**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ**

**Брянский государственный технический университет**

**Кафедра «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**по Технологии машиностроения**

**специальность 060800 – Экономика и управление на предприятии**

**на тему: "Разработать маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали «Фланец кулака»"**

Брянск 2007

**Аннотация**

В данной курсовой работе приведено решение задач, связанных с проектированием технологии изготовления детали фланец кулака в условиях среднесерийного производства.

Курсовая работа представлена в виде текстовой и графической частей. Текстовая часть курсовой работы включает все необходимые пояснения и расчеты, связанные с техническим и технико-экономическим обоснованием принимаемых технологических решений. Расчетно-пояснительная записка состоит из двух разделов: технологической и конструкторской частей.

В технологической части выбран метод получения заготовки и технологический процесс, определены припуски на диаметральные размеры расчетно-аналитическим методом, проведен размерно-точностной анализ, определены режимы резания на все выбранные переходы операций, рассчитана суммарная погрешность обработки и т.д.

В конструкторской части выбрана рациональная схема базирования и для операции горизонтально-протяжная рассчитана погрешность установки.

Особое внимание уделено соответствию конкретных расчетов и показателей в текстовой части курсовой работы их представлению в графической части.

**Содержание**

[Введение 4](#_Toc154876741)

[Технологическая часть 5](#_Toc154876742)

[1. Анализ технологичности конструкции детали 5](#_Toc154876743)

[2. Выбор метода получения заготовки 6](#_Toc154876744)

[3. Маршрут обработки детали фланец кулака 9](#_Toc154876745)

[4. Расчет припусков на механическую обработку 10](#_Toc154876746)

[5. Размерно точностной анализ 15](#_Toc154876747)

[6. Расчет суммарной погрешности обработки 18](#_Toc154876748)

[7. Расчет режимов резания 22](#_Toc154876749)

[8. Расчет технической нормы времени по нормативам 25](#_Toc154876750)

[Конструкторская часть 27](#_Toc154876752)

[10 Определение погрешности установки 28](#_Toc154876753)

[Заключение 31](#_Toc154876754)

[Список литературы 32](#_Toc154876755)

# Введение

Данная работа является очень важным шагом к овладению инженерными методами проектирования, необходимыми в его дальнейшей практической деятельности. В процессе курсового проектирования студенты закрепляют, углубляют, и обобщают знания, полученные на лекционных и практических занятиях. Наряду с этим курсовое проектирование учит студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, нормами, расценками и прочим.

Кроме того, в ходе курсового проектирования студенты не только закрепляют известный материал, но и знакомятся с новыми методами.

Современные тенденции развития машиностроительного производства ориентированы на широкое применение прогрессивных конструкционных и инструментальных материалов, упрочняющей технологии, на комплексную автоматизацию на основе применения станков с ЧПУ.

Курсовая работа выполнена в соответствии со стандартами ЕСКД, ЕСТП, ЕСТПП, ИСО, что обеспечивает единый системный подход к выбору и применению методов подготовки производства.

При выполнении курсового проекта принятие решений по выбору вариантов технологических процессов, оборудования, оснастки, методов получения заготовок производится на основании технико-экономических расчетов, что дает возможность предложить оптимальный вариант.

# Технологическая часть

#

# 1. Анализ технологичности конструкции детали

Оценка технологичности может быть двух видов: качественная и количественная.

**Качественная оценка технологичности** предполагает анализ материала заготовки и способы ее получения, обрабатываемость и возможности замены материала более прочными и легкими.

**Количественная оценка технологичности** предполагает определение коэффициента точности обработки детали и коэффициента шероховатости.

1) Коэффициент точности:

,

, где

Тi – квалитет точности i‑той поверхности,

ni – число размеров или поверхностей для каждого квалитета точности.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Квалитет точности, Тi | Количество поверхностей, ni | Тi\*ni |
| 14 | 14 | 196 |
| 12 | 1 | 12 |
| 8 | 1 | 8 |
|  | 16 | 216 |

.

