

«УТВЕРЖДАЮ»  
Декан МСФ  
\_\_\_\_\_ Р.И. Дедюх  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2008 г.

РАСЧЁТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ  
И ТРЕБУЕМУЮ СИЛУ ЗАЖИМА ЗАГОТОВКИ

Методические указания к практическим занятиям  
по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов  
направления 552900 «Технология, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств»

УДК 621.81.002

Расчёт приспособлений на точность и требуемую силу зажима заготовки. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов направления 552900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» – Томск: изд. ТПУ, 2008 г. с.

Составители: доцент, к.т.н. Гаврилин А.Н.  
доцент, к.т.н. Пушкаренко А.Б.

Рецензент .

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры «Автоматизация и роботизация в машиностроении» МСФ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2008 г.

Зав. кафедрой «АРМ»  
проф., д.т.н.

П. Я. Крауиньш

# 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Современная технологическая оснастка характеризуется многообразием служебного назначения. С помощью нее, например, осуществляется:

1. Базирование и закрепление обрабатываемых деталей и режущих инструментов на станках.
2. Ограничение хода инструмента и деталей.
3. Направление инструментов и деталей.
4. Поднятие, перемещение и загрузка деталей.
5. Проверка величины шероховатости поверхностей, правильности расположения деталей в узле машины.
6. Придание определенного положения деталям при сборке и т.д.

Для получения навыков по созданию оснастки отвечающей своему служебному назначению студент должен обладать знаниями по различным общетехническим и специальным дисциплинам, таким как: основы конструирования, материаловедение, основы технологии машиностроения, резание металлов, конструирование станков, проектирование инструмента, технологическая оснастка, основы САПР.

Студент обязан научиться исходя из необходимости обеспечения конкретных технических требований на технологической операции:

- осуществлять выбор оптимальной схемы установки детали на станке, обеспечивая при этом: рациональную схему базирования заготовки, рациональную схему закрепления заготовки, правильный выбор величины, места и направления приложения силы зажима;
- осуществлять выбор привода приспособления;
- осуществлять выбор средств автоматизации приспособления.

На основании принятия решений по вышеизложенным вопросам он должен уметь

- составить схему приспособления;
- разработать конструкцию приспособления;
- осуществить расчет приспособления на точность, жесткость и развиваемое усилие зажима.

В этой связи для углубления и закрепления знаний, полученных студентами при изучении обязательных дисциплин, а также для развития навыков и способностей по самостоятельному решению студентом задач по разработке, расчету и конструированию технологической оснастки сформулированы контрольные задания (см. Приложение 2).

Расчёт приспособления рекомендуется проводить в следующей последовательности:

1. Проанализировать последовательность обработки поверхностей детали, технические условия на точность и шероховатость, которые необходимо обеспечить на заданной технологической операции.

2. Выбрать схему установки детали так, чтобы погрешность базирования была минимальна или равна нулю.

3. Составить схему приспособления.

4. Рассчитать требуемую силу зажима заготовки, выбрать направление и место её приложения так, чтобы погрешность закрепления была минимальна.

5. Рассчитать допустимую погрешность приспособления исходя из технических условий на точность заданных на данную технологическую операцию (по одному параметру, указанному преподавателем).

6. Выбрать привод приспособления и произвести расчёт его параметров, исходя из условия обеспечения требуемой силы зажима.

7. Произвести предварительную компоновку элементов приспособления.

8. Осуществить кинематический и прочностной расчёт элементов приспособления.

9. Начертить общий вид приспособления. Сформулировать основные технические требования к нему.

10. Описать статическое состояние приспособления, перечислив детали, из которых оно состоит, указать марку материала этих деталей, их твердость, шероховатость рабочих поверхностей.

11. Описать последовательность работы приспособления («динамику» приспособления).

При компоновке приспособления необходимо шире использовать стандартные детали, узлы и агрегаты.

## 2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

### 2.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Разработать для случая среднесерийного производства механизированное приспособление для фрезерования поверхности L, согласно требованиям чертежа (см. рис. 1). Обработка осуществляется торцевой фрезой Ø25 мм ГОСТ 17025.71.

2.1.1. Предложить схему установки заготовки.

2.1.2. Рассчитать требуемую силу зажима заготовки W, направление и место ее приложения при условии  $P_x=P_y=1500\text{Н}$  (направления составляющих силы резания на технологические оси указаны на рис. 4).

2.1.3. Рассчитать допустимую погрешность приспособления для получения заданного требования параллельности поверхностей детали (см. рис. 1).

2.1.4. Выбрать оптимальный вариант системы приспособления, его привод и осуществить расчет привода.

