

# *КУРСОВОЙ ПРОЕКТ*

*Приспособление многоместное фрезерное*

*Пояснительная записка*

*ПТО-КП.548.02ПЗ*

*2019*

*Министерство образования Республики Беларусь*

*ФИЛИАЛ БНТУ*

*«МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»*

---

*Цикловая комиссия металлорежущих станков  
и информационных технологий*

## *КУРСОВОЙ ПРОЕКТ*

*Приспособление многоместное фрезерное*

*Пояснительная записка*

*ПТО-КП.548.02ПЗ*

*Проект выполнил*

*А.А. Иванов*

*Руководитель проекта*

*В.В. Жданович*

*2019*



## 1 Введение

Настоящий курсовой проект выполнен на цикловой комиссии «Металлорежущие станки» по дисциплине «Проектирование технологической оснастки».

Проект разработан на основании задания: спроектировать многоместное приспособление для фрезерования площадок под головки болтов в корпусе подшипника в размер 28 мм (черт. 7242-6310.011) на горизонтально-фрезерном станке. Плоскость основания обработана. Годовая программа  $N = 80$  тыс. штук.

## 2 Общие сведения

### 2.1 Назначение и область применения приспособления

Разработанное фрезерное приспособление (черт. ПТО-КП.548.02.01СБ) предназначено для фрезерования площадок в корпусе подшипника на вертикально-фрезерном станке 6P10 или аналогичном ему. Приспособление является многоместным и позволяет одновременно обрабатывать 6 заготовок, что значительно повышает производительность на операции.

Приспособление предназначено для крупносерийного производства.

### 2.2 Техническая характеристика приспособления

Приспособление ПТО-КП.548.02.01 имеет следующие характеристики:

Масса, кг:

общая .....	60,68
оправки .....	12,79
Размер $T$ -образного паза в столе станка, мм .....	14
Количество одновременно устанавливаемых заготовок .....	6
Габаритные размеры, мм .....	590×200×150
Точность выполняемого в приспособлении размера, квалитет .....	14
Расчетное усилие зажима заготовки, Н .....	12327,47
Уровень стандартизации приспособления, проценты .....	83,1
Настройка станка на размер .....	по установку присп.
Зажимной механизм .....	винтовой с ручным приводом
Периодичность проверки приспособления, мес .....	2
Группа сложности .....	IV

### 2.3 Описание конструкции приспособления

Приспособление состоит из плиты 9 (см. чертеж ПТО-КП.548.02.01СБ), на которую установлены восемь опорных пластин 8, служащих установочными элементами. Для повышения размерной износостойкости пластины цементированы и имеют твердость 56...61 HRC<sub>3</sub>.

С двух сторон плиты установлены стойки 15. В стойках выполнен вертикальный паз, в который устанавливается оправка 3 с шестью заготовками. Поскольку оправка с заготовками весит 34,51 кг, предусмотрена ее установка с помощью грузоподъемного приспособления. Для этого в торцах оправки выполнены специальные отверстия, предназначенные для пальцев специального подъемного приспособления.

Для зажима с равномерным усилием всех шести заготовок независимо от колебаний припуска оправка 3 имеет шесть плунжеров 10. В качестве передающей давление среды используется гидропластмасса марки ДМ.

С учетом конструктивных особенностей отверстия заготовок в них перед установкой в приспособление вставляют переходное кольцо 2.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПТО-КП.548.02ПЗ				3

В стойки 15 встроены Г-образные прихваты 11, которые имеют винтовой привод вручную. Зажим оправки 3 осуществляется торцовым ключом и гайкой с квадратным отверстием.

Для размерной настройки станка предназначен установ 16 в комплекте со щупом 7053-0002 ГОСТ 8925-68 толщиной 3 мм.

Корпус приспособления ориентируется и устанавливается на столе станка по среднему Г-образному пазу и закрепляется с помощью двух болтов к станочным пазам 7002-2519 ГОСТ 13152-67.

## **2.4 Инструкция по эксплуатации приспособления**

2.4.1 По [1, с. 184] принимаем периодичность проверки приспособления – 2 месяца.

Контроль точности приспособления осуществлять непосредственным измерением отклонения рабочих поверхностей опорных пластин при перемещении приспособления, установленного на станке, по всей длине ряда пластин. Отклонение не должно превышать 0,30 мм.

2.4.2 По [14, с. 642...646] определяем требования безопасности к приспособлению.

Наружные элементы приспособления не должны иметь острых кромок, углов и др. неровностей, представляющих источник опасности. Радиусы скруглений, размеры фасок должны быть не менее 1 мм.

Способ соединения приспособления со столом станка должен исключать возможность самопроизвольного ослабления крепления и смещения приспособления в процессе его эксплуатации.

Конструкция приспособления должна обеспечивать свободное удаление стружки.

Должна обеспечиваться безопасность установки и снятия заготовок. При массе устанавливаемых заготовок до 12 кг их допускается устанавливать вручную. Поскольку масса приспособления (60,68 кг) превышает 12 кг в его конструкции имеются элементы, позволяющие устанавливать и снимать приспособление грузоподъемным механизмом.

Зажимная рукоятка не должна создавать опасности при работе станка, в данном случае имеется съемный торцовый ключ. Перемещение рукоятки ключа не должно быть направлено в зону резания и в сторону режущего инструмента.

Высота от уровня пола до рукоятки ключа должна быть 1000...1600 мм.

Для надежной защиты от стружки целесообразно предусмотреть щиток (он должен иметься на рабочем месте станочника).

Конструкция приспособления должна быть безопасной при его складировании и транспортировке.

Не допускается выступание штифтов над поверхностью соединяемых деталей, а также концов винтов и шпилек над гайкой на размер, больший половины диаметра резьбы. Для предупреждения самоотвинчивания винтов и гаек должны использоваться контргайки, пружинные шайбы, др.