2) Коэффициент шероховатости:



, где

Rаi – параметр шероховатости i‑той поверхности, мкм,

ni – число размеров или поверхностей для каждого параметра шероховатости

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр шероховатости Rаi, мкм | Количество поверхностей, ni | Rаi\*ni |
| 2,5 | 2 | 5 |
| 5,0 | 2 | 10 |
| 10 | 5 | 50 |
|  | 9 | 65 |



Оба исследуемых коэффициента и по своим значениям меньше единицы. Анализ полученных коэффициентов показал, что деталь технологична.

# 2. Выбор метода получения заготовки

Рассмотрим два метода получения заготовки: штамповка на прессах и штамповка на ГКМ. Рассчитаем себестоимость получения заготовки данными методами. Но сначала необходимо высчитать массу детали и массу 2‑х заготовок:

Gд – масса детали, , где ρ=7810 кг/м3 – плотность стали, из которой изготовлена деталь, а V – объем.

Для начала рассчитаем объем детали, помня, что объем цилиндра находится по формуле:











Теперь находим массу детали:



Далее рассчитываем массу 2‑х заготовок:















Теперь рассчитываем себестоимость получения заготовки данными методами по формуле и выберем наилучший вариант.

 , где

С – базовая стоимость 1 т заготовок, руб./т;

Кто – коэффициент доплаты за термическую обработку и очистку заготовки;

Gзаг – масса заготовки;

Кт – коэффициент, учитывающий точностные характеристики заготовок;

Кс – коэффициент, учитывающий серийность выпуска заготовки;

Sотх – стоимость 1т отходов, Sотх=270 коп/кг;

Кф – коэффициент, учитывающий инфляцию.

Таблица 3. Исходные данные для расчета себестоимости получения заготовки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Штамповка на прессах | Штамповка на ГКМ |
| С, руб./т | 647 | 647 |
| Кто, руб./т | 25 | 25 |
| Gзаг, кг | 10,1 | 9,7 |
| Gд, кг | 7,8 | 7,8 |
| Кт | 1 | 1 |
| Кс | 1,5 | 1,3 |
| Sотх | 270 | 270 |
| Кф | 1 | 1 |





Таким образом, получаем, что себестоимость штамповки на ГКМ ниже, чем на прессах.

# 3. Технологический маршрут обработки детали фланец кулака

Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № операции | Наименование операции | Содержание операции | Название оборудования |
| 005 | Токарная с ЧПУ | Подрезать торец (поверхность 1) | Станок16К20Ф3 |
| Точить торец (поверхность 3) |
| Расточить предварительно отверстие 8 |
| Расточить фаску (поверхность 7) |
| 010 | Токарная с ЧПУ | Подрезать торец (поверхность 11) | Станок16К20Ф3 |
| Точить по контуру(поверхность 13 и 16) |
| Точить торец (поверхность 6) |
| Точить цилиндрическую поверхность 6 |
| Точить выточку (поверхность 14) |
| Расточить начисто(поверхность 8) |
| Расточить фаску (поверхность 10) |
| Точить начисто поверхность 6 |
| 015 | Горизонтально – протяжная | Протянуть внутренние шлицы (поверхность 9) | Станок7Б55 |
| 020 | Вертикально-сверлильная | Центровать 16 отверстий | Станок2Р135Ф2–1 |
| Сверлить 10 отверстий диаметром d8 |
| Сверлить отверстие под резьбу диаметром d10 |
| Сверлить 5 отверстий под резьбу диаметром d9 |
| Зенковать фаску в 5+1 отверстие под резьбу |
| Нарезать резьбу диаметром d10 |
| Нарезать резьбу диаметром d9 в 5 отверстиях |

# 4. Расчет припусков на механическую обработку

Исходные данные:

Наименование детали: фланец кулака

Материал: СТ20

Элементарные поверхности для расчета припуска – наружние поверхности Ø122h8 и Ø60h12.