### 2.2. РАСЧЕТ

#### 2.2.1. Выбор схемы установки

Выбор схемы установки изделия в приборостроении осуществляется исходя из условия минимизации погрешности установки ( $\Delta_y$ ), которая в общем случае определяется по формуле:

$$\overline{\Delta_y} = \overline{\Delta_\delta} + \overline{\Delta_3} + \overline{\Delta_{пр}}, \quad (1)$$

где  $\Delta_\delta$  – погрешность базирования;  $\Delta_3$  – погрешность закрепления;  $\Delta_{пр}$  – погрешность приспособления.

$R_z 20$

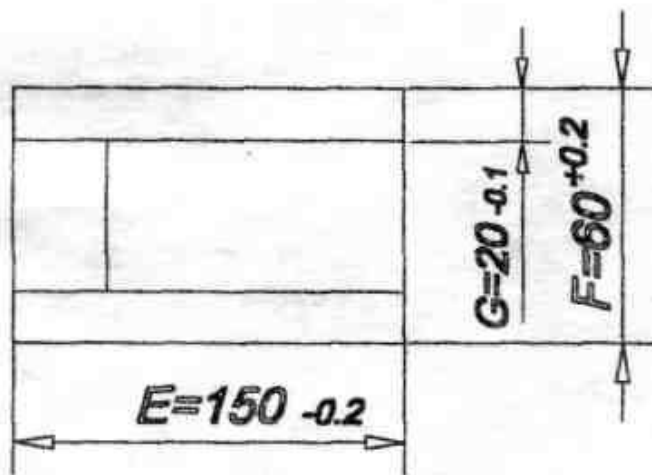
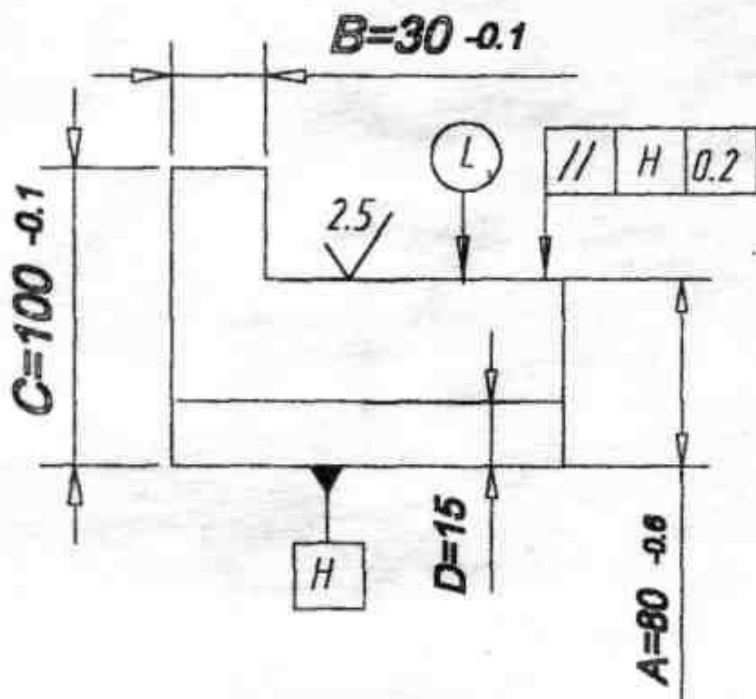


Рис.1 Эскиз детали,

### **2.2.1.1. Выбор схемы базирования.**

В данном случае при обработке поверхности L необходимо выдержать размер A (см. рис. 1). Погрешность базирования размера A ( $\Delta_{\delta A}$ ) будет равна нулю, если технологическая и измерительная база для этого размера будет совпадать. Это условие выполняется, если базирование осуществляется по поверхности I (установочная база). При полном базировании заготовки в качестве других базовых поверхностей можно, например, взять поверхность II (направляющая база), поверхность III (опорная база) (см. рис. 2).

### **2.2.1.2. Выбор места и направления приложения сил зажима.**

Местом приложения силы зажима выбираем поверхность IV (см. рис. 2). Для обеспечения минимальности деформации базовой поверхности I и перекоса изделия при закреплении, а, следовательно, уменьшения погрешности закрепления  $\Delta_z$ , распределяем силу зажима W по трем точкам (см. рис.3). Хотя в данном случае не удастся совместить направления сил резания с направлением сил зажима (см. рис.4), благодаря воздействию усилия зажима на поверхность детали, имеющую наибольшую площадь (поверхность I), обеспечивается надежное, устойчивое закрепление заготовки при обработке поверхности L.