## **3 Конструирование приспособления**

### **3.1 Анализ конструкции и технологии обработки детали**

3.1.1 Корпус подшипника 7242-6310.011 является ответственной деталью механизма. В него устанавливается подшипник крупного вала. Корпус работает в условиях значительных вибраций и силовых нагрузок, воспринимаемых от вала.

Корпус подшипника изготавливается из серого чугуна СЧ 35 ГОСТ 1412-85. Из чугуна СЧ 35 изготавливают [5, с. 318] крупное тяжелонагруженное литье с толщиной стенки свыше 20 мм: крупные толстостенные втулки, зубчатые колеса, тормозные барабаны, муфты, диски сцепления, клапаны, поршневые кольца.

					<i>ПТО-КП.548.02ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

**Чугун СЧ 35 имеет следующие механические свойства:**

Предел прочности при растяжении $\sigma_B$ , МПа .....	343
Предел прочности при изгибе $\sigma_{и}$ , МПа .....	539
Твердость НВ, кгс/мм <sup>2</sup> .....	197...269

3.1.2 Корпус подшипника в общем технологичен: его размеры соответствуют ГОСТ 6636-69 (за исключением бобышки  $\varnothing 116$  мм, но она формируется литьем, что в общем-то не требует стандартного размера).

Материал корпуса (чугун) позволяет получать заготовку сложной пространственной формы рациональным способом — литьем.

Размеры и поверхности корпуса имеют оптимальные точность (до IT9) и шероховатость ( $Ra$  3,2 мкм), что позволяет обработать его недорого, обычными методами.

Корпус имеет простые конструктивные формы обрабатываемых поверхностей, надежную технологическую базу (плоскость основания), высокую жесткость конструкции.

Нерабочие поверхности детали не требуют механической обработки, что значительно снижает трудоемкость ее обработки.

Четко разграничены обрабатываемые поверхности площадок и необрабатываемые поверхности корпуса. Протяженная поверхность основания (180 мм) прервана необрабатываемым участком, получаемым литьем.

Конструкция корпуса обеспечивает свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям, нормальные условия врезания и выхода инструмента.

Относительно нетехнологичными в конструкции корпуса являются:

- глухое отверстие  $\varnothing 18F9$  сравнительно высокой точности (это затрудняет его зенкерование и развертывание);
- отверстие с конической резьбой  $K 1/8''$  для смазки, расположенное наклонно к основным осям детали.

3.1.3 На предшествующих операциях обрабатываются плоскость основания с припуском на обработку площадок и отверстие  $\varnothing 100/85/82$ .

После фрезерования площадок на проектируемой операции в корпусе обрабатываются все остальные поверхности.

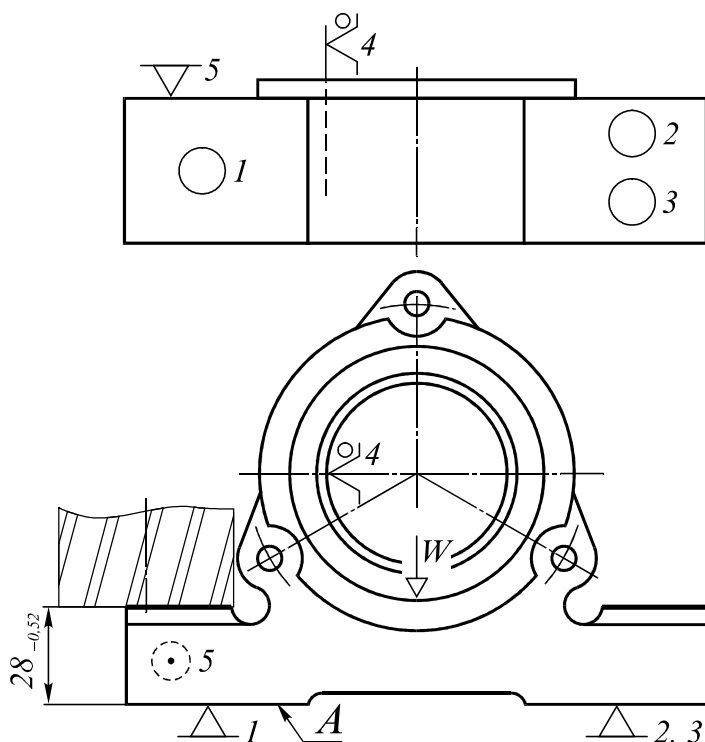


Рисунок 3.1 – Схема установки обрабатываемой детали

**3.2 Разработка схемы установки детали в приспособлении**

Исходя из заданных условий обработки (многоместное приспособление) и конструкции корпуса подшипника выбираем схему установки, при которой заготовка горизонтально устанавливается в приспособлении на обработанную плоскость основания  $A$  и прижимается сверху через отверстие  $\varnothing 100$  мм (рисунок 3.1). Совпадение технологической и измерительной баз для исполнительного размера 28 мм обеспечит высокую точность базирования заготовки в приспособлении при обработке в заданный размер. Заго-

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПТО-КП.548.02ПЗ	
					5	

товка также базируется в горизонтальной плоскости по элементам 4 и 5.

### 3.3 Выбор метода обработки детали, оборудования и технологической оснастки на операции

3.3.1 Площадки под головки болтов в соответствии с чертежом должны быть обработаны по 14 качеству точности с шероховатостью поверхности  $Ra$  12,5 мкм. Наиболее подходящий вид обработки в данном случае — фрезерование торцевой фрезой.

Уже черновое фрезерование торцевой фрезой [10, с. 235] обеспечивает 11...14 качество точности и шероховатость  $Ra$  6,3...12,5 мкм, т.е. заданные требования надежно обеспечиваются получистовым фрезерованием торцевой фрезой. Это обуславливает применение вертикально-фрезерного станка.