1) Ø122h8

Карту расчетов припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам смотрите ниже.

Маршрут обработки заносим в графу 1 (см. карту). Данные для заполнения граф 2 и 3 для заготовки из штамповки взяты из табл. 12 на стр. 186; для механической обработки – из табл. 25 на стр. 188.

* высота неровностей Rz и глубина дефектного слоя h.

 – отклонение расположения поверхности для штамповки вычисляем по зависимости:

, где

– общее отклонение оси от прямолинейности;

, где

– кривизна фланца (стр. 187, табл. 19), отсюда =12 мкм/мм;

 – длина (детали) ;

, где

Т – допуск на диаметральный размер базы заготовки, использованной для центрирования (стр. 192, табл. 32), таким образом, Т=2,5 мм;





Для остальных переходов значения  определяются в зависимости от достигаемого квалитета при данном переходе.

Черновое точение. Величину остаточных пространственных отклонений  определяют по уравнению:

, где

– коэффициент уточнения (стр. 190, табл. 29), отсюда =0,06



Получистовое точение. =0,05



Чистовое точение. =0,04



Расчетные величины отклонений расположения поверхностей заносим в графу 4 таблицы.

ε – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе (стр. 42, табл. 13), ε=800 мкм.

Минимальные припуски на диаметральные размеры для каждого перехода определяются по зависимостям:



где Rzi-1, h i-1,  i-1 – соответственно высота неровностей, глубина дефектного слоя и погрешность расположения поверхности полученные на предыдущем переходе.

εi – погрешность установки заготовки на данном переходе.

Для чернового точения:



Для получистового точения:



Для чистового точения:



Расчетные значения припусков заносим в графу 6.

Расчет наименьших размеров по техническим переходам начинаем с наименьшего размера детали по конструкторскому чертежу используя исходные данные:

, так

Для чистового точения:



Для получистового точения:



Для чернового точения:



Допуск на изготовление промежуточных размеров Td является табличной величиной и определяется в зависимости от получаемого на данном переходе квалитета (стр. 192, табл. 32).

Принятые (округленные) размеры по переходам  определяют округляя значения соответствующих размеров .

Размер определяют по зависимости:



Для чистового точения:



Для получистового точения:



Для чернового точения:



Для заготовки:



Предельные припуски на механическую обработку определяют по формулам:

















Посчитанные припуски заносим в карту расчетов.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Маршрут обработки | Элементы припуска, мкм | Расчетный припуск 2z min, мкм | Расчетный размер, мм | ДопускTd, мкм | Принятые округленные размеры по переходам, мм | Предельные значения припусков, мкм |
| **Rz** | **H** |  | **** | **Dнм** | **Dнб** | **2z imin** | **2zimax** |
| Штампов-ка | 200 | 250 | 732 | - | - | 125,681 | 2500 | 125,7 | 128,2 | - | - |
| Точение: |  |
| Черновое | 100 | 100 | 44 | 800 | 3069 | 122,612 | 1000 | 122,7 | 123,7 | 3 | 4,5 |
| Получистовое | 50 | 50 | 2,2 | 0 | 488 | 122,124 | 400 | 122,1 | 122,5 | 0,6 | 1,2 |
| Чистовое | 25 | 25 | 0,1 | 0 | 204 | 121,92 | 63 | 121,9 | 121,96 | 0,2 | 0,54 |
| Итого | 3,8 | 6,24 |

Проверка правильности расчетов проводится по формуле:



6,24 – 3,8=2,5 – 0,063

2,44=2,44

расчет верен.

2) Ø60h12

Расчет припусков ведется аналогично.



