * K_{\phi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p}$  - коэффициенты, учитывающие условия обработки.

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{75} \right)^n \quad - \text{учитывает материал заготовки и его } \sigma_B$$

$n$  - степень, на стр. 264, справочник 2.1;

$K_{\varphi p}$ ,  $K_{\gamma p}$ ,  $K_{\lambda p}$  - учитывает углы лезвия резца – 2.1, стр 275

Итак  $t = \dots\dots\dots \text{мм}$ ;  $i = \dots\dots\dots$ ;  $V_d = \dots\dots\dots$ ;  $V_s = \dots\dots\dots$ ;  $n_d$   
 $\dots\dots\dots$ ;  $N_p \dots\dots\dots$

– Основное технологическое время  $T_0$

$$T_0 = \left( \frac{L}{V_s} \right)^* i, \text{ мин}$$

$L = l + y + \Delta$  мм – длина рабочего хода резца.

$y + \Delta$  - врезание и перебег резца.

$$y = t * \operatorname{ctg} \varphi, \text{ мм}$$

$$\Delta = 1..4, \text{ мм}$$

### Паспортные данные станка 16K20.

1. Величина подачи  $s$ , мм/об : 0.05; 0.06; 0.075; 0.09; 0.1; 0.125; 0.15; 0.175; 0.02; 0.25; 0.3; 0.35; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 1; 1.2; 1.4; 1.6; 2; 2.4; 2.8.

2. Величина частоты вращения шпинделя  $n$ : 12.5; 16; 20; 25; 31.5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1250; 1600.

Мощность двигателя  $N_M = 10 \text{ кВт}$

К.П.Д.  $\eta = 0,75$

### 3. Режим резания. Табличный метод.

#### 3.1

$$t = h / i, \text{ мм}$$

3.2  $S_0 = S_T * K_S$  мм/об - корректируется по паспорту станка.

3.3  $T = 30$  мин

3.4  $V = V_T * K_V$  мм/мин

$$3.5 \quad n = \frac{1000 * V}{\pi * D}, \text{ мин}$$

$$3.6 \quad V_d = \frac{\pi * D * n_d}{1000}, \text{ м / мин}$$

$$3.7 \quad V_s = n_d * S_0, \text{ мм / мин}$$

$$3.8 \quad N_p = N_T * K_N, \text{ кВт}$$

где  $N_T$  - табличное значение мощности резания в зависимости от материала заготовки и резца, глубины резания, диаметра заготовки, подачи, скорости резания  $V_d$ .

$$N_p \leq N_{\text{шп}}$$

Итак  $t = \dots\dots\dots$ ;  $S_0 = \dots\dots\dots$ ;  $V_d = \dots\dots\dots$ ;  $V_s = \dots\dots\dots$ ;  $n_d$   
 $\dots\dots\dots$

4. Основное технологическое время  $T_0$

$$T_0 = \left( \frac{L}{V_s} \right)^{*i}, \text{ мин}$$

Сравнительная таблица 2 режимов резания и основного времени, определённых аналитическим и табличным методами:

Таблица 2.

Элементы	$S_0$ ,мм/об	$V_d$ ,м/мин	$n_d$ мин <sup>1</sup>	$V_s$ ,мм/мин	$T_0$ ,мин
Аналитический метод					
Табличный метод					

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

**Тема:** Расчет и табличное определение режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании.

**Цель занятия:** Приобретение умений и навыков назначения режимов резания.

**Материальное обеспечение:**

- 1) Инструкция к практической работе.
- 2) Справочник технолога-машиностроителя Том 2 / под ред. А. Г. Косиловой Р.К. Мещеренкова М: Машиностроение 1985г.

**Порядок выполнения работы:**

- 1) Анализ исходных данных (условия задачи)
- 2) Выбор схемы резания
- 3) Выбор режущего инструмента
- 4) Назначение режимов резания
- 5) Определение основного технологического времени

**1. Задача.** На станке модели 2Р135 сверлят отверстие диаметром  $D = \dots$  мм; длиной  $l = \dots$  мм; материал заготовки - ...  $\sigma_B = \dots$  МПа;

Таблица 1 - Исходные данные

N	Материал заготовки	D	$l$ мм
1	Сталь 45 $\sigma_B = 750$ МПа	15	60
2	Сталь 45ХН $\sigma_B = 780$ МПа	16	40
3	Сталь Ст36 $\sigma_B = 460$ МПа	18	20
4	Сталь 45Х $\sigma_B = 750$ МПа	20	30
5	Сталь 20 $\sigma_B = 500$ МПа	10	50
6	Сталь 50 $\sigma_B = 750$ МПа	14	70
7	Сталь 40 $\sigma_B = 800$ МПа	22	45
8	Сталь 65Г $\sigma_B = 850$ МПа	17Н1	55
9	Сталь Ст5 $\sigma_B = 600$ МПа	19	65
10	Сталь 20ХН $\sigma_B = 650$ МПа	12	25

**2. Схема резания:** (выполнить схему резания)

**3. Режущий инструмент:** Сверло; материал режущей части - 2,с.115, 117.

Геометрия лезвия:  $2\phi = 120$ ,  $\psi=55$ ,  $\omega=30$ ,  $\alpha=2$ , с. 151,152.

Размеры сверла: D-равен диаметру отверстия, L u l по ГОСТ 10903-77 - 2, с.146... 149.

**4. Режим резания. Аналитический расчет режима резания.**

**4.1 Глубина резания**  $t=D/2$  мм.

**4.2 Подача сверла**  $S_o=S_m*K_s$  мм/об,

где  $S_m$  - табличное значение - 2,с.277,  $K_s$ - поправочный коэффициент; приведён в приложении к таблице 25 -2, с.277.  $S_o$  корректируют по паспорту станка; приведён в конце инструкции, принимается ближайшее меньшее  $S_o$

**4.3 Период стойкости сверла**  $T$ , мин., 2 с. 279... 280.

**4.4 Скорость главного движения резания  $V$ .**

$$V=(C_v*D^q)/(T^m*S_o^y)*K_v, \text{ м/мин}$$

где  $C_v$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $y$  - 2, с.278.

$K_v=K_{mv}*K_{uv}*K_{lv}$  - поправочные коэффициенты ;на заготовку -  $K_{mv}$ ;

инструмент -  $K_{uv}$ ; глубину отверстия  $K_{lv}$

$K_{mv}=K_r*(750/\sigma_b)^n - 2$ ,с.261,262. « $K_r$ » и « $n$ » - 2,с. 262, таблица 2.

$K_{uv} - 2$ , с.263, таблица 6.  $K_{lv} - 2$ ,с. 280, таблица 31.

**4.5 Частота вращения сверла**

$$n=(1000*V)/(\pi*D) \text{ мин}^{-1}.$$



Корректируется по паспорту станка, принимается ближайшая меньшая действительная  $n_d$ .

#### 4.6 Действительная скорость резания $V_d$ :

$$V_d = (\pi * D * n_d) / 1000, \text{ м/мин.}$$

#### 4.7 Скорость подачи $V_s$ :

$$V_s = n_d * S_0, \text{ мм/мин.}$$

#### 4.8 Проверка режима резания по мощности шпинделя $N_{шп}$ , и силе подачи

$$\text{станка } P_{x \text{ тах}}; \quad N_p < N_{um}; \quad P_x < P_{x \text{ тах}}$$

где мощность, затрачиваемая на резание

$$N_p = M_{кр} * n_d / 975, \text{ кВт.}$$

$$M_{кр} = C_m * D^q * S_0^y * K_P, \text{ кг*м - крутящий момент,}$$

$C_m, q, y$  - 2, с. 281, таблица 32.

$K_P = K_{TP} = (\sigma_b / 750)^n$  - 2, с. 264, таблица 9.

$N_{um} = N_M * \eta$ . кВт - мощность шпинделя по паспорту станка.

$P_x$  - осевая составляющая силы резания.

$$P_x = C_p * D^q * S_0^y * K_P, \text{ кг с,}$$

$C_p, q, y$  - 2, с. 281 таблица 32.

Если неравенство не соблюдается, то необходимо снизить режимы резания.

#### 5. Основное технологическое время $T_0$ :

$$T_0 = L / V_s, \text{ мин}$$

где  $L=l+y+\Delta$ , мм - длина рабочего хода сверла в движении подачи  $D_s$

$y$  - врезание,  $y=(D/2) \cdot \text{ctg}\varphi$ , мм; для обычных свёрл  $\varphi=120^\circ$ ,  $y=0.3D$ ; для двойной заточки свёрл  $y=0.4D$ ,  $\Delta$  - перебег.  $\Delta=2$  мм.

#### 4. Табличный метод. Режим резания

4.1  $t=D/2$ , мм

4.2  $S_o=S_T \cdot K_s$ , мм/об - корректируют по паспорту станка.

4.3  $T$ , мин - 2, с. 279, 280.

4.4  $V=V_T \cdot K_V$ , м/мин

4.5  $n=(1000 \cdot V)/(\pi \cdot D)$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ,  $n_d = \dots$ , мин - по паспорту станка.

4.6  $V=(\pi \cdot D \cdot n_d)/1000$ , мм/мин

4.7  $V_s=S_o \cdot n_d$ , мм/мин

4.8  $N_p < N_{шт}$

$N=N_T \cdot K_N$ , кВт

5. Основное технологическое время  $T_0$ :

$T_0=L/V_s$ , мин.

**Таблица №2:** Сравнение режимов резания

Величина	$S_o$ , мм/об	$V_d$ , м/мин	$N_d$ , $\text{мин}^{-1}$	$V_s$ , мм/мин	$T_0$ , мин
Аналитическая					
Табличная					

Паспортные данные станка:

Подачи  $S_0$ : 0.1; 0.14; 0.2; 0.28; 0.4; 0.56; 0.8; 1.12; 1.6.

Частота вращения  $n$ : 31.5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000;  
1400.

Мощность двигателя  $N_M=4.5$ , кВт.

К.П.Д.  $\eta=0,8$

Сила подачи допустимая  $P_{x\text{ тах}}=1500$  кг с.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9**

**Тема:** «Расчёт и табличное определение режимов резания при фрезеровании».

**Цель занятия:** приобрести умения и навыки назначения режимов резания, использования справочной литературы.

### **Материальное обеспечение:**

1. Методические указания.

2. Справочная литература.

2.1.Справочник технолога-машиностроителя, том 2 / под ред.

А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова - М.: Машиностроение, 1986 г.

2.2.Общемашиностроительные нормативы режимов резания, том 1, 1991г.

3. Калькулятор

### **Порядок выполнения работы:**

1. Анализ исходных данных.

2. Выбор схем резания.

3. Выбор режущего инструмента.

4. Назначение режимов резания аналитическим и табличным методами и проверка их по мощности станка.

5. Определение основного технологического времени.

Исходные данные: СПИД - жёсткая.

Задача №1. Рассчитать аналитически режим резания при цилиндрическом фрезеровании плоскости заготовки на горизонтально-фрезерном станке модели 6Т82Г. Данные приведены в таблице I.

Задача №2. Выбрать табличным методом режим резания для чернового торцевого фрезерования плоскости на вертикально-фрезерном станке модели 6Т13. Данные приведены в таблице 2.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №1

### Аналитический метод:

1. Условие задачи №1
2. Выбор схемы резания.

При выборе схем резания учитывается конструкция оборудования, метод крепления заготовки, тип и конструкция инструмента, формообразующие движения. Схема резания - условное изображение, определяющее взаимное расположение инструмента и заготовки, их закрепление, формообразующие движения.

3. Выбор режущего инструмента:

Тип инструмента задан условием задачи, материал режущих зубьев выбирается по л. - 2.1, стр. Л 4-118 в зависимости от вида и характера обработки и материала обрабатываемой заготовки. Размеры фрезы выбирают в зависимости от ширины обрабатываемой поверхности В и припуска на обработку.

Для торцевых фрез:  $D = (1,1 \dots 1,7) \cdot B$  (мм) – диаметр фрезы зависит от ширины фрезерования. Количество зубьев  $Z = (1,6 \dots 2)^*$  – для чистовых мелкозубых фрез;  $Z = 1,2^*$  – для черновых крупнозубых фрез.

Для цилиндрических фрез: диаметр фрезы зависит от глубины резания. Для глубины резания  $t$  до 5 мм  $D = 60 - 90$  мм; для  $t$  до 8 мм  $D = 90 - 100$  мм; для  $t$  до 12 мм  $D = 110 - 150$  мм; ширина фрезы должна быть на 5 – 15 мм больше ширины обрабатываемой поверхности; число зубьев  $Z = m$  где  $m$  – коэффициент.

Для крупнозубых черновых фрез  $m = 0,8 \dots 1,05$ ,

Для мелкозубых чистовых фрез  $m = 0,9 \dots 2$ , где меньшее значение для сборных фрез, большие – для цельных фрез.

4. Назначение режима резания.

4.1. Аналитический метод расчёта режима резания (Задача 1).

4.1.1. Глубина резания  $t$ :

$$t = h/i \text{ мм},$$

где: h – припуск на обработку в мм;

i – количество проходов (Для чистового фрезерования  $t \leq 1,5$  мм)

4.1.2. Подача на зуб фрезы  $S_Z$  :

- для чернового фрезерования

$$S_Z = S_{ZT} * K_{SZ} \text{ мм/зуб}$$

где :  $S_{ZT}$  – табличное значение подачи, выбирается по л – 2.1, стр 283, 284, в примечаниях к таблицам 33,34,35.

$K_{SZ}$  – поправочный коэффициент, выбирается по л – 2.1, стр. 283, 284, в примечаниях к таблицам 33,34,35.

- для чистового фрезерования определяется подача на оборот фрезы  $S_0$  мм/об л – 2.1, стр. 285, таблица 37. И рассчитывается подача на зуб фрезы:

$$S_Z = S_0 / Z \text{ мм/зуб.}$$

4.1.3. Период стойкости фрезы T: выбирается по л – 2.1, стр. 290, таблица 40

4.1.4. Скорость резания

$$V = \frac{C_v * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * Z^p} * K_{MV} * K_{nv} * K_{uv}, \text{ мм/мин}$$

где: x,y,m,u,p – определяют по Л – 2.1, стр. 286 – 290, таблица 39.

$K_{nv}$  ,  $K_{uv}$  – Л – 2.1, стр 263, таблицы 5,6

$$K_{MV} = K_r * \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

$K_r$  ,  $n_v$  – Л – 2.1, стр 262, таблица 2.

4.1.5. Частота вращения шпинделя n:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D}, \text{ мин}^{-1}$$

Корректируется по паспорту станка, принимается ближайшее значение, действительное  $n_d$

4.1.6. Скорость подачи (минутная подача):

$$V_s = S_{M-} = S_Z * Z * n_d, \text{ мм/мин}$$

Корректируется по паспорту, принимается ближайшая действительная  $V_{sd}$ .

4.1.7. Пересчет действительных скорости резания и подачи на зуб фрезы:

$$V_d = \frac{\pi * D * n_d}{1000}, \text{ м / мин}$$

$$S_{zd} = \frac{V_{sd}}{Z * n_d}, \text{ мм/зуб}$$

4.1.8. Мощность на резание

$$N_p = \frac{P_z * V_d}{60 * 102}, \text{ кВт}$$

$P_z$  — главная составляющая силы резания

$$P_z = \frac{C_p * t^x * S_z^y * B^u * Z}{D^q * n^w} * K_{mp}, \text{ кГс}$$

где :  $C_p, x, y, u, q, w$  - Л – 2.1, стр. 291       $K_{mp}$  – стр.264

4.1.9. Проверка режима по достаточности мощности шпинделя станка (шп.).

$$N_{шп} \geq N_{рез}$$

$$N_{шп} = N * \eta, \text{ кВт.}$$

5. Основное технологическое время.

$$T_0 = \frac{L}{V_{sd}}, \text{ мин.}$$

$L = l + y + \Delta$  мм – длина рабочего хода стола.

$l$  – длина обрабатываемой поверхности .

$y$  – врезание,  $y = \sqrt{t * (D - t)}$  ,

$\Delta$  – пробег,  $\Delta = 1 - 5$  мм.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ № 2

### Табличный метод определения режима резания (Задача 2)

1. Условие задачи №2
2. Схема резания
3. Выбор инструмента
4. Режим резания
- 4.1. Глубина резания

$$t = \frac{h}{\dots} \text{ мм,}$$



## 4.2. Подача на зуб фрезы.

$$S_Z = S_{ZT} * K_{S1} * K_{S2} * K_{S3} * K_{S4} * K_{S5} * K_{S6}, \text{ мм/зуб.}$$

где  $S_Z$  и  $K_S$  принимаются по Л – 2.2, стр. 213,214.

## 4.3 Скорость резания

$$V = V_T * K_{V1} * K_{V2} * K_{V3} * K_{V4} * K_{V5} * K_{V6} * K_{V7}, \text{ м/мин}$$

где  $V_T$  и  $K_V$  принимаются по Л – 2.2, стр. 217,218.

## 4.4. Частота вращения фрезы

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D}, \text{ мин}^{-1}$$

Корректируется по паспорту станка, принимается ближайшая меньшая  $n_d$ .

## 4.5. Скорость подачи

$V_S = S_Z * Z * n_d$  мм/мин - корректируется по паспорту станка, принимается ближайшая меньшая  $V_{Sd}$  (мм/мин).

## 4.6. Действительная подача на зуб фрезы.

$$S_{Zd} = \frac{V_{Sd}}{Z * n_d}, \text{ мм/зуб}$$

## 4.7. Мощность на резание .

$$N_P = N_T * K_N, \text{ кВт}$$

где  $N_T$  - табличное значение Л – 2.2, стр. 217,218.