3.3.2 Горизонтально-фрезерный станок применять в соответствии с заданием нецелесообразно еще и потому, что радиус двух дисковых фрез в инструментальной наладке при этом должен быть не менее 180 мм (диаметр 360 мм), т.к. оправка для фрез должна свободно располагаться над установленными заготовками (от обрабатываемой площадки до наивысшей точки заготовки расстояние около 151 мм) (см. черт. 7242-6310.011).

При использовании же одной цилиндрической фрезы обработка площадок возможна только с одной стороны, что значительно снижает производительность.

3.3.3 По приведенным выше соображениям предварительно принимаем вертикально-фрезерный станок модели 6P10 [6, с.189], [12, с. 51].

#### Технические характеристики станка модели 6P10

Расстояние от торца шпинделя до стола, мм .....	50...350
Размеры стола, мм .....	800 × 200
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное .....	500
поперечное .....	160
вертикальное .....	300
Конец шпинделя $\triangleright$ 7:24 (ГОСТ 19860-74) .....	конус 40
Размер T-образного паза стола (среднего), мм .....	14H8
Число скоростей шпинделя .....	12
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	50...2240
Число ступеней подач стола .....	12
Подача стола, мм/мин .....	25...1120
Скорость быстрого перемещения стола, м/мин .....	2300
Мощность электродвигателя главного движения, кВт .....	3

3.3.4 Для принятых в п. 3.3.1 условий выбираем:

1) торцевую насадную фрезу диаметром [12, с. 281], мм

$$D = (1,25 \dots 1,5)B, \quad (3.1)$$

где  $B$  – ширина фрезерования, мм;  $B = [(180 \dots 150) / 2] + 14 = 29$  мм.

$$D = 1,37 \cdot 29 = 39,73 \approx 40 \text{ мм.}$$

2) оправку для насадной фрезы и принятого станка.

3.3.5 Так как отсутствуют стандартные оправки с достаточным вылетом  $l_2$  (рисунок 3.2), принимаем стандартную оправку с доработкой.

По схеме следует  $l_1 + l_2 - l_3 = 151$  (см. п. 3.3.2), отсюда

$$l_2 = 151 - l_1 + l_3 = 151 - 32 + 11,6 = 130,6 \text{ мм}$$

Принимаем  $l_2 = 135 \text{ мм}$  (по ГОСТ 6636-69).

Принятую технологическую оснастку записываем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Принятая технологическая оснастка

Обозначение	Основные конструктивные параметры
Фреза 2210-0061 ГОСТ 9304-69	диаметр фрезы $D = 40 \text{ мм}$ , диаметр посадочного отверстия $d = 16 \text{ мм}$ , длина фрезы $l_1 = 32 \text{ мм}$ , число зубьев $Z=10$ , материал режущей части Р6М5
Оправка 6222-0052 ГОСТ 13786-68 с доработкой	диаметр под посадочное отверстие фрезы $d = 16 \text{ мм}$ , вылет от торца шпинделя до опорного буртика $l_2 = 135 \text{ мм}$ , хвостовик – конус 40 $\triangleright$ 7:24 ГОСТ 19860-74

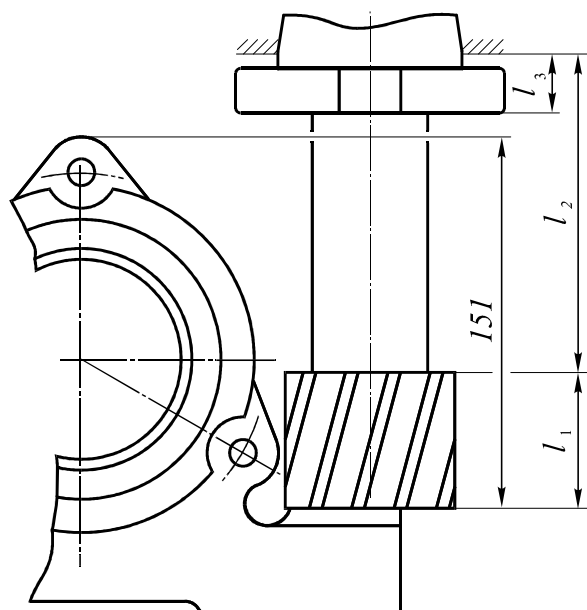


Рисунок 3.2 – Расчетная схема определения длины оправки

Из схемы видно, что длина рабочего хода при фрезеровании, мм

$$L_{р.х.} = 2 \cdot 30 + 65n, \quad (3.2)$$

где  $n$  – количество заготовок в приспособлении.

Наибольшее продольное перемещение  $L$  стола станка с рабочей подачей для модели 6Р10 – 500 мм [6, с.189]. Тогда из формулы (3.2)

$$n = \frac{L - 2 \cdot 30}{65} = \frac{500 - 2 \cdot 30}{65} = 6,8 \quad (3.3)$$

Принимаем 6 заготовок. Тогда расчетная длина рабочего хода

$$L_{р.х.} = 2 \cdot 30 + 65 \cdot 6 = 450 \text{ мм.}$$

3.4.2 Таким образом, для компоновки приспособления принимаем следующую его конструкцию: шесть заготовок устанавливаются на горизонтальную плоскость приспособления (опорные пластины) и прижимаются к ней с необходимым усилием при помощи специальной оправки (с шестью плунжерами и гидропластмассой), которая проходит через отверстие заготовок  $\varnothing 96/\varnothing 81 \text{ мм}$  (с учетом припуска) и одновременно ориентирует их в поперечном направ-

3.3.6 Прочерченная на миллиметровке (М 1:1) схема расположения выбранной инструментальной наладки и заготовки показывает, что свободный доступ фрезы к обрабатываемой площадке обеспечивается.

### 3.4 Компоновка многоместного приспособления

3.4.1 Для определения количества устанавливаемых в приспособление заготовок составляем расчетную схему (рисунок 3.3). Количество заготовок в приспособлении ограничено ходом стола станка при продольной подаче, размерами заготовки, расстоянием между смежными заготовками, а также допускаемой массой одновременно поднимаемых заготовок и элементов приспособления с ними.