## **2.2.2. Расчет требуемой силы зажима заготовки**

В соответствии с выбранным циклом обработки заготовки (см. рис.4), составляющие силы резания  $P_x$ ,  $P_y$  будут стремиться либо опрокинуть, либо сдвинуть обрабатываемую деталь относительно установочных элементов приспособления.

В общем случае расчет силы зажима W необходимо производить для каждой составляющей силы резания и для обоих случаев смещения детали относительно опор. Затем, из полученных значений W брать для дальнейших расчетов ее наибольшее значение. В примере расчет силы зажима W производим, составляя уравнения баланса сил и баланса моментов в соответствующей системе координат.

### **2.2.2.1. Расчет W ( $W_1$ ) по балансу сил**

Сила  $P_x$  создает сдвигающее усилие, что может привести к отрыву заготовки от опор 6 (см. рис.5). С учетом этого уравнение баланса сил запишется в виде:

$$P_x \leq k \cdot W_1 \cdot f, \quad (2)$$

где k – коэффициент запаса,  $k=2,5$ ;

$W_1$ - искомая сила зажима при учете только силы  $P_x$ ;

$P_x$  – составляющая силы резания;

f – коэффициент трения в контакте «опора – базовая поверхность» заготовки. Согласно [ 8 ], если поверхность заготовки имеет шероховатость  $R_z 20$ , то поверхность опоры должна быть выполнена с шероховатостью не менее  $R_a 0,2$ , в этом случае коэффициент трения при контакте этих поверхностей будет равен  $f=0,3$ .

Тогда, из выражения (2) находим значения для  $W_1$ :

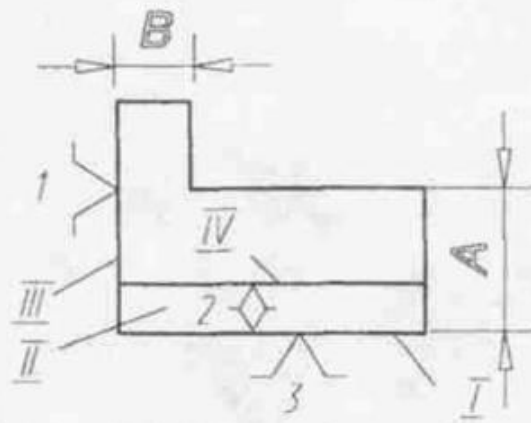


Рис.2 Схема базирования,

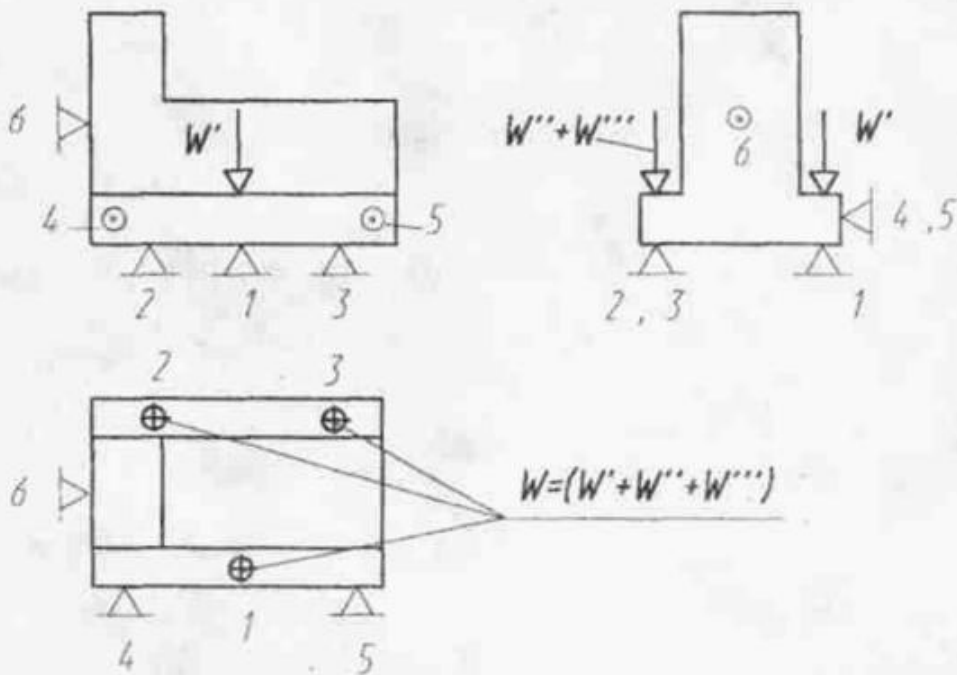


Рис.3 Схема приложения сил зажима и установки опор.