$K_N$  – поправочный коэффициент Л – 2.2, стр. 217,218

## 5. Проверка достаточности мощности станка

$$N_P \leq N_{\text{штп}}$$

$$N_{\text{штп}} = N * \eta, \text{ кВт.}$$

## 6. Основное технологическое время

$$T_0 = \frac{L}{1000} * i = \frac{l + y + \Delta}{1000} * i, \text{ мин}$$

$V_{sd}$  $V_{sd}$ 

$$y = \sqrt{t * (D - t)}, \text{ мм}$$

$$\Delta = l - 5 \text{ мм}$$

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10

Тема: Аналитический и табличный расчет режима резания при резьбонарезании.

Цель: Приобретение навыков и умений назначения режимов резания, пользование литературой.

Список использованной литературы.

1. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. Москва – Экономика, 1990.

2. Справочник технолога – машиностроителя. Т2./Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986.

**Задание 1. Нарезать черновую, точностью 7 качества резьбу в отверстии в стальной заготовке. Размеры приведены в таблице 1. Станок токарно-винторезный модели 16К20. Работа с охлаждением**

**Таблица 1 – Исходные данные**

Вариант	Размеры резьбы	Длина резьбы	Материал заготовки
	мм	мм	твёрдость
1	M 10x1,5	14	$\sigma=620\text{МПа}$

2	M 16x1,5	18	$\sigma=700\text{МПа}$
3	M 12x1,5	20	$\sigma=500\text{МПа}$
4	M 20x2,0	30	$\sigma=780\text{МПа}$
5	M 16x2,0	25	$\sigma=650\text{МПа}$
6	M 14x0,75	18	$\sigma=710\text{МПа}$
7	M 20x0,75	20	$\sigma=740\text{МПа}$
8	M 24x2,0	34	$\sigma=560\text{МПа}$
9	M 24x1,5	28	$\sigma=610\text{МПа}$
10	M 16x0,75	14	$\sigma=670\text{МПа}$

### **Введение.**

Резьба – винтовая канавка на внутренней или наружной цилиндрической или конической поверхности, характеризующаяся размерами наружного и внутреннего диаметра, шага, профиля, формой профиля. Резьбовые сопряжения делят на неподвижные ( болт – гайка) и подвижные ( ходовые винты, валы, микрометрические пары).

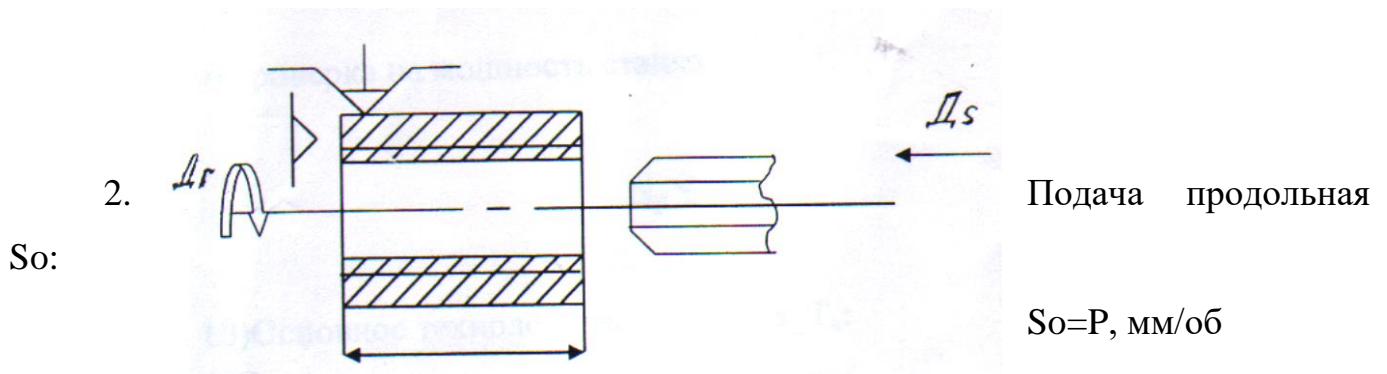
Резьбу получают резанием или давлением. Формообразование резьбы производится фасонным инструментом, профиль рабочей части которого соответствует профилю резьбы.

Резьбонарезные инструменты: резцы, метчики, плашки, гребёнки, резьбовые фрезы, вихревые головки, резьбонарезные головки.

Для резьбонарезания используют универсальные станки ( токарные, сверлильные) и специализированные ( резьбофрезерные, болторезные автоматы и др. )

#### **1.1 Методика назначения режима резания табличным методом при нарезании резьбы метчиком.**

1) Схема резания.



3. Скорость резания  $V$ :

$$V = V_T K_V, \text{ м/мин} \quad (2)$$

Где  $V_T$  – табличная скорость резания в м/мин [1, стр. 136...138]

$K_V$  – поправочный коэффициент

$$K_V = K_{Vm} * K_{Vu} * K_{Vc} \quad (3)$$

Где  $K_{Vm}$  [1, стр. 143]

$K_{Vu}$  [1, стр. 146]

$K_{Vc}$  [1, стр. 149]

3. Частота вращения заготовки  $n$ :

$$n = (1000 * V) / (\pi * D), \text{ мин}^{-1} \quad (4)$$

4. Примем по паспорту станка ближайшую, меньшую действительную частоту вращения  $n_g$ :

$$n_g = \dots \text{ мин}^{-1}$$

5. Действительная скорость резания  $V_g$ :

$$V_g = (\pi * D * n_g) / 1000, \text{ м/мин} \quad (5)$$

6. Скорость подачи  $V_s$ :

$$V_s = n_d * S_o = n_d P \text{ мм/мин} \quad (6)$$

7. Мощность затрачиваемая на резание  $N_p$ :

$$N_p = N_T * K_N, \text{ кВт} \quad (7)$$

Где  $N_T$  – табличное значение мощности в кВт [1, с.136-138]

$K_N$  – поправочный коэффициент

$$K_N = K_{NM}$$

Где  $K_{NM}$  – [1, с.143] (8)

9. Проверка на мощность станка

$$N_p < N_{шп} \quad (9)$$

10. Основное технологическое время  $T_o$ :

$$T_o = (L/V_s) + (L/V_{slg}), \text{ мин} \quad (10)$$

Где  $L$  – длина рабочего хода в мм

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм}$$

$l$  – длина обрабатываемой поверхности в мм

$y$  – врезание метчика в мм

$\Delta$  – перебег метчика в мм

$$y + \Delta = (6..8) * P, \text{ мм} \quad (11)$$

$V_{sl}$  – скорость подачи при вывинчивании метчика в мм/мин

$$V_{sl} = n_1 * P, \text{ мм/мин} \quad (12)$$

Где  $n_1 = 1,25 * n$ ,  $\text{мин}^{-1}$  – принимаем по паспорту станка (13)

Ближайшее меньшее  $n_{lg}$  – действительное, рассчитываем  $V_{slg}$ :

$$V_{slg} = n_{lg} * P, \text{ мм/мин} \quad (14)$$

## 1.2 Методика расчёта режима резания аналитически при нарезании резьбы Метчиком

1) Подача  $S_0$  – по формуле 1.

2)Скорость резания V:

$$V=(C_v \cdot D^q)/(T^m \cdot S^y) \cdot K_v, \text{м/мин} \quad (15)$$

Где  $C_v$ ;  $y$ ;  $q, m$ ,  $T$  [2, с. 296]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{tv} \quad (16)$$

Где  $K_{uv}$ ;  $K_{tv}$ ;  $K_{mv}$  - [2, 298]

3)Частота вращения заготовки по формуле 4.

4)Действительная частота вращения по паспорту станка  $n_g$ :

5)Действительная скорость резания  $V_g$ : по формуле 5.

6) Скорость подачи по формуле 6.

7)Проверка режима по формуле 9.

8)Мощность резания  $N_p$ :

$$N_p=(M \cdot n_g)/975, \text{кВт} \quad (17)$$

Где  $M$ -момент резания в кгс. М

$$M=C_m \cdot D^q \cdot p^y \cdot K_p, \text{кгс.м} \quad (18)$$

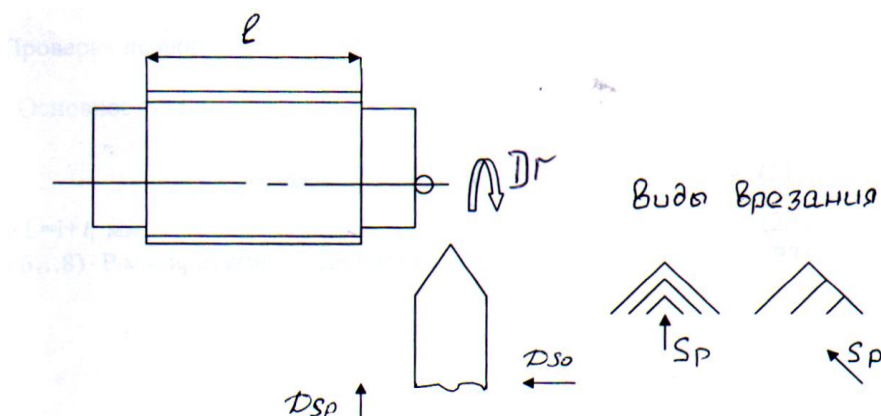
Где  $C_m$ ;  $y$ ;  $q$  [2, с. 298]

$$K_p=K_{mp} - [2, \text{с. 298}]$$

9)Основное технологическое время по формуле 10.

## 2.1 Методика назначения режима резания табличным методом при нарезании резьбы резцом.

1)Схема резания.



а) для  $P < 2\text{мм}$  – радиальное врезание

б) для  $P \geq 2\text{мм}$  – врезание боковые, параллельно стороне профиля.

2) Число проходов  $i$  складывается из черновых и чистовых проходов [1,с.101]

3) Подача резца по  $S_o$  формуле 1:

$$S_o = P, \text{ мм/от}$$

4) Скорость резания  $V$  по формуле 2:

$$V = V_T K_V, \text{ м/мин}$$

$V_T$  – [1,с.101]

$$K_V = K_{VR} * K_{uv} \quad (19)$$

$K_V$  - [1,с.103]

$K_{VR}$  - [1,с.103]

5) Частота вращения заготовки по формуле 4, принимаем действительную  $n_o$  по паспорту станка.

6) Действительная скорость резания по формуле 5.

7) Скорость подачи по формуле 6

8) Мощность резания по формуле 7

Где  $N_T$  [1,с.101]

$$K_N = K_{Nu} * K_{NR} \quad (20)$$

Где  $K_{Nu}$  [1,с.103]

$K_{NR}$  [1,с.103]

9) Проверка по формуле 9

10) Основное технологическое время

$$T_o = (L/V_s) * i_{\text{мин}} \quad (21)$$

$$\text{Где } L = l + l_1, \text{ мм} \quad (22)$$

$$l_1 = (6 \dots 8) * P \text{ мм} - \text{врезание и перебег резца} \quad (23)$$

2.2 Методика расчёта режима резания аналитически при нарезании резьбы резцом.

1) Число проходов  $i$  [2, с.294]

2) Подача по формуле 1.

$$3) \text{Скорость резания } V: \quad V = (C_v * i^x) / (T^m * S_o^y) * K_v, \text{ м/мин} \quad (24)$$

где  $C_v$ :  $x, m, y, T$  - [2, с.296]

$$K_v = K_{mv} * K_{uv} * K_{cv} \quad (25)$$

где  $K_{mv}$  - [2, с.261, 262]

$K_{uv}$  - [2, с.263]

$K_{cv}$  - [2, с.297- в тексте]

4) частота вращения по формуле 4., принимаем  $N_g$  по паспорту станка.

5) действительная скорость резания по формуле 5.

6) Скорость подачи по формуле 6.

7) мощность резания

$$N_p = (P_z * V_g) / (60 * 102), \text{ кВт} \quad (26)$$

Где  $P_z$  – сила резания в кгс.

$$P_z = (C_p * P_y) / i^u * K_p, \text{ кгс} \quad (27)$$

Где  $C_p$ :  $y: u$  - [2, с.298]



$$K_p = K_{тр} \quad [2. \text{ с. } 264]$$

8) Проверка по формуле 9.

9) Основное технологическое время по формуле 21.

Таблица 3 - Сравнительная

Нарезание резьбы метчиком	Табличный метод	$V =$	$V_s =$	$T_o =$
	Аналитический метод	$V =$	$V_s =$	$T_o =$
Нарезание резьбы резцом	Табличный метод	$V =$	$V_s =$	$T_o =$
	Аналитический метод	$V =$	$V_s =$	$T_o =$

Паспорт станка 16K20:

Мощность шпинделя  $N_{шп} = 7,5 \text{ кВт}$ .

Частота вращения  $n \text{ мин}^{-1}$ : 12,5; 25; 50; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 600; 710; 800; 1000; 1250; 1600.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

Тема: Расчет режима резания при зубонарезании.

Цель занятия: приобретение умений и навыков назначения режимов резания, использования справочной литературы.

Материальное обеспечение:

- Методические указания к практической работе.
- Справочная литература:

1. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2./Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1986, с.115..293.

2. Режимы резания металлов. Справочник./Под ред. Ю.В. Барановского.- М.: Машиностроение,1972, с.426.

3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках.Ч.2.-М.: Машиностроение,1974, с.26..160.

4. *Общемашиностроительные нормативы режимов резания. 1990.*

Порядок выполнения работы:

- Анализ исходных данных (условия задачи).
- Выбор и выполнение схемы резания.
- Выбор режущего инструмента.
- Назначение режима резания.
- *Определение основного технологического времени.*

**Задача №1**

Нарезать червячной фрезой на зубофрезерном станке зубья зубчатого колеса модулем  $m = \dots$  мм, число зубьев  $z = \dots$ , ширина венца колеса  $B = \dots$ мм, материал колеса - углеродистая сталь HB180,  $\sigma = 750$  МПа.

**Задача №2**

Нарезать долбяком на зубодолбёжном станке зубья зубчатого колеса модулем  $m = \dots$  мм, число зубьев  $z = \dots$ , ширина венца колеса  $B = \dots$ мм, материал колеса - углеродистая сталь HB180,  $\sigma = 750$  МПа.

Таблица 1 – исходные данные к задачам

№ варианта	Модуль мм	Ширина венца мм	Число нарезаемых зубьев колеса
1	2	3	4
1	5	30	48

2	6	40	56
3	7	50	64
4	8	35	52
5	9	45	50
6	2	55	42
7	10	25	40
8	3,5	20	60
9	2,5	35	40
10	5,5	40	50

### **Теоретические сведения**

Существует два метода нарезания зубьев зубчатых колес (ЗК): метод копирования и метод обката (огибания).

Метод копирования используется в мелкосерийном и единичном типах производства. РИ—дисковые и пальцевые модульные фрезы, головки зубодолбежные, протяжки. Контур режущих кромок этих РИ соответствует форме впадин зубьев детали. При этом часто выполняют обработку зубьев методом деления, т.е. обрабатывается одна впадина, затем - поворот заготовки на угловой шаг зубьев для обработки второй впадины и т.д. Обработка малопродуктивная, точность обработки низкая.

По методу обкатки профиль боковой поверхности зуба изделия образуется постепенно, представляет собой огибающую многих положений режущих кромок зубообрабатывающего РИ относительно заготовки. РИ—червячные фрезы, долбяки, зубострогальные резцы, резцовые головки, рейки... РИ для чистовой и тонкой обработки—шевер, хон.

Наиболее высокая точность достигается долбяками и зубострогальными резцами. Однако следует помнить, что такие операции, как зубофрезерование с последующим шевингованием, обеспечивают и производительность и точность более высокую, чем зубодолбление.

К геометрическим параметрам зуборезных РИ относятся форма передней и задней поверхностей зуба, а также передний  $\gamma$ , задний  $\alpha$  углы и угол наклона стружечных канавок  $\omega$  фрез.

### Методика расчета режимов резания при зубонарезании

#### 1. Исходные данные

#### 2. Выбор типа конструкции зуборезного РИ:

2.1. Выбор РИ. Таблица 117 [2, с.296], Таблица 105 [1, с.293], Таблица 15 [3, с.184].

2.2. Класс точности РИ. Таблица 3 [3, с.11].

2.3. Угол заточки передней поверхности фрезы. Таблица 2 [3, с.160].

2.4. Геометрические параметры фрезы. Таблица 15 [3, с.184].

#### 3. Назначение режимов резания при работе червячными фрезами

##### 3.1. Определение глубины резания:

Если нарезание происходит за 1 режущий ход, то  $t = h = 2,25 \cdot m$ ,  $h$ -высота зуба. Обычно черновыми червячными фрезами можно нарезать зубья на полную глубину, оставляя припуск на чистовую механическую обработку лишь по боковым сторонам зуба. В этом случае

$$t=h=2,2 \cdot m \quad \text{мм}$$

Если мощности станка не достаточно, величина припуска или точность большая, тогда обработка ведется за 2 прохода.

$$t(\text{чист})=0,6h \quad \text{мм}$$

$$t(\text{черн})=1,4h \quad \text{мм}$$

##### 3.2. Назначение подачи:

$$S_f = S_T \cdot K_{MT} \cdot K_{fz}$$

3.2.1. Определение классификационной группы станка. Карта 1 [3, с.25].

3.2.2. Назначение подачи. [3, с.26..27].

3.2.3. Корректировка подачи по паспорту. [2, с.426].

3.3. Период стойкости фрезы. Приложение 3 [3, с.161].

3.4. Определение скорости главного движения.

3.4.1. Определение табличного значения скорости резания  $V_m$ ; Карта 4 [3, с.28..35].

3.4.2. Определение допустимого числа осевых перемещений фрезы, за время ее работы. Карта 11 [3, с.36..37];

3.4.3. Поправочный коэффициент на скорость.