Заготовки можно разместить с зазором 5 мм (включая сюда припуск на обработку отливки и зазор между заготовками).



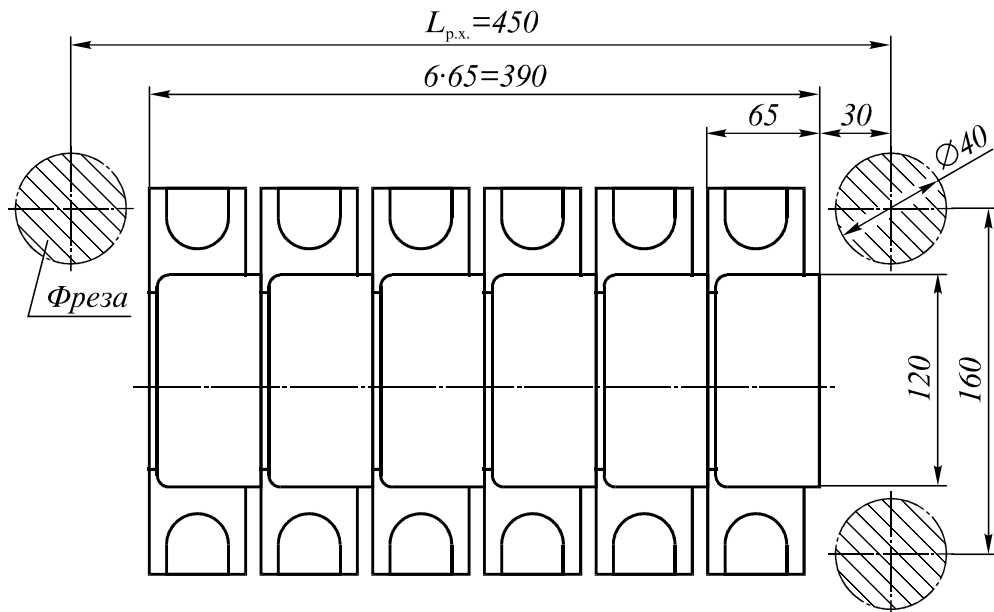


Рисунок 3.3 – Схема обработки заготовок в приспособлении

лении. Сама оправка в горизонтальной плоскости ориентируется в зажимном механизме приспособления.

3.4.3 Массу одной заготовки и ориентировочную массу оправки рассчитываем по [9]. Масса детали, кг

$$m = V\rho, \quad (3.4)$$

где  $V$  – объем детали,  $\text{мм}^3$ ;  $\rho$  – плотность материала детали, для чугуна  $\rho = 7,06 \cdot 10^{-6}$ , для стали  $\rho = 7,84 \cdot 10^{-6}$   $\text{кг}/\text{мм}^3$ .

Объем заготовки определяем по элементам (таблица 3.2)

Таблица 3.2 – Расчет объема заготовки

Элемент заготовки	Расчетная формула	Объем, $\text{мм}^3$
1. Цилиндр $\text{Ø}116 \times 60$ мм (наружный контур)		+634099,06
2. Отверстие $\text{Ø}96 \times 45$ мм (с учетом припуска)	$V = \frac{\pi D^2}{4} H$	-325720,33
3. Отверстие $\text{Ø}81 \times 15$ мм		-77294,96
4. Основание $180 \times 56 \times 28$ мм	$L \times B \times H$	+282240,00

$$V_3 = 513323,77$$

Тогда масса заготовки  $m_3 = 513323,77 \cdot 7,06 \cdot 10^{-6} = 3,62$  кг.

Ориентировочный объем оправки (прямоугольного сечения)\*

$$V = L \cdot B \cdot H = (390 + 120) \cdot 40 \cdot 80 = 1632000 \text{ мм}^3 \quad (3.5)$$

Подставив значения параметров в формулу (3.4), получим

$$m_0 = 1632000 \cdot 7,84 \cdot 10^{-6} = 12,79 \text{ кг}$$

Тогда масса оправки с шестью установленными на нее заготовками

$$M = 6m_3 + m_0 = 6 \cdot 3,62 + 12,79 = 34,51 \text{ кг} \quad (3.6)$$

\* Размеры оправки определены после ее эскизной компоновки

Так как масса оправки с установленными заготовками превышает 12 кг (максимальная масса заготовки, устанавливаемой в приспособление вручную [14, с. 642]) оправка должна иметь элементы для ее перемещения и установки грузоподъемным механизмом.

## 4 Расчеты приспособления

### 4.1 Расчет точности размеров приспособления

4.1.1 На основании заданной точности *исполнительного размера* детали (обеспечиваемого обработкой в приспособлении) необходимо рассчитать допускаемые погрешности изготовления и сборки элементов приспособления, влияющих на точность этого исполнительного размера детали.

4.1.2 Размер 28 мм на рабочем чертеже детали задан без допускаемых отклонений, поэтому принимаем допуск на него по  $h14$ , т.е.  $28_{-0,52}$  мм. Этот размер при обработке в приспособлении обеспечивается настройкой режущего инструмента, а также связан с износом режущего инструмента и установочных элементов приспособления, со смещением заготовок при закреплении, с точностью изготовления и установки приспособления на станке.

Чтобы выдержать параллельность плоскостей  $B$  фрезеруемых площадок (а значит и точность обработки на длине 390 мм) относительно оснований  $A$  заготовок нужно определить допускаемое отклонение от параллельности установочной плоскости  $A$  приспособления относительно его базовой плоскости  $B$  (рисунок 4.1). Эта величина определит допускаемую суммарную погрешность изготовления и сборки приспособления.