=12 мкм/мм; = -=10 мм;



Т = 1,9 мм;



Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Маршрут обработки | Элементы припуска, мкм | Расчетный припуск 2z min, мкм | Расчет-ный размер dp, мм | ДопускTd, мм | Принятые округленные размеры по переходам, мм | Предельные значения припусков, мкм |
| **Rz** | **H** |  | **** | **dmin** | **dmax** | **2z прmin** | **2zпрmax** |
| Штампов-ка | 200 | 250 | 588 | - | - | 62,639 | 1900 | 62,6 | 64,5 | - | - |
| Точение: |  |
| Черновое | 100 | 100 | 35,3 | 400 | 2568 | 60,071 | 740 | 60,1 | 60,8 | 2,5 | 3,7 |
| Получистовое | 50 | 50 | 1,8 | 0 | 471 | 59,6 | 300 | 59,6 | 59,9 | 0,5 | 0,9 |
| Итого | 3 | 4,6 |

Проверка правильности расчетов:

4,6 – 3=1,9 – 0,300

1,6=1,6

расчет верен.

#

# 5. Размерно-точностной анализ

Заготовка – штамповка.

Изображаем совмещенный эскиз детали и заготовки. Указываем все поверхности, принадлежащие как заготовке, так и детали с учетом последовательности выполнения переходов. Через поверхности проводим параллельные линии, которые соединяют размеры заготовки, размеры детали, технологические размеры и припуск на механическую обработку.

Размеры:

А – конструкторские размеры с чертежа детали;

В-размеры заготовки;

S – технологические размеры;

Z – припуск на механическую обработку.

Формируем совмещенный граф размерных цепей, на котором вершины представляют собой указанные поверхности, а ребра – соответствующие размеры. Не допускается пересечение ребер графа.

Размерные цепи:

1. A3, S3
2. S3, A2, S5
3. S3, A4, S2
4. S4, A5, S2
5. Z1, S1, B3, B2
6. S5, Z3, S1
7. S2, Z2, B2, S1
8. A1, B1, S1, S5

Настроечное звено: S3 Настроечное звено: S5

Настроечное звено: S2 Настроечное звено: S4

Настроечное звено: В3 Настроечное звено: S1

Настроечное звено: В2 Настроечное звено: В1

А1 = 46+0,31-0,31 S1 = 37,539+0,0195-0,0195

А2 = 22+0,26-0,26 S2 = 26+0,105-0,105

А3 = 14+0,215-0,215 S3 = 14+0,09-0,09

А4 = 12+0,215-0,215 S4 = 14+0,09-0,09

А5 = 12+0,215-0,215 S5 = 36+0,0195-0,0195

В1 = 47,539+0,271-0,271 Z1 = 3,2695+1,2695-1,2695

В2 = 8,9645+0,45-0,45 Z2 = 2,5745+0,5745-0,5745

B3 = 31,844+0,8-0,8 Z3 = 1,539+0,039-0,039

Рис. 1

# 6. Расчет суммарной погрешности обработки

Суммарные погрешности обработки заготовок на настроенных станках определяют по уравнению:

* для диаметральных размеров



После определения суммарной погрешности  проверяется возможность отработки без брака:



где Td – допуск на операционный размер.

В случае несоблюдения этого условия необходимо предложить конкретные мероприятия по снижению 

1. Погрешность , вызванная размерным износом фрезы, определяется по формуле:

, где

– относительный износ резцов. Для Т15К6 = 6 мкм/км – углеродистая сталь (стр. 74, табл. 28).

Lо = 500…1000 м





2. Определим колебание системы  вследствие изменения силы Py из-за непостоянной глубины резания и податливости системы при обработке

, где

Wmax – наибольшее значение составляющей силы резания, совпадающей с направлением выдерживаемого размера.