В этой же таблице (Карта 4 [3, с.28..35]).. поправочный коэффициент для мощности.

$$V_f = V_m \cdot K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{fV} \cdot K_V \cdot \Delta_V$$

4. Частота вращения фрезы:

$$n_f = \frac{1000 \cdot V_f}{\pi \cdot D_f}, \text{ мин}^{-1}$$

5. Корректировка по паспорту станка. [2, с.426].

6. Действительная скорость резания:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_f \cdot n_d}{1000}, \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Мощность, затрачиваемая на резание. Карта 4 [3, с.28...35].

$$N_f = N_m \cdot K_{MN} \cdot K_{uN} \cdot K_{fN} \cdot K_N$$

7. Проверка мощности привода станка:

$$N_{\text{пр}} \leq N_{\text{шл}}$$

$$N_{\text{шл}} = N_{\text{двиг}} \cdot \eta$$

7. Определение основного технологического времени:

$$T_{\text{о}} = \frac{L_{\text{рп}} \cdot Z}{n \cdot S \cdot K}, \text{ мин}$$

$L_{\text{рп}}$  — длина рабочего хода, мм

$$L_{\text{рп}} = B \cdot n \cdot l_i, \text{ мм}$$

где  $n$  - число заходов фрезы;

$Z$  - число зубьев фрезы;

$B$  - ширина венца, мм;

$n_1$  - число одновременно обрабатываемых заготовок, шт.

Смотри примечание 2 [3, с.169], т.к. табличная величина  $l_i$  может быть изменена.

$$l_i = l_i + l_i^{\text{'''}} , \text{ мм}$$

Определение времени, затрачиваемого на обработку одной заготовки:

$$T_{\text{с1}} = \frac{T_{\text{о}}}{n_1}, \text{ мин}$$

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

**Тема:** Расчет и конструирование зуборезного инструмента.

**Цель занятия:** приобретение умений и навыков расчета и конструирования зуборезного инструмента – червячной фрезы, использования справочной литературы.

Материальное обеспечение:

- Методические указания к практической работе.
- Справочная литература:

1) Справочник технолога-машиностроителя, том 2; под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение. 1985г.

2) Н.А. Нефёдов, К.А.Осипов. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М.: Машиностроение, 1990.

Порядок выполнения работы:

- Анализ исходных данных (условия задачи)
- расчет и конструирование червячной модульной фрезы
- выполнение чертежа.

### **Задача № 75 (2, стр.315,317)**

Рассчитать и сконструировать червячную фрезу для нарезания зубьев шестерни. Выполнить рабочий чертеж.

**Исходные данные приведены в литературе 2, стр.315,317.**

Методика решения задачи - 2, стр. 311...313.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Существует два метода нарезания зубьев зубчатых колес (ЗК): метод копирования и метод обката (огибания).

Метод копирования используется в мелкосерийном и единичном типах производства. РИ—дисковые и пальцевые модульные фрезы, головки для контурного зубодолбления, протяжки. Контур режущих кромок этих РИ соответствует форме впадин зубьев детали. При этом часто выполняют обработку зубьев методом деления, т.е. обрабатывается одна впадина, затем - поворот заготовки на угловой шаг зубьев для обработки второй впадины и т.д. Обработка малопроизводительная, точность обработки низкая.

По методу обкатки профиль боковой поверхности зуба изделия образуется постепенно и представляет собой огибающую многих положений режущих кромок зубообрабатывающего РИ. РИ—червячные модульные фрезы, долбяки, зубострогальные резцы, резцовые головки, рейки. РИ для чистовой и тонкой обработки—шевер, хон.

Наиболее высокая точность достигается долбяками и зубострогальными резцами. Однако следует помнить, что такие операции, как зубофрезерование с последующим шевингованием, обеспечивают и производительность и точность более высокую, чем зубодолбление.

К геометрическим параметрам зуборезных РИ относятся форма передней и задней поверхностей зуба, а также передний  $\gamma$ , задний  $\alpha$  углы и угол наклона стружечных канавок  $\omega$  фрез.

Червячные фрезы работают методом обкатки, их разделяют по следующим параметрам:

- по способу фрезерования: с радиальным врезанием и подачей ; с тангенциальным врезанием и подачей;
- по конструкции, способу крепления на станке: хвостовые, насадные;
- по способу изготовления: цельные, сборные, составные;
- по направлению винтовых канавок: правые, левые;
- по типу нарезаемых колёс: для цилиндрических и червячных колёс, шлицев, звездочек и др.;
- по точности обработки: черновые и чистовые, классы точности червячных фрез ААА, АА, А, В, С, Д; профиль выполняют шлифованным и нешлифованным;



- по материалу рабочей части фрезы изготавливают быстрорежущие и твердосплавные;
- по количеству заходов: 1-, 2-, 3-заходные.

## ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

(содержание отчета)

1. Исходные данные
2. Выбор конструкции и геометрии зуборезного РИ – червячной фрезы:
  - 2.1. Выбор РИ – червячной фрезы. Таблица 117 [2, с.296], Таблица 105 [1, с.293], Таблица 15 [3, с.184].
  - 2.2. Класс точности РИ. Таблица 3 [3, с.11].
  - 2.3. Конструктивные размеры червячной фрезы [3].
  - 2.4. Геометрические параметры фрезы. Таблица 15 [3, с.184]. Угол заточки передней поверхности фрезы. Таблица 2 [3, с.160].
  - 2.5. Технические требования.
  - 2.6. Выполнение рабочего чертежа.

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Режущим инструментом принята червячная фреза, быстрорежущая Р6М5, модулем 3,75мм, однозаходная, цельная, класса точности - А, с углом зацепления  $\alpha = 20^\circ$ , с правым направлением винтовых канавок, углом подъема винтовых канавок  $\omega = 2^\circ 43'$ , с шлифованным профилем, насадная, тип 2, ГОСТ9324- 80Е.

Расчет режима резания, сил и моментов резания

Червячная фреза, быстрорежущая Р6М5, модулем 3,75мм,  $D_{a0} = 197,25$  мм, Станок 52А50, мощность 7,5 кВт, Фреза червячная по ГОСТ 9324-80Е размерами  $D = 90$  мм,  $Z = 10$ , число заходов – 1, материал – Р6М5 – быстрорежущая сталь.

Глубина резания

$$t = 2 \cdot m, \text{ мм}$$

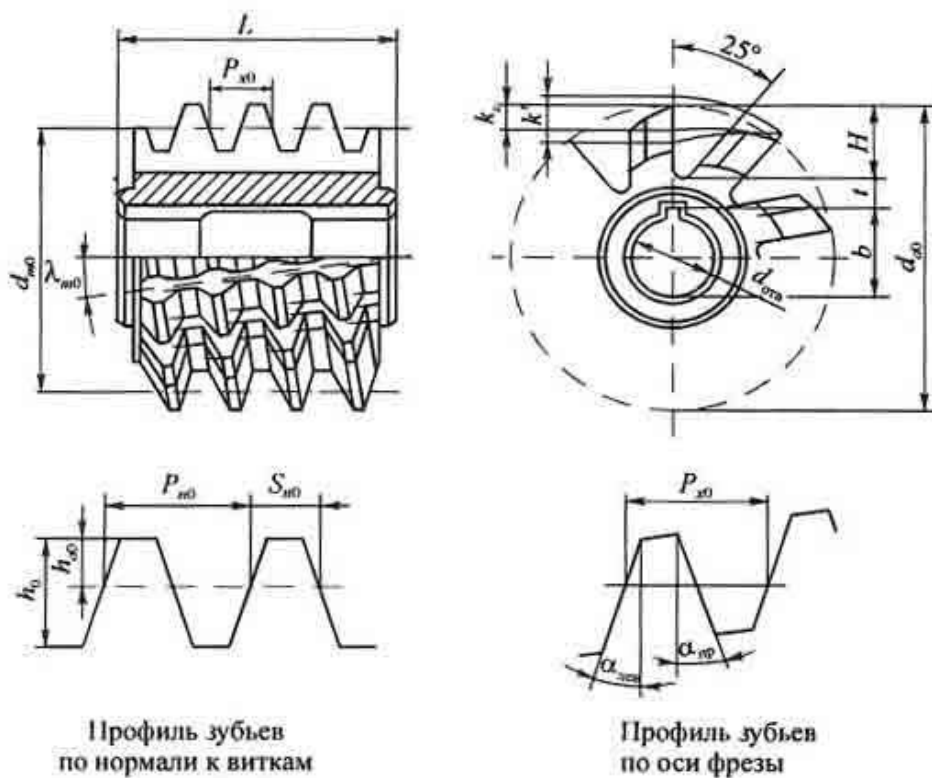


Рисунок 2 - Конструкция червячной фрезы

где  $m$  – модуль нарезаемого колеса.

$$t = 2 \cdot 3,75 = 7,5 \text{ мм}$$

Осевая подача на один оборот нарезаемого колеса

$$S_o = S_{ot} \cdot K_m \cdot K_\beta \text{ мм/об}$$

где  $S_{ot}$  –табличная подача

$K_m$  - поправочный коэффициент на материал заготовки,

$K_\beta$  - поправочный коэффициент на угол наклона зубьев колеса

$$S_o = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 0,92 \text{ мм/об}$$

Период стойкости червячной фрезы для данных условий

$$T = 240 \text{ мин}$$

Скорость главного движения резания

$$V = V_T \cdot K_{mv} \cdot K_{\beta v} \text{ м/мин}$$

Где  $V_T$  - табличное значение скорости резания

$K_{Mv}$  - поправочный коэффициент на материал заготовки 61...65 HRCэ,

$K_{\beta v}$  - поправочный коэффициент на угол наклона зубьев колеса  $\beta = 28^\circ$

$$V = 33,5 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 25,1 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) \text{ мин-1}$$

$$n = 1000 \cdot 25,1 / (3,14 \cdot 90) = 89 \text{ мин-1}$$

Примем по паспорту станка  $n_d = 100 \text{ мин-1}$

Действительная скорость главного движения резания

$$V_d = \pi \cdot D \cdot n_d / 1000 \text{ м/мин}$$

$$V_d = 3,14 \cdot 90 \cdot 100 / 1000 = 28,26 \text{ м/мин}$$

Мощность, затрачиваемая на резание

$$N_p = N_t \cdot K_{\beta N} \text{ кВт}$$

где  $N_t$  - табличное значение мощности

$K_{\beta N}$  - поправочный коэффициент на угол наклона зубьев колеса  $\beta = 28^\circ$

$$N_p = 1,6 \cdot 0,95 = 1,52 \text{ кВт}$$

$$N_p = P_z \cdot V / (60 \cdot 102) \text{ кВт}$$

Выразим из формулы значение силы резания  $P_z$

$$P_z = N_p \cdot 60 \cdot 102 / V \text{ кГс}$$

$$P_z = 1,52 \cdot 60 \cdot 102 / 28,26 = 329,2 \text{ кГс}$$

Момент резания для заданных условий

$$M_p = P_z \cdot D / 2 \text{ кГс} \cdot \text{мм}$$

$$M_p = 329,2 \cdot 90 / 2 = 14814 \text{ кГс} \cdot \text{мм} = 14,8 \text{ кГс} \cdot \text{м}$$

Расчет и выбор конструктивных размеров рабочей и крепежной частей и геометрических элементов лезвия инструмента

Основные конструктивные размеры примем по ГОСТ9324- 80Е.

- наружный диаметр фрезы  $d_{ao} = 90 \text{ мм}$

- диаметр буртиков  $d_1 = 50 \text{ мм}$
- длина фрезы общая  $L_f = 80 \text{ мм}$
- длина буртика  $l_1 = 4 \text{ мм}$
- число зубьев  $Z = 10$
- величина затылования  $k = 4,5 \text{ мм}$

Элементы профиля зубьев фрезы:

- нормальный шаг

$$P_{no} = \pi \cdot m_o \cdot Z, \quad \text{мм}$$

$$P_{no} = 3,14 \cdot 3,75 \cdot 10 = 11,775, \quad \text{мм}$$

- осевой шаг

$$P_{xo} = P_{no} / \cos \gamma_{mo}, \quad \text{мм}$$

$\gamma_m$  - угол подъёма витка фрезы

$$P_{xo} = 11,775 / \cos 2^\circ 43' = 11,794 \text{ мм}$$

Толщина зуба в нормальном сечении

$$S_{no} = P_{no} - S_n - \Delta, \quad \text{мм}$$

где  $S_{no}$  – толщина зуба,

- $\Delta = 0,4 \text{ мм}$

$$S_{no} = 11,775 - 6,545 = 5,23 \text{ мм}$$

- высота головки зуба  $h_{ao} = h_{fo}$

где  $h_{fo}$  - высота ножки зуба нарезаемого колеса

$$h_{ao} = h_{fo} = 4,69 \text{ мм}$$

- высота зуба  $h_o$

$$h_o = h_a + h_{fo} + C \text{ мм}$$

где  $h_a$  - высота ножки зуба колеса

$$C = 0,25 \cdot m_o \text{ мм}$$

$$h_o = 3,75 + 4,69 + 0,25 \cdot 3,75 = 9,38 \text{ мм}$$

- радиусы закругления на головке зуба фрезы  $r_{ao}$

$$r_{ao} = C / 1 \sin \alpha_{no} \quad \text{мм}$$

$$\alpha_{no} = 20^\circ$$

$$r_{ao} = 0,25 \cdot 3,75 / 1 \sin 20 = 1,42 \text{ мм}$$

- радиусы закругления на ножке зуба фрезы  $r_{no}$

$$r_{no} = (0,2 \dots 0,3) \cdot m_o \quad \text{мм}$$

$$r_{no} = (0,2 \dots 0,3) \cdot 3,75 = 1,12 \text{ мм}$$

Элементы стружечной канавки:

- глубина канавки  $h_k$

$$h_k = h_o + (k + k_1) / 2 + (1 \dots 1,5) \text{ мм}$$

- дополнительное затылование  $k_1$

$$k_1 = (1,2 \dots 1,5) k \text{ мм}$$

$$k_1 = 1,2 \cdot 4,5 = 5,4 \text{ мм}$$

$$h_k = 9,38 + (4,5 + 5,4) / [2 + (1 \dots 1,5)] = 15,5 \text{ мм}$$

- радиус закругления основания канавки  $r_k$

$$r_k = \pi \cdot (d_{ao} - 2h_k) / 10 \cdot Z_o \text{ мм}$$

$$r_k = 3,14 \cdot (90 - 2 \cdot 15,5) / (10 \cdot 10) = 1,5 \text{ мм}$$

Шаг винтовой стружечной канавки  $P_z$

$$P_z = \pi \cdot d_{mo} \cdot \operatorname{ctg} \gamma_{mo} \quad \text{мм}$$

где  $d_{mo}$  – средний диаметр

$$d_{mo} = d_{ao} - 2h_{ao} - (0,25 \dots 0,3) k$$

$$d_{mo} = 90 - 2 \cdot 4,69 - (0,25 \dots 0,3) \cdot 4,5 = 70,28 \quad \text{мм}$$

$$P_z = 3,14 \cdot 70,28 \cdot \operatorname{ctg} 2^\circ 43' \approx 5259 \text{ мм}$$

Допускаемые отклонения и технические требования приняты по ГОСТ 9324-80Е, шпоночный паз принят по ГОСТ 9472-83, отклонения – по СТ СЭВ 144-76.

Проверка инструмента на прочность, жесткость, смятие

Проверка прочности и жесткости насадных фрез, в том числе и червячных, производится по допускаемым нагрузкам, действующим на оправку вспомогательного инструмента.

$$P_z = 329,2 \text{ кГс}, \quad M_p = 14,8 \text{ кГс} \cdot \text{м}$$

Наименьший допускаемый диаметр центрального отверстия червячной фрезы под оправку -  $d$

$$d = 3\sqrt{M_{ср} / (0,1 \cdot \sigma_{ид})} \text{ мм}$$

где  $M_{ср}$  - момент сопротивления резанию,

$\sigma_{ид} = 250 \text{ МПа}$  - допустимое напряжение на изгиб оправки из конструкционной стали

$$d = 3\sqrt{14800 / (0,1 \cdot 25)} = 18 \text{ мм}$$

При расчете конструктивных размеров червячной фрезы принят диаметр отверстия под оправку  $d = 32 \text{ мм}$ , то есть прочность обеспечена.

#### Список использованной литературы

1. А.М. Адашкин, Н.В. Колесов. «Современный режущий инструмент».- М.: «Академия», 2019.
2. Гапонкин В.А., Лукашев Л.К., Суворова Т.Г. «Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки». - М.: Машиностроение, 1990.
3. Нефедов Н.А., Осипов В.А. «Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту».- М.: Машиностроение, 1990.
4. Алексеев Г.А., Аршинов В.А., Кричевская Р.М. «Конструирование инструмента».- М.: Машиностроение, 1990.
5. Справочник инструментальщика / Под ред. Ординарцева И.А. – М.: Машиностроение, 1987.

6.Справочник технолога-машиностроителя. Том 2. / Под ред. Мещерякова В.К., Косиловой А.Г.- М.: Машиностроение, 1985.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13**

**Тема:** Расчет режима резания при протягивании.

**Цель занятия:** приобретение умений и навыков назначения режимов резания, использования справочной литературы.

Материальное обеспечение:

- Методические указания к практической работе.

- Справочная литература:

- 1) Справочник технолога-машиностроителя, том 2; под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение. 1986г.

- 2) Режимы резания металлов. Справочник. / Под ред. Ю.В.Барановского. - М.:Машиностроение,1972, с.132..138.

- 3) Н.А. Нефёдов, К.А.Осипов. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М.: Машиностроение, 1990.

- 4) Общемашиностроительные нормативы режимов резания.

Порядок выполнения работы:

- Анализ исходных данных (условия задачи).

- Выбор схемы резания.

- Выбор режущего инструмента.

- Назначение режима резания.

- Определение основного технологического времени.

Задача №67 (3, стр.268) Протягивают круглое отверстие.