4.1.3 Для расчета точности изготовления и сборки приспособления используем формулу [1, с. 151]

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - k_1 \sqrt{(k_2 \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{си}}^2 + \varepsilon_{\text{изн}}^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + (k_3 \omega)^2} \quad (4.1)$$

где  $T$  – допуск выполняемого размера, мм;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий возможное отклонение рассеяния значений составляющих величин от нормального закона распределения,  $k_1 = 1,2$ ;  $\varepsilon_6, \varepsilon_3, \varepsilon_{\text{си}}, \varepsilon_{\text{изн}}, \varepsilon_{\text{уст}}$  – соответственно погрешности базирования, закрепления, от смещения инструмента, положения заготовки из-за износа установочных элементов приспособления, установки приспособления на станке, мм;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках,  $k_2 = 0,8$ ;  $k_3$  – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления,  $k_3 = 0,7$ ;  $\omega$  – экономическая точность обработки.

Погрешность базирования  $\varepsilon_6 = 0$  т.к. совмещены технологическая и измерительная базы заготовки.

Погрешность закрепления  $\varepsilon_3 = 0,07$  мм [там же, с. 162, таблица 75].

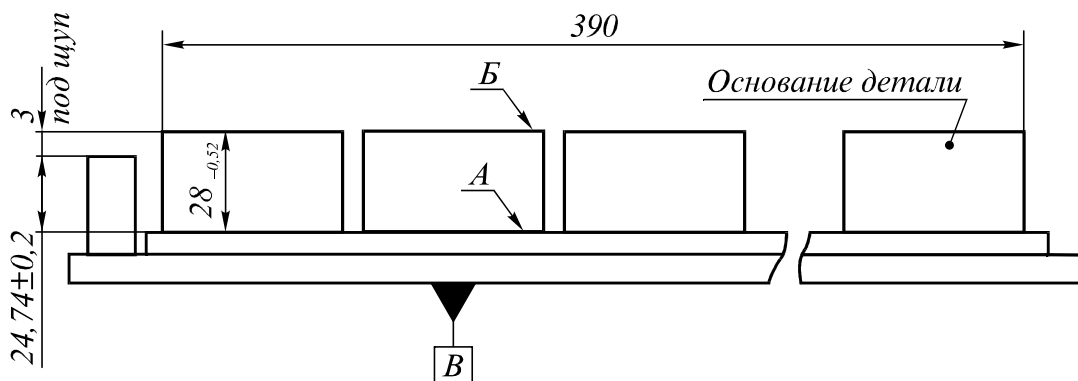


Рисунок 4.1 – Схема расчета точности приспособления

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПТО-КП.548.02ПЗ				

Погрешность установки приспособления  $\epsilon_{уст}$  может возникнуть в горизонтальной плоскости из-за зазора между базирующей шпонкой плиты приспособления и  $T$ -образным пазом стола станка. Но данная погрешность не влияет на уровень настройки инструмента по высоте. Поэтому принимаем  $\epsilon_{уст} = 0$ .

Погрешность из-за износа установочных элементов приспособления [там же, с. 169]

$$\epsilon_{изн} = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4 \frac{N}{N_0} \quad (4.2)$$

где  $U_0$  – средний износ установочных элементов приспособления для чугуновой заготовки при усилии зажима  $W = 10$  кН и базовом числе установок  $N_0 = 100000$  шт, для опорных гладких пластин из стали 20Х с цементацией  $U_0 = 0,055$  мм;  $k_1 \dots k_4$  соответственно коэффициенты, учитывающие влияние материала заготовки, оборудования, условий обработки и числа установок заготовки,  $k_1 = 1,0$ ;  $k_2 = 1,0$ ;  $k_3 = 1,12$ ;  $k_4 = 1,0$  [там же, с. 174, таблицы 81, 82].

Тогда

$$\epsilon_{изн} = 0,055 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot \frac{80000}{100000} = 0,049 \text{ мм}$$

При настройке положения инструмента по отношению к приспособлению с помощью щупа погрешность смещения инструмента [там же, с. 173]

$$\epsilon_{си} = \Delta_n + T_{щ} = 0,02 + 0,006 = 0,026 \text{ мм} \quad (4.3)$$

где  $\Delta_n$  – погрешность установки инструмента по щупу, зависящая от точности механизма перемещения инструмента; принимаем за эту погрешность цену деления лимба вертикального перемещения консоли станка мод. 6Р10,  $\Delta_n = 0,02$  мм;  $T_{щ}$  – допуск на изготовление щупа (по ГОСТ 8925-68), для 6-го качества принимаем  $T_{щ} = 0,006$  мм.

Экономическая точность обработки при чистовом (получистовом) фрезеровании торцовой фрезой – по 11...12 качеству [10, с. 235, таблица 2.63].

Для размера 28 мм принимаем  $\omega = 0,21$  мм [там же, с.170, таблица 2.10].

Подставив в формулу (5.1) числовые значения, получим

$$\epsilon_{пр} = 0,52 - 1,2 \sqrt{0,07^2 + 0,049^2 + 0,026^2 + (0,7 \cdot 0,21)^2} = 0,31 \text{ мм.}$$

4.1.4 По ГОСТ 24643-81 [5, с. 108] округляем допуск до ближайшего меньшего значения  $\epsilon_{пр} = 0,30$  мм. Это и будет допуск параллельности поверхности установочных пластин приспособления относительно базовой поверхности  $B$  (см. рисунок 4.1).

## 4.2 Расчет припусков и режимов резания

4.2.1 По [11, с.187, таблица 28] принимаем припуск на однократное фрезерование площадки до 1,0 мм.

4.2.2 Расчет режимов резания

*Исходные данные:*

- 1) обрабатываемый материал — чугун СЧ35 ГОСТ 1412-85, 197...269 НВ (п. 3.1.2);
- 2) режущий инструмент — фреза 2210-0061 ГОСТ 9304-69 (насадная торцовая,  $D = 40$  мм,  $Z = 10$  зубьев, Р6М5) (таблица 3.1);
- 3) глубина резания  $t = 1$  мм;
- 4) обработка без охлаждения.