= П / Р, где

П – податливость станка, П = 100\*0,75 = 75 (стр. 29 табл. 11);

Р – нагрузка станка, Р = 1960 (стр. 29 табл. 11),

= 75 / 1960 =0,038







Наибольшая Py max и наименьшая Py min нормальные составляющие силы резания определяются исходя из условия:



Ср = 125; х = 1,0; у=0,75; n=0; S=0,72; V = 116;  





Изменение обрабатываемого размера вследствие упругих деформаций:

3. Определим погрешность, вызванную геометрическими неточностями станка :

, где

С – допустимое отклонение от параллельности оси в плоскости выдерживаемого размера на длине L = 300 мм;

Для Ø до 320 = 10, т.е. С = 10 \* 0,75 = 7,5 (стр. 54 табл. 23);

 – общая длина детали,  = 46 мм, отсюда



4. Погрешности настройки станка:





; 

погрешность измерения,  (стр. 72 табл. 27)



5. Определим температурные деформации технологической системы, приняв их равными 15% от суммы остальных погрешностей:



7. Определим суммарную погрешность обработки по уравнению:





При чистовом точении IT8 = 63 мкм.

В данном случае условие выполнение работы без брака () действует, так как 63 мкм > 4,9 мкм.

# 7. Расчет режимов резания

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № и название операции | Переходы | t, мм | S, мм/об. | V, м/мин | n, об/ мин |
| 005 Токарная с ЧПУ | Подрезать торец | 2,6 | 0,8 | 115 | 253 |
| 010 Токарная с ЧПУ | Точить цилиндрическую поверхность | 3,1 | 0,72 | 116 | 303 |
| Расточить начисто | 2 | 0,5 | 150 | 1194 |
| 020 Вертикально-сверлильная | Сверлить 10 отверстий диаметром d8 | 4,5 | 0,15 | 27 | 614 |
| Нарезать резьбу диаметром d10 | 0,5 | 0,04 | 13 | 414 |

t мм – глубина резания,

S мм/об. – подача,

V м/мин – скорость резания,

n об. – частота вращения.

Допустим: Сверлим 10 отверстий диаметром Ø14

Исходные данные:

– диаметр сверления D= 14 мм,

– назначаем t = 4,5 мм; S = 0,15 мм/об – стр. 277, табл. 25

, отсюда

С = 7,0; q = 0,40; у = 0,70; m = 0,20 – стр. 278, табл. 28

Т = 30 – 60 мин.

К = К\* К\* К,

Составляющие коэффициента К:

К = К\*

К= 0,8; n = 0,9; = 750

К = 0,8\*

К = 1,00 – стр. 263, табл. 6

К = 1,0 – стр. 280, табл. 31, тогда

К = 0,8\* 1,00\* 1,0 = 0,8





Остальные режимы резания рассчитываются аналогично.

Подрезать торец, поверхность 1:



С = 340; х = 0,15; у = 0,45; m = 0,20

Т = 30 – 60 мин.

t = 2,6 мм; S = 0,8 мм/об

К = 0,8





Точить цилиндрическую поверхность:



С = 350; х = 0,15; у = 0,35; m = 0,20

Т = 30 – 60 мин.

t = 3,1 мм; S = 0,72 мм/об

К = 0,8





Расточить начисто поверхность 8:



С = 340; х = 0,15; у = 0,45; m = 0,20

Т = 30 – 60 мин.

t = 2 мм; S = 0,5 мм/об

К = 0,8





Нарезать резьбу диаметром d10:



С = 64,8; х = 0; у = 0,5; m = 0,90 – стр. 296, табл. 49

Т = 30 – 60 мин.

t = 0,5 мм; S = 0,04 мм/об

К = 0,8





**8. Расчет технической нормы времени по нормативам**

Одним из основных требований при проектировании технологических операций является требование минимума затрат труда на ее выполнение. Критерием оценки трудоемкости является норма штучно-калькуляционного времени:



Основное время приближенно может быть определено по зависимости:

, где

К – коэффициент, отражающий средний уровень режимов при данном виде обработки;

D и L – размеры обрабатываемых поверхностей.

Расчет основного времени проводим по операции 005 Токарная с ЧПУ по четырем переходам:

1. Подрезаем торец:



1. Точим торец:



1. Растачиваем предварительно отверстие:



1. Растачиваем фаску:







– коэффициент Токарного станка с ЧПУ, 



Таким образом, время на выполнение операции 005 Токарной с ЧПУ составляет мин.

**КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ**

Рассчитаем для заготовки силу Pо, которая старается сдвинуть заготовку, и момент М, который старается провернуть заготовку.

Рz

*l*

Мр

Здесь главная составляющая силы резания – окружная сила, Н



где

*z* – число зубьев фрезы, *z=4*;

*n* – частота вращения фрезы, *n=70* об/мин;

 – поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости.



 (41)



Тогда момент трения

 (42)

 или 42000*Нмм*

Теперь найдем силу реакции опоры из уравнения:

 (43)



#

# 10 Определение погрешности установки

Обеспечение заданной точности механической обработки с использованием приспособлений в значительной мере зависит от выбора технологических баз и схемы установки заготовок. Обработка заготовок в приспособлениях на предварительно настроенных станках исключает разметку заготовок и последующую выверку их на станке. Однако при этом возникает погрешность установки.

 (44), где

 – погрешность базирования;

 – погрешность закрепления основания;

 – погрешность закрепления, связанная с изменением формы погрешности контакта установочного элемента в результате его износа;

 – погрешность, определяемая прогрессирующим износом установочных элементов;



 – погрешность изготовления и сборки опор станочного приспособления;

 – погрешность установки и фиксации приспособления на станке.



Рассчитаем погрешность установки для операции вертикально-фрезерной (фрезеровать плоскость в размер 24).

, поскольку размер проставлен от технологической базы.



(расчетный модуль цилиндр-цилиндр).

Погрешность закрепления для размера А равна нулю, так как усилие зажима перпендикулярно этому размеру.

Погрешность закрепления для размера S4 находится по формуле:

 (45), где

 – из-за непостоянства силы закрепления;

 – из-за неоднородности шероховатости базы заготовок;

 – – из-за неоднородности волнистости базы заготовок.

 (46)



 – безразмерный приведенный параметр кривой опорной поверхности, характеризующий условия контакта базы заготовки с опорой:



 – упругая постоянная материалов заготовки и опоры:



 (47)



 (48)





Рассчитанная погрешность установки должна быть меньше либо равна допуску выполняемого размера, то есть:



*Td=0,13 мм=130 мкм*

0,99 мкм<130 мкм – верно.

**Заключение**

В данной курсовой работе был разработан маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали «фланец кулака».

После выполнения работы можно сделать следующие выводы:

* деталь достаточно технологична, но наличие фасок усложняет технологию механической обработки;
* метод получения заготовки – штамповка на ГКМ;
* партия деталей обрабатывается без брака;
* требование по точности выполняется.

Кроме того, в проекте выбраны оптимальные режимы резания, которые позволяют обеспечить требования по точности и качеству. Также были рассчитаны технологические нормы времени.Выбрана рациональная схема базирования и рассчитана погрешность установки.

#

# Список литературы

1. Аверченков, В.И. Проектирование технологических процессов обработки на станках с ЧПУ: учеб. Пособие / В.И. Аверченков. – Брянск: БИТМ, 1984. – 84 с.
2. Ильицкий, В.Б., Моргаленко Т.А. Проектирование технологической оснастки. Расчеты точности станочных приспособлений. Методические указания к выполнению практических занятий, курсового и дипломного проектов, для студентов 4 курса всех форм обучения специальностей «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки». – Брянск: БГТУ, 2003. – 47 с.
3. Ильицкий В.Б., Польский Е.А., Чистов В.Ф. Технология машиностроения. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 060800 – «Экономика и управление на предприятии (в машиностроении)» – Брянск: БГТУ, 2004. – 47 с.
4. Польский Е.А., Сорокин С.В. Технология автоматизированного производства. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 230104 – «Системы автоматизированного проектирования» – Брянск: БГТУ, 2006. – 47 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
7. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 1 /Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. – 592 с.
8. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 2004. – 397 с.
9. Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений: Учеб. пособие / В.И. Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 288 с. – (Высшее образование).
10. Фадюшин, И.Л. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС / И.Л. Фадюшин. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.