Исходные данные приведены в литературе 3, стр. 268,267.

Методика решения задачи приведена в 3, стр.262...266.

### **Теоретические сведения**

Протягивание — механическая обработка внутренних и наружных поверхностей многолезвийным режущим инструментом (РИ) — протяжкой. Особенно эффективно протягивание сложных и фасонных профилей заготовок.

Метод находит широкое применение в массовом и серийном производствах. В мелкосерийном и единичном производствах обрабатывают поверхности, к которым предъявляются высокие требования к точности и параметрам шероховатости.

Основное отличие протягивания от других методов обработки — отсутствует движение подачи  $D_s$ . Значение подачи заключено в конструкции самого РИ. Размер каждого последующего зуба протяжки по высоте, больше предыдущего на величину, численно равную подаче на зуб  $S_z$ . Каждый зуб один раз участвует в процессе резания.

Протягиванием обрабатывают различные внутренние и наружные поверхности.

Существует два варианта протягивания: свободное и координатное.

Протяжки работают на растяжение, т.к. сила резания прикладывается к замковой части.

Если сила прикладывается к задней части протяжки, то такой метод обработки называют прошиванием, а РИ — прошивкой. Прошивка работает на сжатие и продольный изгиб. Прошивки чаще всего применяют для калибровки внутренних отверстий высокой точности. Иногда последние секции прошивки или протяжки выполняют полукруглыми для развальцовки — обработки давлением - сглаживания шероховатости и придания поверхности высоких эксплуатационных свойств.

При протягивании применяют профильную, генераторную и прогрессивные схемы срезания припуска.



При профильной схеме срезания припуска геометрическая форма всех зубьев подобна профилю окончательно обработанной поверхности заготовки. Эта схема резания имеет ограниченное применение вследствие трудности изготовления профильных протяжек и низкой производительности.

При генераторной схеме срезания припуск удаляется параллельными слоями. Квадратные, многогранные, координатные протяжки для срезания припуска изготавливают по генераторной схеме.

Прогрессивные схему резания используют, когда профильное и генераторное протягивание нецелесообразно по разным причинам.

В качестве СОТС (СОЖ) при протягивании используют эмульсии, сульфифрезол, а так же смесь керосина и масла. Обработка чугунных заготовок производится без охлаждения.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

1. Анализ исходных данных:

2. Выбор СОЖ [ 2, с.282..283].

3. Выбор оборудования. [1, с. 63..64].

Модель протяжного станка (тип)

Паспортные данные:

Скорость рабочего хода протяжки -  $V_{р.х.}$ , м/мин;

Скорость обратного хода —  $V_{о.х.}$ , м/мин;

Тяговое усилие станка  $P_c$ , кН. Таблица 8 (методическое пособие)

Мощность э/двигателя, кВт. Таблица 9 (методическое пособие)

КПД станка  $\eta=0,85$ .

## **МТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

3. Выбор протяжки:

-Тип протяжки. Таблица 56 [1, с.163..173]

-Размер протяжки. ПРИЛОЖЕНИЕ А

L -общая длина, мм

L1-длина до первого зуба, мм

L2=l<sub>p</sub> - рабочая часть, мм

i - количество проходов

Z<sub>c</sub> - число зубьев в секции, шт.

Для схем профильной, генераторной Z<sub>c</sub>=1.

Для прогрессивной - см. конструкцию протяжки в соответствии с ГОСТ

Наибольшее число одновременно режущих зубьев:

$$Z_i = Z_c = \frac{L_{\text{раб}}}{t} = \frac{\text{длина}}{\text{шаг}}$$

-Р<sub>о</sub> - осевая сила протягивания для выбранной протяжки и условий работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Геометрия зубьев протяжки. Таблица 59..62 [1, с.170]

Передний угол α. Задний угол γ

4. Определение группы обрабатываемости материала - ГО [2]. Определение группы качества - ГК по шероховатости или качеству точности [2].

5. Назначение скорости резания V, м/мин. Карта [2, с.132].

Знать: Группы обрабатываемости и качества, вид протягиваемой поверхности

6. Стойкость протяжки Т, мин. Карта [2, с.137..138].

7. Число заготовок, протянутых между повторными заточками инструмента:

$$n_{\text{шт}} = \frac{1000 \cdot T_p}{L_{\text{раб}}}, \text{шт}$$

8.Определение силы резания.

$$P_p = F \cdot \sum B \quad \text{кгс}$$

F — сила резания на единицу длины режущей кромки. Карта П-3 [2, с.135].

Для круглых отверстий:

$$\sum B = \pi \cdot D \cdot \frac{Z_i}{Z_c}$$

где, D - наибольший диаметр зубьев – D = D<sub>отв</sub>.

Z<sub>c</sub> - число зубьев в секции

Z<sub>i</sub> - наибольшее число одновременно режущих зубьев (округлить до большего числа)

$$Z_i = Z_s = Z_c = \frac{L_{\text{ра}}}{t} + 1$$

Для шпоночных пазов и шлицевых отверстий:

$$\sum B = \frac{b_n \cdot n}{Z_c} \cdot i$$

где  $b_n$  - ширина паза (плоскости или уступа);

$n$  -- число шпонок.

9. Сравнение рассчитанного значения силы резания с ориентировочным значением усилия Р<sub>о</sub> - осевой силы протягивания (для конструкции протяжки и условий работы) и с Р<sub>доп</sub> - тяговым усилием станка.

$$P_{\text{расч}} < P_o < P_{\text{доп}}$$

Р<sub>о</sub> – осевая сила протягивания (приложение к методическим указани~~ем~~).

Р<sub>доп</sub> — допускаемая сила протягивания. (Смотри в исходных данных по паспорту станка.

10. Мощность резания N<sub>рез</sub> (кВт). Карта П-4 [2, с.136].

Обработка возможна при условии:

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}, \text{ кВт}$$

N<sub>шп</sub> - мощность шпинделя.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{двиг}} \cdot \eta, \text{ кВт}$$

11. Допустимая скорость по мощности станка:

$$V_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_{\text{мм}}}{P} \cdot \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Должно выполняться условие:  $V < V_{\text{доп}}$

12. Определение основного технологического времени:

$$T_{\text{с}} = \frac{L_{\text{рп}}}{1000 \cdot V \cdot q} \cdot K_1 \cdot i, \text{мин}$$

где q - число одновременно обработанных заготовок.

12.1 Определение длины рабочего хода протяжки:

$$L_{\text{рп}} = L_{\text{п}} + L_{\text{роз}} + L_{\text{доп}}, \text{мм}$$

Длина рабочей части протяжки:

$$L_{\text{п}} = L - L_1, \text{мм}$$

L - общая длина протяжки;

L1 - длина протяжки до 1-го зуба;

Lдоп - перебег;

Lдоп = 30...50 мм

K1 - коэффициент;

$$K_1 = 1 + \frac{V}{V_{\text{ар}}}$$

Vо.х. - скорость обратного хода;

i –число проходов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 2 — протяжки круглые ГОСТ 20365-74

D отверстия, мм	Длина протягивания, мм		Усилие протягивания Рo, Н при переднем угле g		
	Сталь и алюминиевые сплавы	Чугуны, бронза,Латунь	20	15	10
10 - 13	10,5 - 34	10,5 - 34	6650 - 8140	7450 - 9300	8820 - 11150
14 - 15	15 - 53	15 - 53	10000 - 11100	11200 - 12300	13420 - 14400
15 - 20	22 - 90	30 - 100	930 - 21300	10600 - 24100	12850 - 28700
20 - 25	30 - 53	31 - 63	21300 - 34900	24100 - 38700	28700 - 43700
25 - 30	40 - 110	40 - 135	40000 - 55200	44300 - 61300	50700 - 68800

30 - 35	21 - 46	21 - 63	51000-	68800	75000
35 - 40	24 - 58	24 - 85	73200	79000	88500
40 - 45	40 - 118	40 - 160	110000	120000	135000
45 - 50	40 - 118	40 - 160	127000	138000	155000
50 - 55	24 - 58	24 - 85	101000	109000	122000
55 - 60	24 - 58	24 - 85	110000	119000	133000
60 - 65	40 - 130	40 - 185	186500	197000	227000
65 - 70	42 - 170	42 - 215	214000	231000	260000
70 - 75	42 - 150	42 - 215	224000	244000	274000
75 - 80	26 - 63	26 - 95	148000	159000	178000
80 - 85	42 - 190	42 - 230	274000	296000	333000
85 - 90	40 - 120	40 - 175	240900 288000	259000 313000	290200 350800

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 3 - Размеры элементов круглой протяжки ГОСТ 20365-74 (выбор из ГОСТа)

До тв= Дп рот яжк и до	L  Общая длина протяжки, мм	l  м	l1  длина до перво го зуба, мм	l2  длина чернов ых зубьев, мм	l3  длина чистов ых зубьев, мм	Зубья протяжек				Число Выкру жек  N
						Черновые и переходные		Чистовые и калибрую щие		
						чис ло Z	tшаг, мм	Z	t1, мм	
14	460 - 590		255	84	99	12	7	18	5	4
15	580 - 655		270	162	113	18	9	16	6	4
20	550 - 625		270	144	113	16	9	16	6	6
25	800 - 875		320	262	161	20	13	16	9	6
30	775 - 875		345	208	161	16	13	16	9	6
36	600 - 700		295	140	129	10	7	16	7	8

40	850 - 950		370	252	177	18	14	16	10	8
45	650 - 750		320	176	129	16	11	16	7	10
50	650 - 750		320	176	129	16	11	16	7	10
55	650 - 750		320	176	129	16	11	16	7	10
60	690 - 790		350	176	129	16	11	16	7	12
65	690 - 790		350	176	129	16	11	16	7	12
70	1060-1160		465	288	225	16	18	16	13	12
75	1060-1160		485	288	225	18	18	16	13	12
80	825 - 925		400	324	225	18	18	16	13	14
85	875 - 975		425	224	177	16	14	10	7	14
90	1220-1320		510	360	241	18	20	16	14	14
10- 13	360 - 430		210	70 - 120	64 - 80,5	12 - 20	5 - 6	16 - 18	4 - 4,5	4

#### Усилие протягивания ГОСТ 18217-90

Для определения силы протягивания для закаленных сталей и других металлов величину $R_o$ следует умножить на коэффициент $K$		
Сталь I-У гр. обрабатываемости в закаленном состоянии	HB	
	<285	1,2
	285-375	1,3
Инструментальные легированные б/с стали марки X15	204-229	1,4
Чугуны У1-У11 гр. обрабатываемости	<229	0,5
	>229	0,7
Бронзы, латуни У111 и 1Х гр. обрабатываемости	<110	0,4
Алюминиевые сплавы Х гр. обрабатываемости	<110	0,4

Таблица 8 – краткая техническая характеристика протяжных горизонтальных станков

Станок	Номинальная тяговая сила Рс, кН	Длина хода каретки, мм	Скорость раб. хода, м/мин	Скорость обратн. хода, м/мин	Мощность эл. двиг. главного привода, кВт	Масса станка, т
7Б55У	98	1250	1,5-11,5	20-25	17	4,7
7Б56	196	1600	1,5-11,5	20-25	30	9,2
7Б55	98	1250	1,5-11,5	20-25	17	6,5
7Б57	32	2000	1,5-6,15	20-25	40	15,8
7Б54	49	1000	1,5-11,9	20-25	10	6,3
7Б58	74	2000	0,5-3,6	10	55	21,4
7А520	196	1600	1,5-11,0	25	20	9,0

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ №14

**Тема:** Расчет и конструирование протяжки.

**Цель занятия:** Закрепление знаний, приобретение умений и навыков расчета и конструирования протяжек, использования справочной литературы.

**Материальное обеспечение:**

- Методические указания к практической работе.
- Справочная литература:

### Список литературы

- Справочник технолога-машиностроителя, том 2; под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение. 1985г

- Ординарцев, И.Н. Справочник инструментальщика/ Под общ. ред. И.Н. Ординарцева. – С-П.: Машиностроение, 1987 - 846 с.
- Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие/ Н.А. Нефедов, К.А. Осипов – 5-е издание, доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1990 – 448 с.

#### Порядок выполнения работы

- Анализ исходных данных,
- расчет и конструирование круглой протяжки,
- составление отчёта,
- выполнение рабочего чертежа круглой протяжки.

Исходные данные: Рассчитать и сконструировать круглую протяжку для обработки цилиндрического отверстия диаметром  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  мм и длиной  $l_{и} = \underline{\hspace{1cm}}$  мм в заготовке зубчатого колеса из Стали 40х с  $\sigma_{в} = 207$  МПа. Отверстие протягивают после сверления до диаметра  $D_a = \underline{\hspace{1cm}}$  мм на горизонтально-протяжном станке 7A520. Патрон быстросменный автоматический ГОСТ16885—71.

Таблица- Исходные данные

№ варианта	D Н8	$l_{и}$	Dз Н12
1	20	18	18,5
2	25	20	24,2
3	30	30	28,8
4	35	32	33,6
5	40	40	38,5
6	22	20	20,2
7	32	35	30,4
8	42	25	39,8
9	28	30	26,2
10	38	20	36,4



## Теоретические сведения

Протягивание — механическая обработка внутренних и наружных поверхностей многолезвийным режущим инструментом (РИ) — протяжкой. Особенно эффективно протягивание сложных и фасонных профилей заготовок.

Метод находит широкое применение в массовом и серийном производствах. В мелкосерийном и единичном производствах обрабатывают поверхности, к которым предъявляются высокие требования к точности и параметрам шероховатости

Основное отличие протягивания от других методов обработки — отсутствует движение подачи  $D_s$ . Значение подачи заключено в конструкции самого РИ. Размер каждого последующего зуба протяжки по высоте, больше предыдущего на величину, численно равную подаче на зуб  $S_z$ . Каждый зуб один раз участвует в процессе резания.

Протягиванием обрабатывают различные внутренние и наружные поверхности.

Существует два варианта протягивания: свободное и координатное.

Протяжки работают на растяжение, сила резания прикладывается к замковой части. Если сила прикладывается к задней части протяжки, то такой метод обработки называют прошиванием, а РИ — прошивкой. Прошивка работает на сжатие и продольный изгиб. Прошивки чаще всего применяют для калибровки внутренних отверстий высокой точности. Иногда последние секции прошивки или протяжки выполняют полукруглыми для развальцовки — обработки давлением - сглаживания шероховатости и придания поверхности высоких эксплуатационных свойств.

При протягивании применяют профильную, генераторную и прогрессивные схемы срезания припуска.

При профильной схеме срезания припуска геометрическая форма всех зубьев подобна профилю окончательно обработанной поверхности заготовки. Эта схема резания имеет ограниченное применение вследствие трудности изготовления профильных протяжек и низкой производительности.

При генераторной схеме срезания припуск удаляется параллельными слоями. Квадратные, многогранные, координатные протяжки для срезания припуска изготавливают по генераторной схеме.

Прогрессивные схему резания используют, когда профильное и генераторное протягивание нецелесообразно по разным причинам.

## ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

**Исходные данные:** Рассчитать и сконструировать круглую протяжку для обработки цилиндрического отверстия диаметром  $D = 38,4 \text{ H}12 \text{ мм}$  и длиной  $l_{\text{и}} = 35 \pm \text{IT } 16/2 \text{ мм}(35 \pm 0,95)$  в заготовке зубчатого колеса из Стали 40х с  $\sigma_{\text{в}} = 207 \text{ МПа}$ . Отверстие протягивают после сверления до диаметра  $D_{\text{а}} = 40\text{H}8 (40+0,039)$  на горизонтально-протяжном станке 7А520. Патрон быстросменный автоматический ГОСТ16885—71.

### 1.1 Расчет припуска на обработку

Под припуском на обработку подразумевается слой металла, удаляемый с заготовки при протягивании.

Припуск на сторону отверстия под протягивание определяем по формуле:

$$A = 0,5 \times (D_{\text{max}} - D_{\text{min}}) \quad (1.1)$$

где  $D_{\text{max}}$  – наибольший диаметр протягиваемого отверстия, мм;

$D_{\text{min}}$  - минимальный диаметр отверстия заготовки под протягивание, мм.

$$A = 0,5 \times (40 - 38,4) = 0,8 \text{ мм}.$$

## 1.2 Расчет подъема на зуб при протягивании

Подъем на зуб (подача на зуб)  $S_z$  зависит от вида протяжки, от свойств обрабатываемого материала, жесткости детали и т.д.

Подъем на зуб на сторону принимаем  $S_z = 0,03 \text{ мм}$ .

Между режущими и калибрующими зубьями делают несколько зачищающих зубьев с постоянно убывающим подъемом на зуб. Принимаем  $z_c = 2$  и распределяем подъем на зуб следующим образом:

$$\frac{1}{2} \times S_z \approx \frac{1}{2} \times 0,03 \approx 0,015 \text{ мм}$$

$$\frac{1}{3} \times S_z \approx \frac{1}{3} \times 0,03 \approx 0,01 \text{ мм}$$

## 1.2 Выбор передних и задних углов зубьев протяжки

Геометрия зубьев протяжки определяется передним и задним углами (рисунок 1).

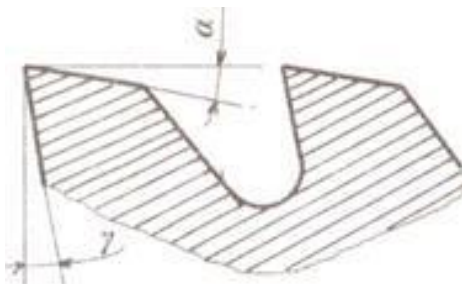


Рисунок 1 - Геометрические параметры зуба протяжки

Значение переднего угла на протяжках берется в пределах  $\gamma = 8 \dots 20^\circ$  в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемых материалов. Значения передних углов оказывают влияние на силу резания.