Принимаем стойкость фрезы  $T = 120$  мин [12, с. 290, таблица 40].

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПТО-КП.548.02ПЗ					10

Подача фрезы при *чистовом* фрезеровании  $S_0 = 2,7$  мм/об [там же, таблица 37].

Тогда подача на зуб фрезы

$$S_z = \frac{S_0}{Z} = \frac{2,7}{10} = 0,27 \text{ мм/зуб} \quad (4.4)$$

Скорость резания, м/мин

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v \quad (4.5)$$

где  $C_v$  – коэффициент скорости резания [там же, таблица 39];  $D$  – диаметр фрезы, мм;  $B$  – ширина фрезерования, мм;  $q, m, x, y, u, p$  – показатели степени [там же, таблица 39];  $K_v$  – поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Иv} \quad (4.6)$$

где  $K_{Mv}, K_{Pv}, K_{Иv}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно свойства обрабатываемого материала, состояние поверхности заготовки, материал инструмента [там же, таблицы 1...6]

$$K_{Mx} = \left(\frac{190}{HB}\right)^n = \left(\frac{190}{269}\right)^{0,95} = 0,72 \quad (4.7)$$

$$K_v = 0,72 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,58$$

Подставив найденные значения величин в формулу (4.2), получим

$$v = \frac{42 \cdot 40^{0,2}}{120^{0,15} \cdot 1^{0,1} \cdot 0,27^{0,4} \cdot 30^{0,1} \cdot 10^{0,1}} \cdot 0,58 = 40,88 \text{ м/мин.}$$

Тогда частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 40,88}{3,14 \cdot 40} = 325,3 \text{ мин}^{-1} \quad (4.8)$$

#### 4.2.3 Определение частот вращения шпинделя и подач станка 6P10.

Предельные частоты вращения шпинделя  $n = 50...2240 \text{ мин}^{-1}$ . Число скоростей шпинделя  $s = 12$  (п. 3.3.3)

Тогда знаменатель геометрического ряда частот вращения шпинделя

$$\varphi = \sqrt[s-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[11]{\frac{2240}{50}} = 1,41 \quad (4.9)$$

По ОСТ 2 Н11-1-72 принимаем стандартный  $\varphi = 1,41$ . Тогда частоты вращения шпинделя ( $n_{i+1} = \varphi \cdot n_i$ ) после округления по нормальным рядам частот вращения (подач),  $\text{мин}^{-1}$   
50; 71; 100; 140; 200; 280; 400 и т.д.

Принимаем  $n_{п} = 280 \text{ мин}^{-1}$ .

Тогда действительная скорость резания

$$v_d = \frac{\pi D n_{п}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 280}{1000} = 35,19 \text{ м/мин} \quad (4.10)$$

Минутная подача фрезы

$$S_M = S_0 \cdot n_{п} = 2,7 \cdot 280 = 756 \text{ мм/мин} \quad (4.11)$$

Аналогично частоте вращения шпинделя определяем ряд подач станка.

Продольные подачи стола  $S_M = 25...1120 \text{ мм/мин}$ . Число подач стола  $s = 12$ .

					<b>ПТО-КП.548.02ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

При этом  $\varphi = 1,41$ , а подачи 25; 35,5; 50; 71; 100; 140; 200; 280; 400; 560; 800 и т.д. Принимаем  $S_m = 560$  мм/мин.

Тогда действительная подача на зуб  $S_z = \frac{S_m}{n_{\text{п}} z} = \frac{560}{280 \cdot 10} = 0,2$  мм/зуб

4.2.4 Сила резания [там же, с. 282 и таблица 41], Н

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u Z}{D^q n_{\text{п}}^w} K_{M_p}, \quad (4.12)$$

где  $C_p$  – коэффициент силы резания,  $t$  – глубина резания (п. 4.2.2);  $S_z$  – подача на зуб фрезы, мм/зуб;  $B$  – ширина фрезерования, мм (п. 3.3.4);  $Z$  – число зубьев фрезы,  $Z = 29$ ;  $D$  – диаметр фрезы, мм,  $D = 40$  мм (таблица 3.1);  $n_{\text{п}}$  – принятая частота вращения шпинделя,  $n_{\text{п}} = 280$  мин<sup>-1</sup>.

Поправочный коэффициент [там же, с. 264]

$$K_{M_p} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n = \left( \frac{269}{190} \right)^{0,55} = 1,21 \quad (4.13)$$

Подставляя в формулу (4.9) числовые значения, получим силу резания

$$P_z = \frac{10 \cdot 50 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,2^{0,72} \cdot 29^{1,14} \cdot 10}{40^{1,14} \cdot 280^0} \cdot 1,21 = 1316,1 \text{ Н}$$

4.2.5 Эффективная мощность резания [там же, с. 290]

$$N_{\epsilon} = \frac{P_z v_d}{1020 \cdot 60} = \frac{1316,1 \cdot 35,19}{1020 \cdot 60} = 0,76 \text{ кВт} \quad (4.14)$$

Мощность привода главного движения с учетом КПД

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 3 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ кВт} \quad (4.15)$$

где  $N_{\text{дв}}$  – мощность двигателя,  $N_{\text{дв}} = 3$  кВт (см. п. 3.3.3);  $\eta$  – коэффициент полезного действия,  $\eta = 0,8$ .

4.2.6 Основное время

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}} \cdot i}{S_m} = \frac{450 \cdot 2}{560} = 1,61 \text{ мин} \quad (4.16)$$

где  $L_{\text{р.х.}}$  – длина рабочего хода стола станка (см. рисунок 3.3);  $i$  – число рабочих ходов,  $i = 2$ , так как площадки обрабатываются последовательно с двух сторон.