Геометрические элементы лезвия режущих и калибрующих зубьев:

$$\gamma = 10^\circ, \alpha = 3^\circ, \alpha_K = 1^\circ.$$

Предельное отделение передних углов всех зубьев  $\pm 2^\circ$ , задних углов режущих зубьев  $\pm 30'$ , задних углов калибрующих зубьев  $\pm 15'$ .

#### 1.4 Выбор шага и стружечных канавок между зубьями

Профиль, размеры и стружечных канавок между зубьями выбирают в зависимости от площади слоя металла, снимаемого одним режущим зубом протяжки. Необходимо, чтобы площадь сечения стружечной канавки между зубьями отвечала условию:

$$k = F_k / F_c = 2 \dots 5,$$

где  $k=4$  – коэффициент заполнения канавки;

$F_k$  - площадь сечения канавки,  $\text{мм}^2$ ;

$F_c$  - площадь сечения среза металла, снимаемого одним зубом,  $\text{мм}^2$ .

Находим:

$$F_c = \ell_s \times S_z, \quad (1.2)$$

$$F_c = 35 \times 0,03 = 1,05 \text{ мм}^2.$$

$$F_k = k \times F_c, \quad (1.3)$$

$$F_k = 4 \times 1,05 = 4,2 \text{ мм}^2.$$

Принимаем  $F_k = 4,2 \text{ мм}^2$ .

При прямолинейной форме стружечной канавки зуба принимаем: шаг протяжки  $t=6\text{мм}$ , глубина канавки  $h=2,6 \text{ мм}$ , длина задней поверхности  $b=2 \text{ мм}$ , радиус закругления канавки  $r=1\text{мм}$ .

Шаг калибрующих зубьев  $t_k$  круглых протяжек принимаем равным  $0,6 - 0,8$  шага режущих зубьев (для остальных типов протяжек  $t_k=t$ ). Для данного примера принимаем  $t_k=0,8 \times t=0,8 \times 6=4,8\text{мм}$ .

Для получения лучшего качества обработанной поверхности шаг зачищающих зубьев протяжки делают переменным: от  $t + (0,2 \dots 1)$  до  $t - (0,2 \dots 1\text{мм})$ . Принимаем изменение шага  $\pm 0,2\text{мм}$ . Тогда из двух смежных шагов один равен  $6+0,2=6,2\text{мм}$ , а

второй –  $6-0,2=5,8\text{мм}$ . Фаска  $f$  на калибрующих зубьях плавно увеличивается от первого зуба к последнему с  $0,2$  до  $0,6\text{мм}$ .

### 1.5 Расчет числа зубьев протяжки

Максимальное число одновременно работающих зубьев.

$$Z_{\max} = \ell_u / t + 1 = 35 / 6 + 1 \approx 7 \quad (1.4)$$

Определяем размеры режущих зубьев. Диаметр первого зуба принимаем равным диаметру передней направляющей части:

$$D_z = D - 2 \times A = 40 - 2 \times 0,8 = 38,4\text{мм} \quad (1.5)$$

Диаметр каждого последующего зуба увеличиваем на  $2S_z$ . На последних трех зачищающих зубьях, предшествующих калибрующим зубьям, подъем на зуб постепенно уменьшаем по данным п. 2.

Число режущих зубьев подсчитываем по формуле:

$$Z_p = \frac{A}{S_z} + (2...3), \quad (1.6)$$

где  $A$  – величина припуска под протягивание на сторону.

$$A = 0,5 \times (D - D_z) = 0,5 \times (40 - 38,4) = 0,8\text{мм}.$$

$$Z_p = \frac{0,8}{0,03} + 2 = 26,6$$

Принимаем  $Z_p = 27$ .

Диаметр калибрующих зубьев определяем по формуле:

$$D_k = D_{\max} \pm \delta, \quad (1.7)$$

где  $D_{\max} = 40,011\text{мм}$  – максимальный диаметр обработанного отверстия;

$\delta$  - изменение диаметра отверстия после протягивания.

$$D_k = 40,039 + 0,027 = 40,066 \text{ мм}.$$

В данном примере принимаем число калибрующих зубьев  $Z_k = 6$ .

Вычисленные размеры зубьев сводим в таблицу, помещаемую на рабочем чертеже протяжки.

Таблица 1 – Диаметры зубьев протяжки в мм

№ зуба	Диаметр	№ зуба	Диаметр
1	38,4	15	39,24
2	38,46	16	39,30
3	38,52	17	39,36
4	38,58	18	39,42
5	38,64	19	39,48
6	38,7	20	39,54
7	38,76	21	39,60
8	38,82	22	39,66
9	38,88	23	39,72
10	38,94	24	39,78
11	39	25	39,84
12	39,06	26	39,87
13	39,12	27	39,90
14	39,18		

### 1.6 Расчет конструктивных размеров хвостовой части протяжки

Длина протяжки от торца хвостовика принимается по станку в зависимости от патрона, толщины опорной плиты, зазора между ними, длины заготовки и других элементов и складывается из следующих размеров:

$$l_o = l_{\varepsilon} + l_z + l_c + l_n + l_{\pi}, \quad (1.8)$$

где  $l_{\varepsilon}$  - длина входа хвостовика в патрон, зависящая от конструкции патрона; принимаем  $l_{\varepsilon} = 140 \text{ мм}$ ;

$\ell_z$  - зазор между патроном и стенкой опорной плиты станка, равной 5...20мм;  
принимаем  $\ell_z = 15$ мм;

$\ell_c$  - толщина стенки опорной плиты станка; принимаем  $\ell_c = 60$ мм;

$\ell_n$  - высота выступающей части планшайбы; принимаем  $\ell_n = 30$ мм;

$\ell_h$  - длина передней направляющей с учетом зазора  $\Delta$ .

$$\ell_h = \ell_u + \Delta, \quad (1.9)$$

где  $\ell_u$  - длина протягиваемого отверстия.

$$\Delta = 0,5 \times t = 0,5 \times 6 = 3 \text{ мм.}$$

$$\ell_h = 35 + 3 = 38 \text{ мм.}$$

Находим  $\ell_o = 140 + 15 + 60 + 30 + 38 = 283 \text{ мм}$

Принимаем  $\ell_o = 283 \text{ мм.}$

Длина  $\ell_o$  должна быть проверена по станку с учетом длины протягиваемого изделия:

$$\ell_o \geq L_c; \text{ так как в нашем примере } h' = \ell_u = 35 \text{ мм, то } L_c = 220 + h' = 220 + 35 = 255 \text{ мм.}$$

$$283 \text{ мм} \geq 255 \text{ мм}$$

Выбираем конструктивные размеры хвостовой части протяжки по ГОСТ4044-70.

Принимаем хвостовик без предохранения от вращения с наклонной опорной поверхностью:

$$d_1 = 36 \text{ мм}; \quad d_2 = 28 \text{ мм}; \quad c = 1,5 \text{ мм}; \quad \ell_{xs} = \ell_1 = 140 \text{ мм}; \quad \ell_2 = 32 \text{ мм}; \quad \ell_3 = 32 \text{ мм}; \quad \ell_4 = 20 \text{ мм}; \\ r_1 = 0,4 \text{ мм}; \quad r_2 = 1,6 \text{ мм}; \quad \alpha = 30^\circ.$$

$$\text{Диаметр шейки: } d_4 = d_1 - 1 = 36 - 1 = 35 \text{ мм.}$$

Длина переходного конуса равен 5...40 мм, принимаем  $\ell_{пк} = 40$  мм. Диаметр передней направляющей принимаем равным диаметру предварительного отверстия заготовки с предельным отклонением по е7:

$$d_5 = 39,2e7$$

длина передней направляющей до первого зуба -

$$\ell_h = \ell_u + \Delta = 55 + 3,5 = 58,5 \text{ мм}$$

Длина шейки  $l_{ш}$  принимается конструктивно в зависимости от габаритов станка:

$$l_{ш} = l_0 - (l_{хв} + l_{пк} + l_{н}) = 283 - (140 + 40 + 38) = 65 \text{ мм}$$

Принимаем  $l_{ш} = 65 \text{ мм}$ .

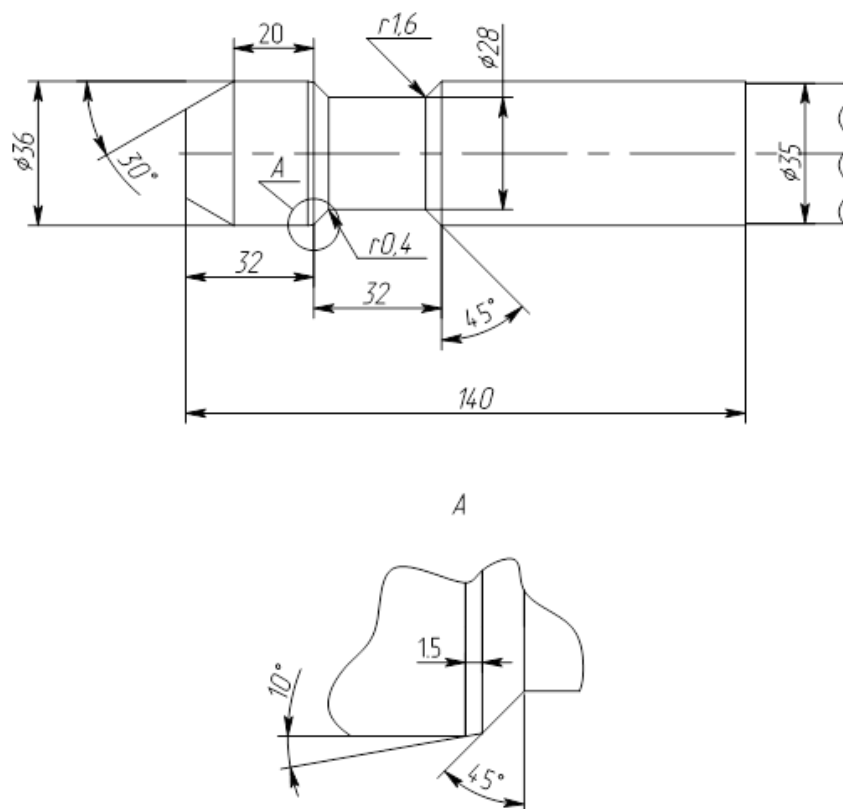


Рисунок 2 – Основные размеры хвостовика (ГОСТ 4044-70) в мм.

Диаметр задней направляющей протяжки должен быть равен диаметру протянутого отверстия с предельным отклонением по h5.

### 1.7 Расчет длины протяжки

Определяем общую длину протяжки.

$$L = l_0 + l_p + l_k + l_{зн} \quad (1.10)$$

Длина рабочей части:

$$l_p = l_v + l_z = t \times z_p + t \times z_z \quad (1.11)$$

где  $z_p$  - количество черновых зубьев;



$z_z$  - количество зачищающих зубьев.

$$\ell_p = 6 \times 24 + 6 \times 3 = 163 \text{ мм}.$$

Длина калибрующей части:

$$\ell_k = t_k \times z_k = 5,8 \times 8 = 46,4 \text{ мм}.$$

Принимаем  $\ell_k = 46,4 \text{ мм}$ .

Длина задней направляющей  $\ell_{зн}$  принимается в зависимости от диаметра задней направляющей  $D_{зн}$ . Этот диаметр равен диаметру протянутого отверстия:

$$D_{зн} = D_{\min} H5 = 40 \text{ мм}.$$

Выполненного с полем допуска h5, т.е.  $D_{зн} = 40h5$ ;  $\ell_{зн} = 40 \text{ мм}$ .

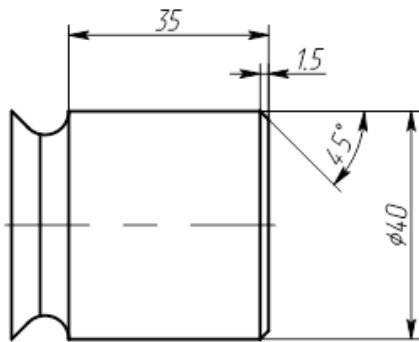


Рисунок 3 – Размеры задней направляющей протяжки.

Тогда:

$$L = 283 + 162 + 46,4 + 40 = 531,4 \text{ мм}.$$

Принимаем  $L = 531,7 \text{ мм}$ .

Если общая длина протяжки превышает наибольшую длину хода станка, то делают комплект протяжек. Общее число режущих зубьев делится на принятое число проходов. Диаметр первого режущего зуба протяжки данного прохода принимается равным диаметру калибрующих зубьев к протяжки предыдущего прохода.

### 1.8 Расчет протяжки на прочность

Определяем максимально допустимую силу резания:

$$P_{Z \max} = 9,81 \times C_p \times D \times S_z^y \times Z_{\max} \times k_y \times k_u \times k_c \quad (1.12)$$

где  $C_p$  - коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала и формы протяжки;  $C_p = 700$ ;

$y$  - показатель степени;  $y = 0,85$ ;

$k_y, k_u, k_c$  - поправочные коэффициенты соответственно на передний угол, на изнашивание инструмента и на СОЖ;  $k_y = 1,1$ ;  $k_u = 1$ ;  $k_c = 1$ .

$$P_{Z \max} = 9,81 \times 700 \times 40 \times 0,03^{0,85} \times 7 \times 1,1 \times 1 \times 1 = 107674 \text{ Н}$$

Полученная сила  $P_{Z \max}$  не должна превышать тяговую силу  $Q$  станка, приведенную в его паспортных данных. Если это условие не выполняется, необходимо уменьшить  $Z_{\max}$  (т.е. увеличить шаг зубьев) или уменьшить подъем на зуб  $S_z$ . В данном случае тяговая сила станка приблизительно равна 200000Н, следовательно обработка возможна.

Проверяем конструкцию протяжки на прочность.

Рассчитаем конструкцию на разрыв во впадине первого зуба по формуле:

$$\sigma = \frac{P_{Z \max}}{F_{\min}} \leq [\sigma] \quad (1.13)$$

где  $\sigma$  - нормальное напряжение, возникающее в опасном сечении протяжки;

$P_{Z \max}$  - наибольшая сила резания при протягивании;

$F_{\min}$  - наименьшая площадь поперечного сечения протяжки;

$[\sigma]$  - допускаемое напряжение на разрыв материала протяжки в проверяемом сечении.

$$F_{\min} = \frac{\pi \times (D - 2 \times h)}{4} = \frac{3,14 \times (38,4 - 2 \times 3)^2}{4} = 875 \text{ мм}^2 \quad (1.14)$$

Напряжение в опасном сечении:

$$\sigma = \frac{107674}{875} = 123 \times 10^6 \text{ Па} = 123 \text{ МПа}$$

Напряжение в опасном сечении  $\sigma$  не должно превышать допустимого

$$[\sigma_k] = 350 \text{ МПа}$$

$$141 \text{ МПа} \leq 350 \text{ МПа}.$$

Приведем аналогичный расчет для сечения хвостовика ( $d_2 = 28 \text{ мм}$ ):

$$F = \frac{\pi \times d_2^2}{4} = \frac{3,14 \times 28^2}{4} = 615 \text{ мм}^2$$

$$\sigma = \frac{107674}{615} = 219 \times 10^6 \text{ Па} = 175 \text{ МПа}$$

Полученное напряжение  $\sigma = 199 \text{ МПа}$  также допустимо для хвостовика из легированной стали 40Х.

Рассчитаем хвостовик на смятие:

$$\frac{P_{z \text{ max}}}{F_1} \leq \sigma_{см} \quad (1.15)$$

где  $F_1$ - опорная площадь замка.

$$F_1 = \frac{\pi \times (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{3,14 \times (36^2 - 28^2)}{4} = 402 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{107674}{402} = 267 \text{ МПа}$$

Допустимое напряжение при смятие не должно превышать 600 МПа, что выполняется,  $305 \text{ МПа} \leq 600 \text{ МПа}$ . Для данных условий работы режущую часть протяжки изготавливают из стали Р6М5, а хвостовик – из стали 40Х.

Вывод: в работе произведен расчет и конструирование круглой протяжки: выбран материал для изготовления протяжки; выбрана схема резания и подъем на зуб при протягивании; выбраны передние и задние углы зубьев протяжки; выбран шаг и профиль стружечных канавок между зубьями; подсчитано число зубьев протяжки;

выбраны размеры и форма хвостовика, шейки, переходного конуса, передней и задней направляющих; рассчитана протяжка на прочность; определена общая длина протяжки; по данным расчета выполнен чертеж протяжки.

Выполняется пабочий чертёж протяжки.

#### Список литературы

1. Пачевский, В.М. Режущий инструмент: Учебное пособие для вузов/В.М. Пачевский, Э.М. Янцов. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2003 - 193 с.
2. Схиртладзе, А.Г. Металлообрабатывающие инструменты в машиностроении: Учебное пособие для вузов/А.Г. Схиртладзе, А.Г. Гречишников, В.А. Чупина, Л.А. Пульбере, А.И. Иванова. - 2-е изд., доп. и перераб. – Екатеринбург – Ижевск.: Издательство института экономики Иро РАН, 2004 – 318 с.
3. Балашов, В.М., Режущие инструменты: Учебное пособие для вузов/ В.М. Балашов, В.Н. Гречишников, А.И. Матвеев и др. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2002 – 244 с.
4. Ординарцев, И.Н. Справочник инструментальщика/ Под общ. ред. И.Н. Ординарцева. – С-П.: Машиностроение, 1987 - 846 с.
5. Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие/ Н.А. Нефедов, К.А. Осипов – 5-е издание, доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1990 – 448 с.

№	Задача №1	Задача №2	Тем
---	-----------	-----------	-----

а: Расчет режима резания при шлифовании.

Цель занятия: приобретение умений и навыков назначения режимов резания, использования справочной литературы.

Материальное обеспечение:

- Методические указания к практической работе.

- Справочная литература:

1. Справочник технолога-машиностроителя, том 2; под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение. 1985г.

2. Справочник

Условия задач: (Исходные данные приведены в таблице)

Задача №1.

Шлифовать шейку вала  $D=...h7$  мм, длиной .... мм, припуск ... мм, СПИД – жесткая, станок круглошлифовальный 3М131, заготовка из углеродистой закаленной стали.  $Ra = 1,63$  мм.

Задача №2.

Шлифовать сквозное отверстие  $D=...H7$  мм, длиной .... мм, припуск ... мм, СПИД – жесткая, станок внутришлифовальный 3К228, заготовка из углеродистой закаленной стали.  $Ra = 1,63$  мм.

Задача №3.

Шлифовать плоскость шириной ... мм, длиной ...мм, припуск ... мм, СПИД – жесткая, станок плоскошлифовальный 3П722, заготовка из углеродистой закаленной стали.  $Ra = 1,63$  мм. (Плоское шлифование периферией круга).

	D <sub>3</sub>	l	h	D <sub>3</sub>	l	h
1	70	200	0,35	80	70	0,4
2	80	300	0,36	85	80	0,3
3	90	350	0,34	70	90	0,5
4	100	370	0,43	75	65	0,2
5	110	200	0,25	60	95	0,4
6	120	210	0,44	65	75	0,25
7	130	220	0,35	100	85	0,35
8	140	230	0,50	90	90	0,45
9	150	250	0,40	95	95	0,5
10	160	270	0,30	105	75	0,4

Таблица – Исходные данные

Порядок выполнения работы:

- Анализ исходных данных (условия задачи).
- Выбор схемы резания.
- Выбор режущего инструмента.

- Назначение режима резания.
- Определение основного технологического времени.

## Методика решения задачи №1

### Схема резания

Круг шлифовальный:  $D_k = 600\text{мм}$ ,  $B_k = 63\text{ мм}$ , ПП 24А 40Н СМ1 7 К5 А

### Режим резания

3.1 Главное движение резания – вращение круга  $D_r$

- скорость резания

определим по таблице  $V - 1$ , стр. 301

$$V = \pi * D_k * n / (1000 * 60) \quad \text{м/с}$$

- частота вращения

$$n = 1000 * V * 60 / (\pi * D_k) \quad \text{об/мин}$$

корректируем по паспорту станка, принимаем действительную

$$n_d = \dots$$

- действительная скорость резания

$$V = \pi * D_k * n_d / (1000 * 60) \quad \text{м/с}$$

3.2 Окружная подача – вращение заготовки  $D_{сокр}$

- скорость подачи

определим по таблице  $V_{сокр} - 1$ , стр. 301

$$V_{сокр} = \pi * D_z * n_z / 1000 \quad \text{м/мин}$$

- частота вращения заготовки

$$n_z = 1000 * V_{сокр} / (\pi * D_z) \quad \text{об/мин}$$

3.3 Продольная подача заготовки  $D_{спр}$

$$S_{спр} = p * B_k \quad \text{мм/мин} \quad p - 1, \text{ стр. 301}$$

-скорость продольной подачи

$$V_{спр} = S_{пр} * n_z \text{ мм/мин}$$

3.4 Поперечная подача заготовки  $D_{ст}$

$$S_t = t \text{ мм} - 1, \text{ стр. 301}$$

Мощность резания

$$N = C * r^x * V_{сокp}^y * S_t^q * S_{пр} * D_z$$

где  $r, x, y, q$  - 1, стр. 303

Основное технологическое время

$$T_o = L * h * K / (V_{спр} * S_t^*)$$

Методика решения задачи №2

1) Схема резания

2) Круг шлифовальный:  $D_k = (0,75 \dots 0,95) * D_z \text{ мм}$ ,  $B_k = 63 \text{ мм}$ ,  
ПП 24А 40Н СМ1 7 К5 А

3) Режим резания

3.1 Главное движение резания – вращение круга  $D_r$

-скорость резания

определим по таблице  $V$  - 1, стр. 301

$$V = \pi * D_k * n / (1000 * 60) \text{ м/с}$$



-частота вращения

$$n = 1000 * V * 60 / (\pi * D_k) \quad \text{об/мин}$$

корректируем по паспорту станка, принимаем действительную

$$n_d = \dots$$

-действительная скорость резания

$$V = \pi * D_k * n_d / (1000 * 60) \quad \text{м/с}$$

### 3.2 Окружная подача – вращение заготовки $D_{сокр}$

- скорость подачи

определим по таблице  $V$  - 1, стр. 301

$$V_{сокр} = \pi * D_z * n_z / 1000 \quad \text{м/мин}$$

-частота вращения заготовки

$$n_z = 1000 * V_{сокр} / (\pi * D_z) \quad \text{об/мин}$$

### 3.3 Продольная подача заготовки $D_{спр}$

$$S_{пр} = p * B_k \quad \text{мм/мин} \quad p - 1, \text{ стр. 301}$$

-скорость продольной подачи

$$V_{спр} = S_{пр} * n_z \quad \text{мм/мин}$$

### 3.4 Поперечная подача заготовки $D_{st}$

$$S_t = t \quad \text{мм} \quad - 1, \text{ стр. 301}$$

## 4) Мощность резания

$$N = C * V_{сокр}^r * S_t^x * S_{пр}^y * D_z^q$$

$r, x, y, q$  - 1, стр. 303

5) Основное технологическое время

$$T_o = 2 * L * h * K / (V_{спр} * St^*)$$

Методика решения задачи №3

1.1. Схема резания:

1.2. Определение поперечной подачи стола  $S_{поп}, \frac{мм}{ход}$ . [1, с.302].

1.3. Определение скорости вращения изделия  $V_d, \frac{м}{мин}$ . [1, с.302].

1.4. Определение подачи на глубину на рабочий ход  $S_{верт}, \frac{мм}{ход}$ . [1, с.302].

1.4.1. Определение поправочных коэффициентов для подачи на глубину. [1, с.302].

1.4.2. Определение приведенной ширины шлифования  $B_{пр}$ , мм:

$$B_{пр} = \sum B_D + B_{кр} + 5$$

$\sum B_D$  - суммарная ширина шлифуемых деталей, включая просветы между деталями.

$B_{кр}$  - ширина круга.

1.4.3. Определение степени заполнения стола:

$$\frac{\sum F_D}{B_{пр} \cdot L}$$

$\sum F_D$  - суммарная площадь шлифуемых поверхностей изделий;

$L$  - длина шлифованных изделий, мм

$$L = L_{шл} + (20..30)$$

$L_{шл}$  — длина шлифования, включая просветы между изделиями, установленными на столе.

1.4.4. Определение рабочей подачи на глубину на рабочий ход  $S_{\text{верт.р.}}$ ,  $\frac{\text{мм}}{\text{ход}}$  :  
$$S_{\text{верт.р.}} = S_{\text{верт.}} \cdot K_1 \cdot K_2$$

1.5. Расчет основного времени:

$$T_o = \frac{L \cdot B_{\text{пр}} \cdot Z}{1000 \cdot V_{\phi} \cdot S_{\text{нон}} \cdot S_{\text{верт.р.}} \cdot q}, \text{ мин}$$

$Z=h$  — припуск на обработку.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: «Измерение геометрических параметров токарных резцов»

Цель: Ознакомиться с основными типами токарных резцов и их назначением; приобретение навыков в измерении конструктивных и геометрических параметров токарных резцов. Приобрести умения и навыки по определению и измерению геометрических параметров резцов.

Оборудование:

- токарные резцы
- штангенциркуль
- линейка
- Универсальные угломеры

Порядок выполнения работы:

- определение типа, назначения резца
- анализ составных частей резца
- определение материала режущей и крепежной частей резца
- измерение главных углов в главной секущей плоскости
- измерение вспомогательного заднего угла во вспомогательной секущей плоскости
- измерение углов в плане в основной плоскости

- измерение угла наклона главной режущей кромки в плоскости резания
- выполнение эскизов резцов.
- составление отчета

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Многообразие видов поверхностей, обрабатываемых на станках токарной группы, привело к созданию большого количества различных типов токарных резцов. Кроме того, можно считать, что резец лежит в основе любого металлорежущего инструмента. поэтому изучение геометрии токарного резца имеет весьма важное значение.

Токарные резцы подразделяют по назначению, материалу рабочей части, форме головки и направлению подачи, конструкции, сечению тела резца (стержня).

**По назначению** различают резцы проходные, подрезные, отрезные, расточные, фасонные и резьбовые. На рис. 1.1. показаны наиболее часто применяемые типы токарных резцов.

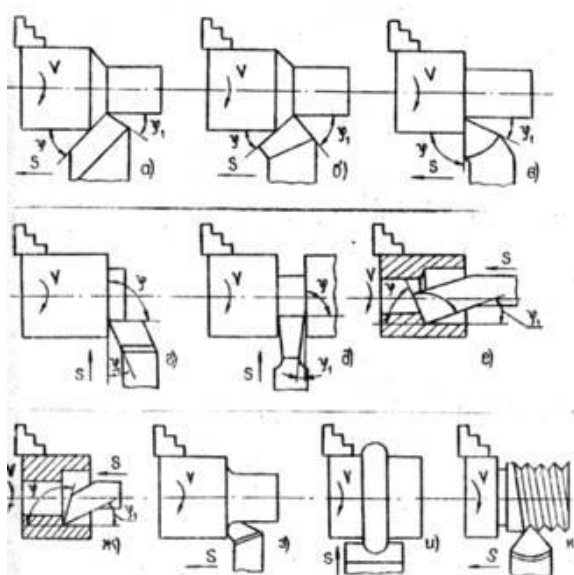


Рис. 1.1. Типы токарных резцов и виды работ, выполняемых ими. Проходные резцы (черновые и чистовые) применяют для наружного точения (рис. 1.1. а, б).

Проходной упорный резец (рис. 1.1 в) имеет главный угол в плане  $\phi = 90^\circ$  с продольной подачей одновременно подрезает торец. Подрезные резцы (рис. 1.1., г)

применяют, в основном, для подрезания торцов; они работают с поперечной подачей.

Отрезные резцы (рис. 1.1., д) применяют для отрезания заготовок и точения канавок. Отрезной резец имеет одну главную и две вспомогательные режущие кромки. Для уменьшения трения вспомогательные задние  $\alpha_1$  затачивают под углами  $\alpha_1 = 1,5...2^\circ$ . Расточные резцы применяют для растачивания отверстий, предварительно просверленных или полученных в процессе штамповки или отливки. Расточные резцы используют для растачивания сквозных отверстий (рис. 1.1., е) и глухих отверстий (рис. 1.1, ж). Резцы для растачивания глухих отверстий имеют главный угол в плане  $\varphi = 45...60$ . Галтельные резцы – фасонные (рис. 1.1, з) применяют для точения закруглений (галтелей).

Фасонные резцы (рис. 1.1, и) предназначены для точения поверхностей, имеющих сложную форму (то есть, так называемых фасонных поверхностей). Они работают, как правило, с поперечной подачей.

Резьбовые резцы (рис. 1.1, к) предназначены для нарезания как наружных, так и внутренних резьб. Они работают с продольной подачей; величина подачи равна шагу нарезаемой резьбы ( $t_p$ ). При этом профиль резца соответствует профилю нарезаемой резьбы. В качестве материала рабочей части токарных резцов используют быстрорежущие стали, твердые сплавы и металлокерамику. Углеродистые и легированные инструментальные стали используют редко.

**По направлению подачи** проходные резцы подразделяют на правые и левые. У правых резцов (рис. 1.1, а, б) главная режущая кромка расположена с левой стороны, и они работают с право налево (от задней бабки к передней). У левых резцов главная режущая кромка расположена справа, и работают они в обратном направлении, то есть от передней бабки к задней.

**По форме головки** резцы могут быть прямыми (рис. 1.1., а), отогнутыми вправо или влево (рис. 1.1, б, г), изогнутыми вверх или вниз и оттянутыми (рис. 1.1. д).

**По сечению** стержня различают резцы прямоугольные, квадратные, призматические и круглые.

**По конструкции** резцы могут быть цельные (головка и тело сделаны из одного материала), с приваренной встык головкой (например, головка из быстрорежущей стали, а державка резца – из малоуглеродистой стали), с припаянной пластинкой (твердого сплава или быстрорежущей стали) и резцы с механическим креплением режущих пластинок. В последнее время в промышленности широко применяются резцы с многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами.

**Элементы и части резца:** Резец состоит (рис.1.2) из головки А, которая является его рабочей частью, и тела Б, служащего для закрепления резца в резцедержателе. На рабочей части имеются следующие элементы:

- передняя поверхность  $A_v$  - 1, по которой ходит стружка;
- главная задняя поверхность  $A_\alpha$  - 2, обращенная к обрабатываемой поверхности заготовки;
- вспомогательная задняя поверхность  $A_{\alpha 1}$  - 3, обращенная к обработанной поверхности заготовки;

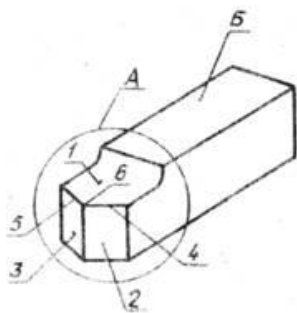


Рис. 1.2. Элементы и части токарного резца.

- главная режущая кромка К - 4, образованная пересечением передней поверхности с главной задней;
- вспомогательная режущая кромка 5, образованная пересечением передней поверхности с вспомогательной задней;
- вершина резца 6, образованная пересечением главной и вспомогательной режущих кромок.

**Поверхности заготовки и координатные плоскости резца**

На обрабатываемой заготовке различают следующие поверхности (рис.1.3): обрабатываемую поверхность 1, представляющую собой поверхность, с которой срезается слой металла, называемый припуском; обработанную поверхность 3, то есть поверхность, полученную после снятия стружки, и поверхность резания 2, образуемую непосредственно главной режущей кромкой резца.

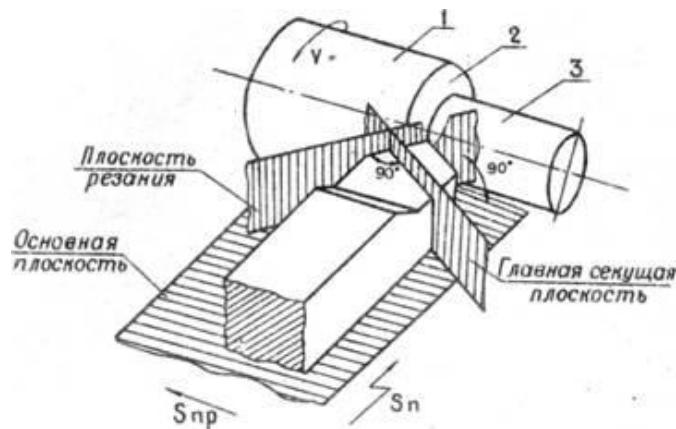


Рис. 1.3. Поверхности заготовки и координатные плоскости резца. Для определения углов резца принято 5 координатных плоскостей.

**Углы резца:** У резца различают главные и вспомогательные углы. Главные углы измеряют в главной секущей плоскости  $N-N$  (рис. 1.4).

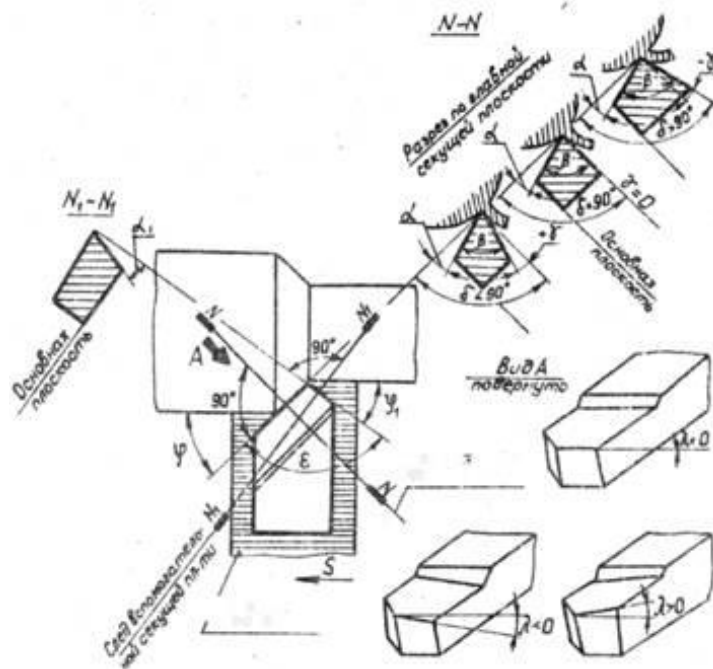


Рис. 1.4. Углы резца

- Главный задний угол  $\alpha$  это угол между главной задней поверхностью и плоскостью резания. Он служит для уменьшения трения между задней поверхностью резца и поверхностью резания. Однако при значительном увеличении заднего угла снижается прочность резца. Обычно задний угол  $\alpha^\circ$  резцов лежит в пределах 6...12.

-Передний угол  $\gamma$  - это угол между передней поверхностью резца и основной плоскостью. С увеличением переднего угла облегчается врезание резца в металл, уменьшается деформация срезаемого слоя (стружки), облегчается сход стружки, уменьшается силы резания и расход энергии. Вместе с тем, увеличение переднего угла приводит к уменьшению прочности режущего клина.

-Угол заострения  $\beta$  это угол между передней и главной задней поверхностями резца. Уменьшение угла режущего клина и снижению его прочности, а также к ухудшению отвода тепла от режущей кромки резца.

- Угол резания  $\delta$  это угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

$$\gamma + \alpha + \beta = 90^\circ$$

$$\delta = 90 - \gamma \quad \beta = 90 - \gamma - \alpha$$

- Вспомогательный задний угол  $\alpha_1$ , измеряемый во вспомогательной секущей плоскости  $NI-NI$  (рис. 1.4) и представляющий собой угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости.