### 4.3 Расчет усилия зажима детали

4.3.1 Для принятой схемы закрепления (рисунок 4.2) усилие зажима заготовок определяется по формуле [1, с. 204], Н

$$W = \frac{kP_z}{f_1 + f_2}, \quad (4.17)$$

где  $W$  – усилие закрепления заготовки, Н;  $k$  – коэффициент запаса;  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания,  $P_z = 1316,1$  Н (см. п. 4.2.4);  $f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты трения между по-

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПТО-КП.548.02ПЗ				

верхностями заготовки и зажимными и установочными элементами приспособления соответственно,  $f_1 = f_2 = 0,15$  [1, с. 207, таблица 96].

Коэффициент запаса [там же, с. 199]

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,81 \quad (4.18)$$

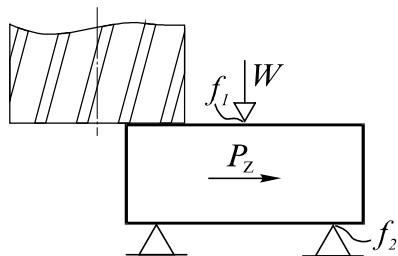


Рисунок 4.2 – Расчетная схема усилия зажима заготовки

где  $k_0$  – гарантированный коэффициент запаса для всех случаев,  $k_0 = 1,5$ ;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, для черновых заготовок  $k_1 = 1,2$ ;  $k_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от затупления инструмента,  $k_2 = 1,3$  [там же, с. 206, таблица 95];  $k_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании при точении,  $k_3 = 1$ ;  $k_4$  – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой силовым приводом приспособления, для гидропластовых элементов  $k_4 = 1,2$ ;  $k_5$  – коэффициент, учитывающий эргономику зажимного устройства приспособления, при удобном расположении и малом угле поворота рукоятки  $k_5 = 1$ .

Подставив в формулу (5.4) значения, получим

Подставив в формулу (5.4) значения, получим

$$W = \frac{2,81 \cdot 1316,1}{0,15 + 0,15} = 12327,47 \text{ Н}$$

Таким образом, плунжеры оправки приспособления должны равномерно зажимать заготовки с усилием  $W = 12327,47 \text{ Н}$ .

#### 4.4 Расчет зажимного механизма приспособления

Сама оправка по концам зажимается двумя Г-образными прихватами с винтовым механизмом. Поэтому на каждый прихват будет приходиться в два раза меньшее усилие  $W_0 = W/2 = 6163,74 \text{ Н}$ .

4.3.2 В связи с потерями на трение в прихвате для обеспечения расчетного усилия  $W_0$  потребуется несколько большее осевое усилие  $Q$ , непосредственно развиваемое винтовым механизмом.

Для этого воспользуемся формулой [там же, с. 224]

$$W_0 = (Q - q) \left( 1 - \frac{3fL}{H} \right) \quad (4.19)$$

где  $Q$  – усилие, приложенное к прихвату винтовым механизмом, Н (рисунок 4.3);  $q$  – усилие возвратной пружины, Н;  $f$  – коэффициент трения в направляющих прихвата,  $f = 0,05 \dots 0,1$ ;  $L$  – плечо приложения усилия прихвата, мм;  $H$  – длина опорной поверхности направляющих прихвата (определяется по компоновочному эскизу), мм.

Преобразуя формулу (5.6), получим

$$Q = \frac{W_0}{1 - \frac{3fL}{H}} + q \quad (4.20)$$

По ГОСТ 13165-67 [13, с. 221] определяем усилие возвратной пружины 7039-2026 при сжатии ее от  $H_0 = 110 \text{ мм}$  (в свободном состоянии) до рабочего перемещения  $H_p = 70 \text{ мм}$  (определенного по компоновочному эскизу).

						Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПТО-КП.548.02ПЗ	

Из соотношения  $\frac{P_2}{H_0 - H_2} = \frac{q}{H_0 - H_p}$  определяем усилие пружины

$$q = \frac{P_2(H_0 - H_p)}{H_0 - H_2} = \frac{104 \cdot (110 - 70)}{110 - 42} = 61,18 \text{ Н} \quad (4.21)$$

где  $P_2$  – предварительная нагрузка, Н;  $H_2$  – высота пружины под нагрузкой  $P_2$ , мм;  $H_0$  и  $H_p$  – высота пружины соответственно в свободном состоянии и при рабочем перемещении, мм.

Подставив в формулу (5.7) значения параметров, определяем

$$Q = \frac{6163,74}{1 - \frac{3 \cdot 0,08 \cdot 50}{60}} + 61,18 = 7765,86 \text{ Н}$$

По [7, с. 131] номинальный диаметр резьбы винта, мм

$$d = c \sqrt{\frac{Q}{[\sigma_p]}} \quad (4.22)$$

где  $c$  – коэффициент, для основной метрической резьбы  $c \approx 1,4$ ;  $Q$  – потребная осевая сила на винте, Н;  $[\sigma_p]$  – допустимое напряжение при растяжении, для винта из стали 45 с учетом износа резьбы  $[\sigma_p] = 80 \dots 100$  МПа.

Подставив в формулу (5.8) значения параметров, определяем

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{7765,86}{80}} = 13,8 \text{ мм}$$

Так как по ГОСТ 24705-81 резьба М14 не предпочтительна, принимаем для конструирования винтовой механизм с резьбой М16.

По [13, с. 385] вычисляем угол подъема резьбы

$$\alpha = \arctg \frac{P}{\pi d_2} = \arctg \frac{2}{3,14 \cdot 14,701} = 2,48^\circ \quad (4.23)$$

					<b>ПТО-КП.548.02ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

где  $P$  – шаг резьбы, мм;  $d_2$  – средний диаметр резьбы, мм.