- Главный угол в плане -  $\varphi$

- Вспомогательный угол в плане -  $\varphi_1$

- Угол при вершине -  $\varepsilon$

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$$

*Угломер* для измерения углов призматических резцов. Угломер (рис. 1.5) состоит из основания 1, стойки 2, по которой перемещается сектор 5 со шкалой, поворотного шаблона с указателем 4 и зажимного винта 3. Сектор может передвигаться вдоль стойки, поворачиваться вокруг ее оси и в нужном положении закрепляться винтом 3. Шаблон 4 имеет в нижней части два взаимно перпендикулярных ребра. На



секторе 5 нанесены деления. Риска на верхней части шаблона 4 указывает на шкале сектора величину измеряемого угла. Положение шаблона 4 относительно сектора 5 фиксируется винтом 3.

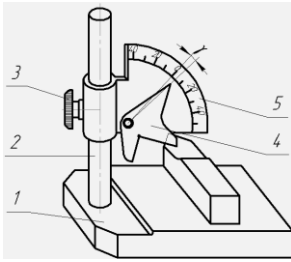


Рис. 1.5. Измерение переднего угла  $\gamma$  токарного проходного резца

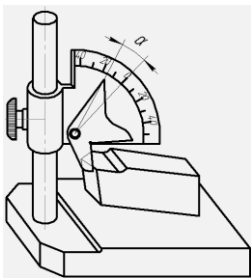


Рис. 1.6. Измерение угла  $\alpha$  токарного проходного резца

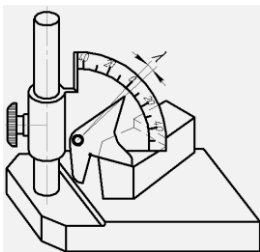


Рис. 1.7. Измерение угла  $\lambda$  токарного проходного резца

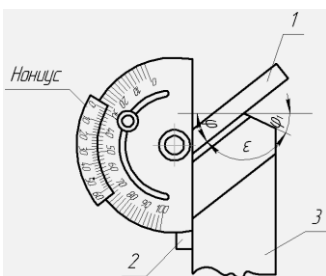


Рис. 1.8. Измерение угла  $\phi$  токарного проходного резца

*Универсальный угломер.* Для измерения углов в плане  $\phi$ ,  $\phi_1$ ,  $\epsilon$  применяется универсальный угломер. На рис. 1.8 показано измерение угла  $\phi$  универсальным угломером.

## ***Охрана труда и техника безопасности***

При проведении работы в лаборатории должны выполняться требования действующей инструкции по технике безопасности. В данной работе следует особое внимание обращать на опасность травматизма при обращении с остро заточенными лезвиями металлорежущих инструментов. Необходимо предотвращать падение инструментов и случайное резкое воздействие их лезвий на кожный покров человека.

### ***Содержание отчёта:***

в отчёте следует указать:

- Наименование работы.
- Цель работы.
- Используемое оборудование, инструменты.
- Заполнить Таблицу 1 - Результаты измерений.
- Эскиз резца.
- Выводы о результатах выполненной работы.

ТАБЛИЦА 1 – РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Наименование, тип и назначение резца		1		
Крепежная часть резца (стержень, державка)	Материал стержня	2		
	Длина стержня в мм	3		
	Размеры сечения стержня (ВхН) в мм	4		
Режущая часть резца (лезвие)	Материал режущей части	5		
	Форма заточки передней поверхности $A\gamma$	6		
	Форма режущей кромки $K$	7		
Углы	Главный передний угол $\gamma$	8		
	Главный задний угол $\alpha$	9		
	Угол заострения $\beta$	10		
	Угол резания $\delta$	11		
	Вспомогательный задний угол $\alpha_1$	12		
	Главный угол в плане $\varphi$	13		
	Вспомогательный угол в плане $\varphi_1$	14		

резца	Угол при вершине $\varepsilon$	15		
	Угол наклона главной режущей кромки $\lambda$	16		

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

**Тема:** «Измерение геометрических параметров сверла»

**Цель:** Приобрести умения и навыки по определению и измерению геометрических параметров сверла

Оборудование:

- сверло спиральное, цельное
- штангенциркуль
- линейка
- Универсальный угломер
- кронциркуль
- транспортёр

Порядок выполнения работы:

- определение типа, назначения сверла
- анализ составных частей сверла
- определение материала режущей и крепежной частей сверла
- измерение углов сверла
- выполнение эскиза

Теоретическая часть

Сверление - основной метод получения отверстий в сплошном материале. Сверлением получают отверстия 11...12 качества с шероховатостью обработанных поверхностей  $R_z = 20...80$  мкм.

Процесс резания осуществляется за счет двух совместных движений: вращения сверла или детали вокруг оси отверстия (главное движение резания  $Dr$ ) и поступательного движения сверла вдоль оси (движение подачи  $Ds$ ). На сверлильных станках сверло совершает оба движения, на токарных станках вращается заготовка, сверлу придается движение подачи.

Сверло спиральное состоит из рабочей части, включающей режущую и направляющую части, шейки и хвостовика. Конические хвостовики сверл имеют лапку, цилиндрические выполняются с поводком или без поводка.

Поверхности лезвий сверла и его режущие кромки показаны на рисунке 1,2:

- 1 - передняя поверхность лезвия - часть поверхности винтовой стружечной канавки;
- 2 - главная задняя поверхность лезвия может быть конической поверхностью, винтовой или плоскостью;
- 3 - вспомогательная задняя поверхность лезвия (ленточка) – часть конической поверхности с очень малой конусностью, ось которой совпадает с осью сверла;
- 4 - главная режущая кромка, образуемая пересечением передней и главной задней поверхностей;
- 5 - вспомогательная режущая кромка, образуемая пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей;

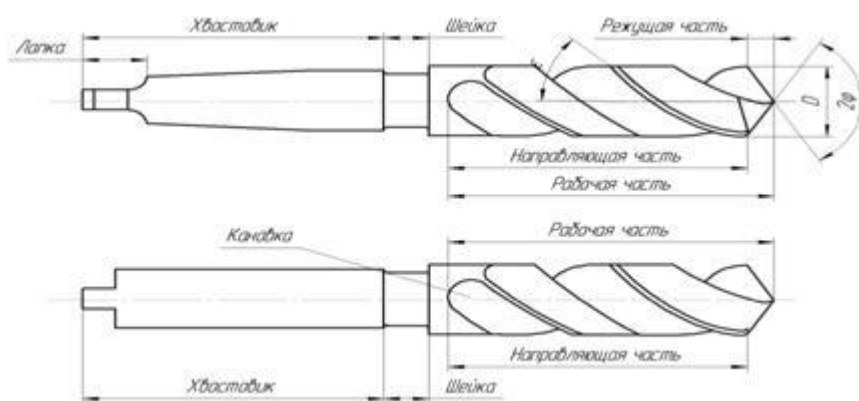


Рис. 1. Конструктивные элементы сверла

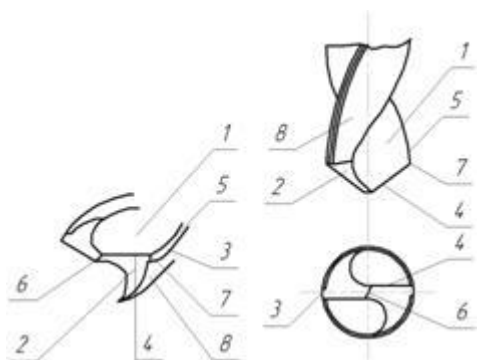


Рис. 2. Поверхности лезвий сверла и его режущие кромки

6 - поперечная кромка (перемычка) образуется при пересечении двух главных задних поверхностей сверла;

7 - вершина лезвия – точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок;

8 - спинка сверла – заниженная относительно ленточки поверхность, предназначенная для уменьшения трения между сверлом и обработанной поверхностью отверстия.

Геометрические параметры сверла изображены на рис. 3. Передний угол сверла  $\gamma$  измеряется в плоскости  $N-N$ , проходящей через точку режущей кромки, нормально к ней. Задний угол  $\alpha$  измеряется в плоскости  $O-O$ , проходящей через эту же точку, касательно к образующему цилиндру, на котором лежит рассматриваемая точка (параллельно оси сверла).

Передний угол  $\gamma$  - угол между касательной к передней поверхности и нормалью в этой же точке к поверхности, которую описывает режущая кромка при вращении ее вокруг оси сверла (усеченный конус). Значение переднего угла является величиной переменной вдоль режущей кромки и зависит от диаметра, на котором лежит рассматриваемая точка. Максимальное значение  $\gamma$  – на периферии сверла (в плоскости  $N1-N1$ ) и минимальное – в районе перемычки.

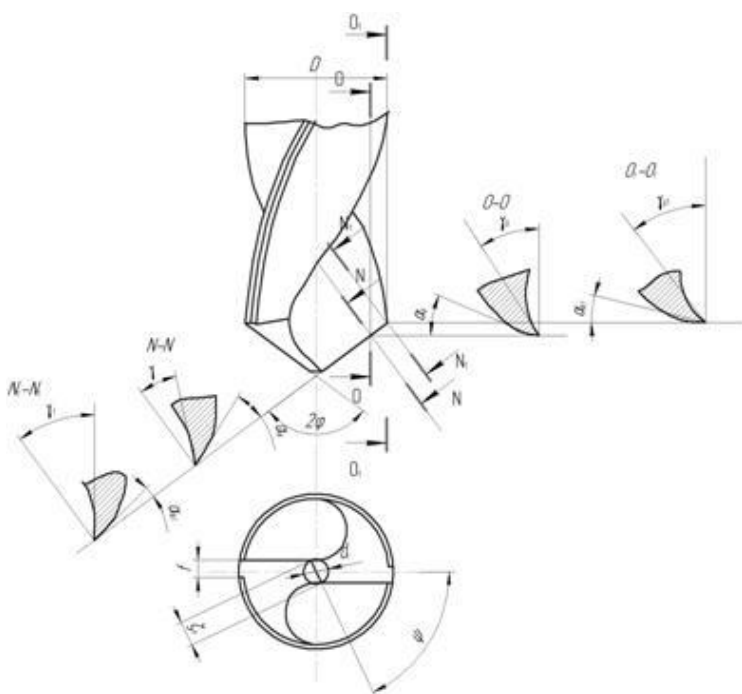


Рис. 3. Статические углы сверла

Задний угол  $\alpha$  - угол между касательной к окружности, которую описывает точка режущей кромки при вращении ее вокруг оси сверла и касательной в той же точке к задней поверхности сверла. Значение заднего угла является также величиной переменной, максимальное значение – в районе перемычки, а минимальное значение – на периферии сверла (в плоскости  $O1-OI$ ).

Угол при вершине  $2\phi$  измеряется между проекцией двух режущих кромок (рис 6.3), образуется заточкой сверла. Величина угла  $2\phi$  зависит от твердости и прочности материала. Значения угла  $2\phi$  лежат в пределах от  $70^\circ$  до  $140^\circ$ .

Угол  $\phi_1$  образуется за счет обратной конусности направляющей части сверла и предназначен для исключения возможности защемления сверла в отверстии. Значения угла  $\phi_1$  не превышают  $0,5^\circ$ – $1,5^\circ$ .

Угол  $w$  - угол наклона винтовой канавки. Измеряется между касательной к винтовой канавке и осью сверла (рис. 6.1). Значение угла  $w$  является величиной переменной, уменьшается от периферии к центру сверла, зависит от свойств обрабатываемого материала и находится в пределах  $15^\circ$ – $45^\circ$ .

Угол наклона перемычки  $\psi$  находится между проекцией главной режущей кромки и перемычки на плоскость, перпендикулярную к оси сверла.

Так же, как и при точении, при сверлении имеют место кинематические (рабочие) углы, которые измеряются относительно линии резания.

## Методические указания по выполнению работы

### *1. Измерение конструктивных и геометрических элементов сверла*

Конструктивные элементы сверла измеряются универсальными инструментами - штангенциркулем, микрометром, универсальным угломером и другими средствами, имеющимися в распоряжении лаборатории резания. Приемы измерений представлены на рис.



Рис. 4. Измерение диаметра сверла штангенциркулем



Рис. 5. Измерение толщины сердцевины сверла

Угол наклона винтовой стружечной канавки  $w$  определяют либо непосредственным измерением настольным угломером, либо определяют по отпечатку, получаемому путем прокатывания сверла по бумаге и измеряемому универсальным угломером (рис. 9).

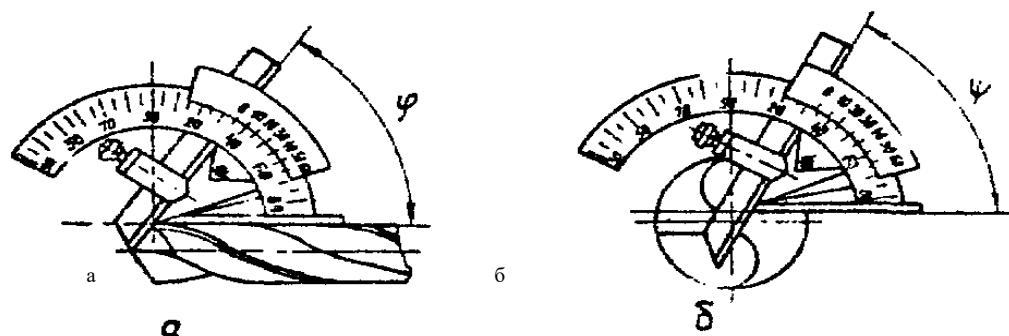


Рис. 6 Контроль геометрических спиральных сверл с помощью угломера

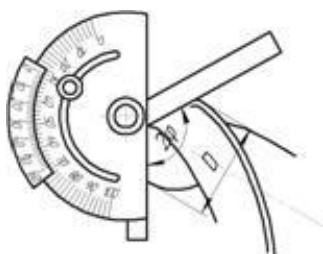


Рис. 7 Измерение угла при вершине универсальным угломером

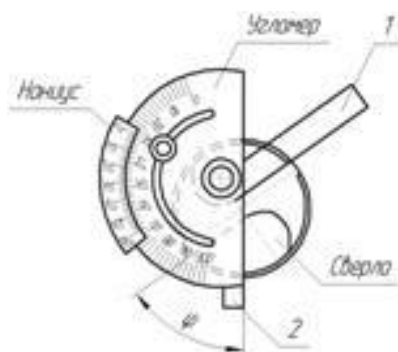


Рис. 8 Измерение угла наклона поперечной кромки универсальным угломером





Рис. 9. Измерение угла наклона винтовой канавки  $\alpha$

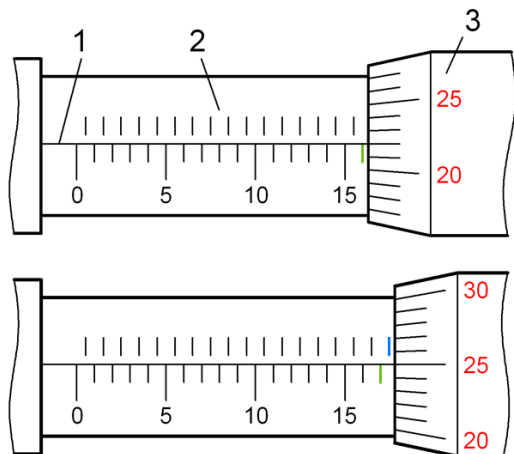
### **Устройство гладкого микрометра типа МК-25**

Основные элементы конструкции гладкого микрометра:



1. Скоба должна быть жесткой, её деформация приводит к ошибке измерения.
2. Пятка может быть запрессована в корпус, а может быть сменной.
3. Микрометрический винт, который перемещается при вращении трещотки 7.
4. Стопорное устройство выполнено в виде винтового зажима. Используется для фиксации микрометрического винта при настройке прибора или снятии показаний.
5. Стебель. На него нанесены две шкалы: пронумерованная (основная) показывает количество целых миллиметров, дополнительная – количество половин миллиметров.
6. Барабан, по которому отсчитывают десятые и сотые доли миллиметра. Торцев барабана также является указателем для шкалы стебля 5.
7. Трещотка для вращения микрометрического винта 3 и регулировки усилия.
8. Эталон для проверки и настройки инструмента.

## *Измерение диаметров микрометром*



Указателем при отсчете по шкале стебля 2 служит торец барабана 3, а продольный штрих 1 является указателем для круговой шкалы барабана 3. Пронумерованная шкала стебля 2 (нижняя) показывает количество миллиметров, а его дополнительная шкала (верхняя) служит для подсчета половин миллиметров.

Последний полностью открытый барабаном штрих пронумерованной миллиметровой шкалы (нижней) стебля составляет целое число миллиметров. Если правее этого штриха имеется открытый штрих дополнительной шкалы (верхней), нужно прибавить 0,5 мм к полученному значению.

При отсчете показаний круговой шкалы 3 в расчет берут то её значение, которое совпадает с продольным штрихом 1. Таким образом, на верхнем изображении показания прибора составляют:

- $16 + 0,22 = 16,22$  мм.
- $17 + 0,5 + 0,25 = 17,75$  мм.

### *Порядок проведения измерений микрометром*

Рабочие поверхности микрометра разводят на величину чуть большую, чем размер измеряемой детали. Торцевые поверхности пятки и микрометрического винта имеют высокую твердость для устойчивости к истиранию.

Пятку слегка прижимают к детали и вращают микрометрический винт с помощью трещотки до соприкосновения его с измеряемой поверхностью. Трещотка служит для регулирования усилия натяга — делается обычно 3 — 5 щелчков. Положение микрометрического винта фиксируют с помощью стопорного устройства для того, чтобы не сбить показания при считывании значений со шкалы.