Тогда КПД винтового механизма [там же, с. 388]

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{2f_1}{3d_2} \cdot \frac{D_{\text{н}}^3 - d_{\text{в}}^3}{D_{\text{н}}^2 - d_{\text{в}}^2}} \quad (4.24)$$

где  $\varphi_{\text{пр}}$  – приведенный угол трения в резьбе, для метрической резьбы  $\varphi_{\text{пр}} = 6,59^\circ$ ;  $f_1$  – коэффициент трения между гайкой и ее опорной поверхностью,  $f_1 = 0,15$ ;  $D_{\text{н}}$ ,  $d_{\text{в}}$  – соответственно наружный и внутренний диаметры опорного торца гайки, для цилиндрической потайной гайки по ГОСТ 14729-69  $D_{\text{н}} = 28$  мм (с учетом фаски  $1 \times 45^\circ$ ),  $d_{\text{в}} = 16$  мм (в соответствии с наибольшим диаметром резьбы).

Подставив в формулу (5.11) значения параметров, определяем КПД

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 2,48^\circ}{\operatorname{tg}(2,48^\circ + 6,59^\circ) + \frac{2 \cdot 0,15}{3 \cdot 14,701} \cdot \frac{28^3 - 16^3}{28^2 - 16^2}} = 0,11$$

Так как рассчитанный КПД  $\eta < 0,4$  – винтовой механизм надежен против самоотвинчивания [13, с. 385].

Вычисляем расчетный момент, который нужно приложить к гайке для создания осевой силы  $Q$  [там же].

$$\begin{aligned} M_{\text{р}} &= Q \left[ 0,5d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{f_1}{3} \cdot \frac{D_{\text{н}}^3 - d_{\text{в}}^3}{D_{\text{н}}^2 - d_{\text{в}}^2} \right] = \\ &= 7764,68 \cdot 14,701 \cdot \operatorname{tg}(2,48^\circ + 6,59^\circ) + \frac{0,15}{3} \cdot \frac{28^3 - 16^3}{28^2 - 16^2} = 18224,03 \text{ Н} \cdot \text{мм} \end{aligned} \quad (4.25)$$

С учетом того, что при откреплении преодолевается трение покоя, расчетный момент при закреплении заготовки необходимо увеличить в 1,2 раза [13, с. 389, примечание 2].

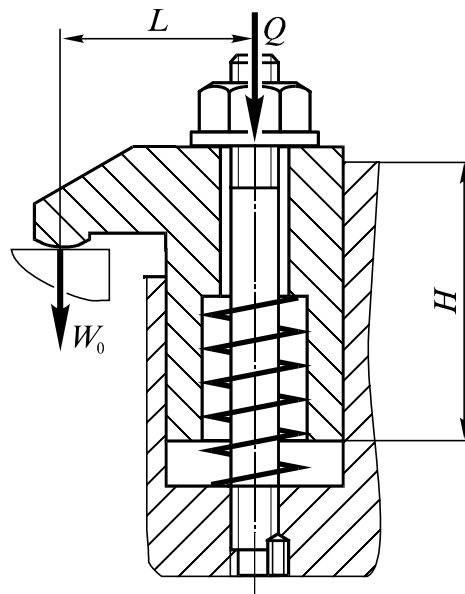


Рисунок 4.3 – Расчетная схема усилия зажима заготовки



$$M = 1,2M_p = 1,2 \cdot 18224,03 = 21868,84 \text{ Н}\cdot\text{мм} \quad (4.26)$$

Из уравнения  $M = P_{\text{ручн}} \cdot L$ , где  $P_{\text{ручн}}$  – усилие закрепления рукой, по [13, с. 375]  $P_{\text{ручн}} = 145 \dots 195 \text{ Н}$ ;  $L$  – плечо силы (длина рукоятки), мм определяем длину рукоятки

$$L = \frac{M}{P_{\text{ручн}}} = \frac{21868,84}{145} = 150,8 \text{ мм} \quad (4.27)$$

Для облегчения труда рабочего принимаем  $L = 200 \text{ мм}$ .

Таким образом, окончательно принимаем рассчитанные параметры зажимного механизма приспособления.

#### 4.5 Конструктивные расчеты элементов приспособления

##### 4.5.1 Определение группы сложности приспособления

По [14, с. 52] для следующих показателей: крупное приспособление с корпусом средней сложности, простого действия, с 19 наименованиями деталей принимаем группу сложности приспособления – IV.

##### 4.5.2 Расчет уровня стандартизации приспособления

Уровень стандартизации сконструированного приспособления определяем по формуле

$$Y_c = \frac{C}{O} \cdot 100 = \frac{69}{83} \cdot 100 = 83,1 \% \quad (4.28)$$

где  $C$  – число стандартных деталей (по спецификации ПТО-КП.548.02.01), шт;  $O$  – общее число деталей приспособления, шт.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

**ПТО-КП.548.02ПЗ**

Лист

16

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонюк, В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. пособие. –Мн.: Беларусь, 1991. –400 с.
2. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1. –М.: Машиностроение, 1980. –728 с.
3. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. –М.: Машиностроение, 1980. –559 с.
4. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.3. –М.: Машиностроение, 1980. –557 с.
5. Гжиров, Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник. –Л.: Машиностроение, 1984. –464 с.
6. Горбачевич, А.Ф., Шкред, В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. -4-е изд. –Мн.: Вышэйшая школа, 1983. –256 с.
7. Горохов, В.А. Проектирование и расчет приспособлений. –Мн.: Вышэйшая школа, 1986. –238 с.
8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. –736 с.
9. Поливанов, П.М., Поливанова Е.П. Таблицы для подсчета массы деталей и материалов: Справочник. – 10-е изд. –М.: Машиностроение, 1987. –304 с.
10. Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы / В.Л. Соломахо и др. –Мн.: Вышэйшая школа, 1988. –272 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 3-е изд. –М.: Машиностроение, 1972. –694 с.
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. –М.: Машиностроение, 1985. –496 с.
13. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.1 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. –М.: Машиностроение, 1984. –592 с.
14. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. –М.: Машиностроение, 1984. –656 с.

					<i>ПТО-КП.548.02ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17