В процессе работы с микрометром его следует держать за скобу таким образом, чтобы была видна шкала стебля, и показания можно было снять на месте.

При измерении диаметра вала, измерительные поверхности нужно выставлять в диаметрально противоположных точках. При этом пятка прижимается к валу, а микрометрический винт, который медленно вращают трещоткой, последовательно выравнивается в двух направлениях: осевом и радиальном. После работы необходимо проверить точность инструмента с помощью эталона.

#### **4. Охрана труда и техника безопасности**

При проведении работы в лаборатории должны выполняться требования действующей инструкции по технике безопасности. В данной работе следует особое внимание обращать на опасность травматизма при обращении с остро заточенными лезвиями металлорежущих инструментов. Необходимо предотвращать падение инструментов и случайное резкое воздействие их лезвий на кожный покров человека.

#### **5. Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Ознакомиться с содержанием и методикой проведения работы.
2. Изучить конструкцию сверла, принцип действия измерительных приборов.
3. Измерить конструктивные параметры сверла и углы. Результаты измерений занести в таблицу.
4. Зарисовать эскиз сверла с простановкой всех линейных и угловых размеров.

#### **6. Содержание отчета**

1. Тема работы.
2. Цель работы.
3. Задание на измерение и расчет основных конструктивных и геометрических параметров.
4. Заполнение Таблицы 1 - Результаты измерений.
5. Эскиз сверла с указанием его основных конструктивных и геометрических элементов и их значений.

#### **7. Контрольные вопросы**

1. Назовите основные части и поверхности сверла.

2. Дайте определение углов резания сверла.
3. Как изменяются значения передних и задних углов сверла по длине режущей кромки?
4. Поясните схемы измерения углов сверла.

ТАБЛИЦА 1 - РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

1.Наименование сверла		1	
2.Материал режущей части сверла		2	
3.Номинальный диаметр сверла D в мм		3	
4.Общая длина сверла в мм		4	
5.Длина рабочей части сверла в мм		5	
6.Форма заточки сверла		6	
Обратная конусность	7.Диаметр режущей части сверла по ленточкам D в мм(у главных режущих кромок)	7	
	8.Диаметр рабочей части сверла у шейки D1 в мм	8	
	9.Расстояние между измеряемыми позициями L1 в мм	9	
	10.Перепад диаметров (обратная конусность) [(D-D1)/ L1 ] * 100 %	10	
11.Угол наклона винтовой канавки ω		11	
12.Угол заточки сверла 2φ		12	
13.Угол наклона поперечной кромки ψ		13	
Утолщение сердцевин	14.Размер сердцевин сверла у хвостовика - B1 в мм	14	
	15. Размер сердцевин сверла у вершины (у поперечной кромки) - B2 в мм	15	
	16. Расстояние между измеряемыми позициями L2 в мм	16	
	17. Перепад размеров (утолщение стержня) [(B1-B2)/ L2 ] * 100 %	17	
18.Размер конуса Морзе хвостовика		18	

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**Тема:** «Измерение геометрических параметров фрезы»

**Цель:** Ознакомить студентов с конструкциями цельных острозаточенных и затылованных фрез.

Приобрести умения и навыки по определению и измерению геометрических параметров фрезы

**Оборудование:**

- фрезы цилиндрические, цельные
- штангенциркуль
- линейка
- Универсальный угломер
- транспортёр

**Порядок выполнения работы:**

- изучение конструкций фрез. Изучение методов контроля геометрии фрез.
- определение типа, назначения фрезы
- анализ составных частей фрезы
- определение материала режущей и крепежной частей фрезы
- измерение геометрических и конструктивных параметров фрез
- выполнение эскиза

Теоретическая часть

Фрезы выполняются с прямыми, винтовыми и наклонными канавками. Фрезы с прямыми канавками применяются при обработке фасонных поверхностей и нешироких пазов. Основной недостаток этих фрез – отсутствие плавности в работе (равномерности фрезерования), что при малой глубине резания приводит к вибрациям. Для устранения этого недостатка режущим зубья делают наклонными относительно оси фрезы. Наклон может быть левым и правым. По конструкции зубьев фрезы делят на две группы:

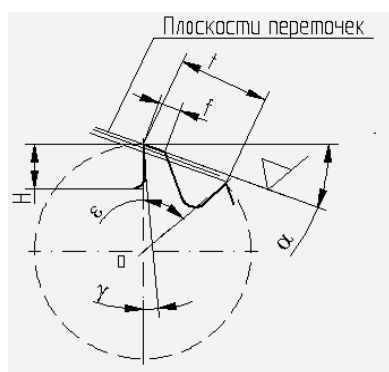
а) фрезы с острозаточенными зубьями;

б) фрезы с затылованными зубьями.

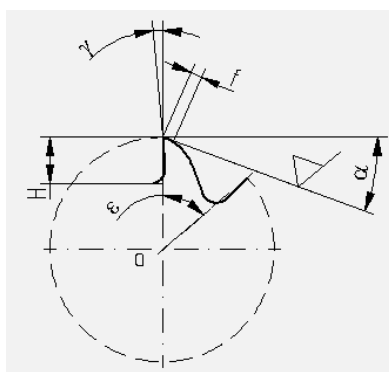
Формы острозаточенных и затылованных зубьев показаны на (рис.1а, б, в, г).

Фрезы, предназначенные для обработки плоских поверхностей, пазов, уступов и т. д., не требуют сохранения профиля зуба при переточках, поэтому они изготавливаются с острозаточенными зубьями (рис. 1а, б, в). Зубья по форме (рис.1а) наиболее просты в изготовлении, но мало прочны.

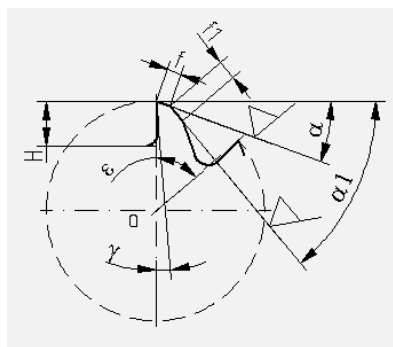
Форма зубьев по параболе (рис.1б) способствует повышению прочности зуба и рекомендуется для изготовления цельных цилиндрических и концевых фрез со спиральными канавками. Форма зубьев с фасками  $f$  и  $f_1$  (рис.1в) проста в изготовлении и обладает достаточной прочностью.



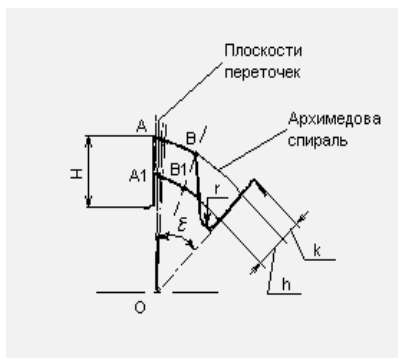
а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Формы зубьев фрез

Фрезы с затылованными зубьями применяются для обработки фасонных поверхностей. Для сохранения постоянства профиля затылованных фрез необходимо, чтобы высота профиля  $h$  в каждом радиальном сечении  $AA_1-BB_1$  оставалась неизменной после переточек (рис. 4.1г). Задняя поверхность у таких фрез

образуется затылованием по архимедовой или логарифмической спирали. Величина падения затылка фрезы рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha_0,$$

где  $D$  – наружный диаметр фрезы;  $\alpha_0$  – задний угол на наружном диаметре новой фрезы;  $z$  – число зубьев.

Полная глубина канавок  $H$  между зубьями рассчитывается по формуле:

$$H \geq h + k + r,$$

где  $h$  – полная высота фасонного профиля;  $r$  – радиус закругления впадины (обычно  $r \approx 2$  мм).

По конструкции фрезы могут быть цельными, составными, сборными и наборными, состоящими из нескольких отдельных стандартных или специальных фрез и предназначенных для одновременной обработки нескольких поверхностей.

По способу крепления ножей различают сборные фрезы:

- а) со вставными ножами;
- б) с механическим креплением к корпусу пластинок твердого сплава.

По расположению зубьев относительно оси различают: фрезы цилиндрические с зубьями, расположенными на поверхности цилиндра (рис. 2а); фрезы торцовые с зубьями, расположенными на торце цилиндра (рис. 2б); фрезы угловые с зубьями, расположенными на конусе (рис. 2в); фрезы фасонные с зубьями, расположенными на поверхности с фасонной образующей (рис. 2г) (с выпуклым и вогнутым профилем); фрезы, имеющие зубья как на цилиндрической, так и на торцовой поверхности, например дисковые двух- и трехсторонние (рис. 2д); концевые (рис. 2е); шпоночные (рис. 2ж, з).

По направлению зубьев фрезы могут быть прямозубыми (рис. 2д), в которых направляющая линия передней поверхности лезвия прямолинейна и перпендикулярна направлению скорости главного движения резания (под направляющей линией передней поверхности понимают линию, по которой движется точка прямой, описывающей эту поверхность); косозубые (рис. 2г), у которых направляющая линия передней поверхности лезвия прямолинейна и

наклонена под углом к направлению скорости главного движения резания; с винтовым зубом (рис. 2а), в которых направляющая линия передней поверхности является винтовой.

По способу крепления на станке различают фрезы насадные с отверстием под оправку и концевые с коническим или цилиндрическим хвостовиком.

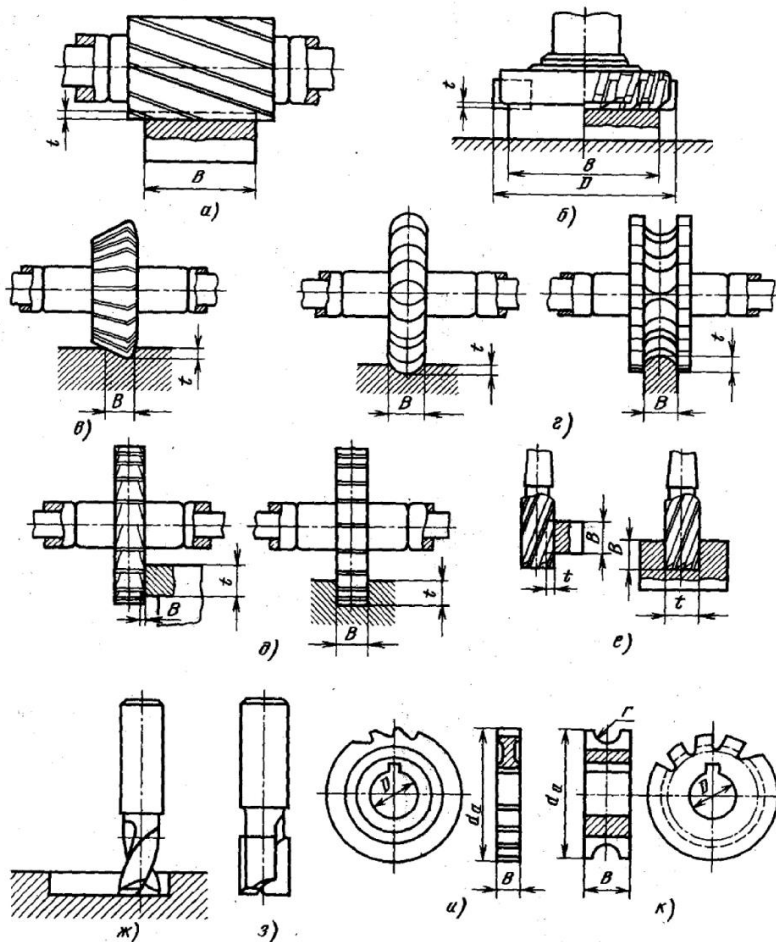


Рис. 2. Типы фрез общего назначения

Определение расчетом и обмером следующих параметров фрез:

$$1. \text{ Шаг по спирали } H = \frac{\pi D}{\tan \beta_{cn}}; \quad H = t_{осев} \cdot z,$$

где  $D$  — диаметр фрезы;  $t_{осев}$  — осевой шаг фрезы;  $z$  — число зубьев фрезы;  $\beta_{cn}$  — угол наклона зуба к оси фрезы.

2. Окружной, осевой нормальный шаг фрезы

$$t_{окр} = \frac{\pi D}{z}; \quad t_{осев} = \frac{t_{окр}}{\tan \beta_{cn}}; \quad t_N = t_{окр} \cos \beta_{cn}.$$

3. Углы режущего зуба и в нормальном сечении



$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_{\text{торц}} \cos \beta_{\text{сп}},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\text{торц}}}{\cos \beta_{\text{сп}}}.$$

### Методы контроля геометрических элементов фрез

При измерении углов наклона спирали зубьев фрез  $\beta_{\text{сп}}$  или угла профиля угловых фрез обычно пользуются универсальными угломерами, как это показано на рис. 3 и 4. Для измерения передних и задних углов фрез в нормальном и торцевом сечениях пользуются угломером конструкции инженера Бабчиничера. На рис. 5 показана схема измерения переднего угла фрезы в торцевом сечении, а на рис. 6 – схема измерения заднего угла.

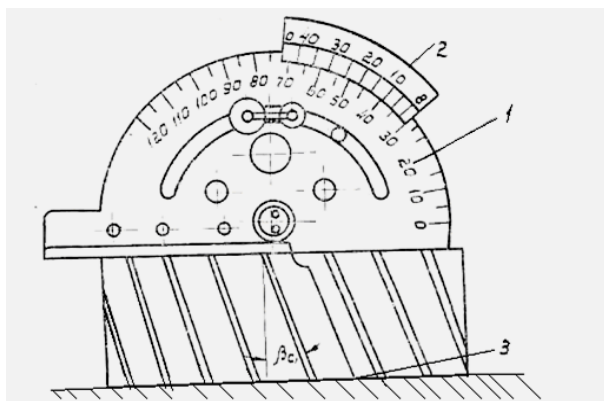


Рис. 3. Измерение угла наклона профиля цилиндрических фрез

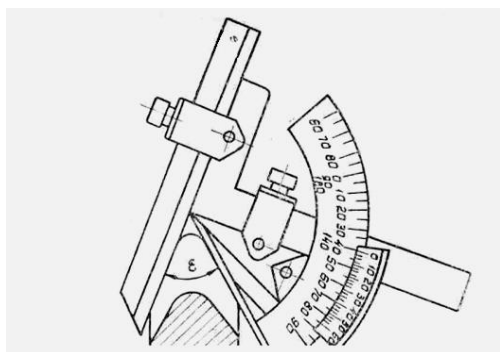


Рис. 4. Измерение угла профиля угловых фрез

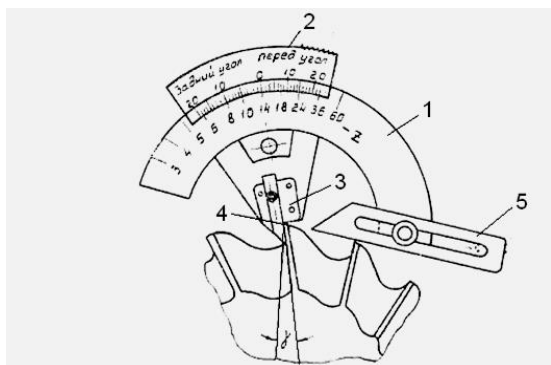


Рис. 5. Измерение переднего угла угломером Бабчиничера

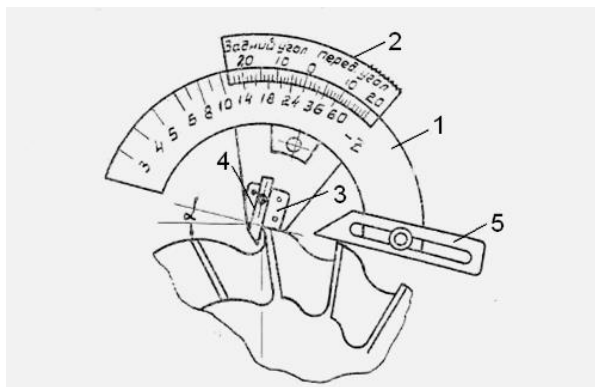


Рис. 6. Измерение заднего угла угломером Бабчиничера

### Охрана труда и техника безопасности

При проведении работы в лаборатории должны выполняться требования действующей инструкции по технике безопасности. Следует особое внимание обращать на опасность травматизма при обращении с остро заточенными лезвиями металлорежущих инструментов. Необходимо предотвращать падение инструментов и случайное резкое воздействие их лезвий на кожный покров человека.

### Содержание

**отчёта:**

в	отчёте	следует	указать:
-	Наименование		работы.
-	Цель		работы.

- Используемое оборудование, инструменты, материалы.

- Таблица 1 - Результаты измерений.

-Эскиз фрезы.

-Выводы о результатах выполненной работы.

### Контрольные вопросы

1. Составные части и элементы цилиндрической фрезы.
2. Какие формы зубьев фрез существуют? Каково их применение в конструкциях фрез?
3. Почему фасонные фрезы имеют заднюю поверхность зуба затылованную? Могут ли быть фасонные фрезы с острозаточенным зубом?
4. Как измеряются углы фрезы?
5. Какие типы конструкций фрез существуют? Каково их применение?

6. С какой целью делают фрезы со спиральным зубом?

ТАБЛИЦА 1 - РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

1.Наименование и тип фрезы	1	
2.Материал фрезы	2	
3.Номинальный наружный диаметр $D$ фрезы в мм	3	
4.Номинальный диаметр отверстия $d$ в мм	4	
5.Номинальная длина фрезы в мм	5	
6. Число зубьев фрезы (по торцу) $Z$	6	
7.Угол наклона винтового зуба $\omega$	7	
8.Эквивалентное число зубьев $Z_{\omega}$	8	
9.Передний угол $\gamma$ и $\gamma_n$	9	
10.Задний угол $\alpha$ и $\alpha_n$	10	
11.Угол заострения $\beta$	11	
12.Угол резания $\delta$	12	