Рис.4 Траектория движения инструмента.

$$W_1 \geq \frac{P_x}{k \cdot f} = \frac{1500}{2,5 \cdot 0,3} \geq 2000 \text{ Н.} \quad (3)$$

Для силы  $P_y$  значение  $W_1$  будет таким же, т.к. в данном примере  $P_x = P_y$

### 2.2.2.2. Расчет $W$ ( $W_2$ или $W_3$ ) по балансу момента.

Сила  $P_x$  приводит к возникновению опрокидывающего момента относительно точки  $O_1$  и отрыву заготовки от опор 1, 2 (см. рис.5).

Уравнение баланса моментов для этого случая запишется в виде:

$$P_x \cdot A \leq k \cdot [W' \cdot A_2 + W'' \cdot (A_2 + A_3)], \quad (4)$$

где  $A$  – плечо между линией действия силы  $P_x$  и точкой  $O_1$ ;

$A_2$  и  $A_3$  – плечи между линиями действия составляющих силы зажима  $W_2$ , а именно  $W', W''$  соответственно и точкой  $O_1$ :

$$\text{Здесь } W' = W'' = W''' = \frac{W_2}{3}. \quad (5)$$

Из выражений (4), (5) находим значение  $W_2$ :

$$W_2 \geq \frac{3 \cdot P_x \cdot A}{k \cdot (2A_2 + A_3)} = \frac{3 \cdot 1500 \cdot 80}{2,5 \cdot (2 \cdot 65 + 65)} \geq 740 \text{ Н.} \quad (6)$$

Сила  $P_y$  приводит к возникновению опрокидывающего момента относительно точки  $O$  и отрыву заготовки от опор 1, 4, 5 (см. рис.5).

Уравнение баланса моментов для этого случая запишется в виде:

$$P_y \cdot A \leq k \cdot W' \cdot F_1, \quad (7)$$

где  $A$  – плечо между линией действия силы  $P_y$  и точкой  $O$ ;

$F_1$  – расстояние между опорами. Величина  $F_1$  выбирается из конструктивных соображений  $F_1 \approx (F - 10) = (60 - 10) = 50 \text{ мм}$ ,

$W'$  – составляющая силы зажима.

$$W' = W_3 / 3. \quad (8)$$

Из выражений (7), (8) находим значение  $W_3$ :

$$W_3 \geq \frac{3 \cdot P_y \cdot A}{k \cdot F_1} \geq \frac{3 \cdot 1500 \cdot 80}{2,5 \cdot 50} \geq 2880 \text{ Н.} \quad (9)$$

Из расчетных значений силы зажима  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  выбираем максимальное значение для дальнейших расчетов т.е.  $W = 2880 \text{ Н}$ .

### 2.2.3. Расчет приспособления на точность

В данном примере после обработки поверхности  $L$  на детали необходимо обеспечить требование параллельности этой поверхности к поверхности  $H$  в пределах  $0,02 \text{ мм}$  (см. рис.1).

В нашем случае заготовка 6 базовыми поверхностями устанавливается на опоры 1, 2, 3, 4, размещенные на угольнике 5, закрепленном на корпусе 7 приспособления. Таким образом, чтобы обеспечить выше указанное требование на этом приспособлении, нужно определить допустимую непараллельность рабочей



поверхности А опор 1, 2, 3, относительно поверхности В' корпуса 7 приспособления, контактирующей с поверхностью стола фрезерного станка 8 (см. рис.6).

Приняв допустимую непараллельность между поверхностями А и В' ( $\delta_{пр}$ ) за допустимое значение погрешности изготовления приспособления по этому параметру ( $\Delta_{пр}$ ), расчет ее осуществляем по методике изложенной в [8]. Согласно этого источника:

$$\delta_{пр} = \Delta_{пр} \leq T - K \sqrt{(k_1 \cdot \Delta_{\delta})^2 + \Delta_3^2 + \Delta_y^2 + \Delta_u^2 + \Delta_{II}^2 + (k_2 \cdot \omega)^2}, \quad (10)$$

где Т- допуск на непараллельность поверхностей L и Н детали. Здесь Т=0,2 мм; К – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения: К=1,0÷1,2;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при настроенных станках:  $k_1=0,8\div0,85$ ;  $k_2$ - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления:  $k_2 = 0,6\div0,8$ ;  $\Delta_3$  – погрешность закрепления заготовки в приспособлении;  $\Delta_y$  – погрешность установки приспособления на станке;  $\Delta_u$ - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления;  $\Delta_{II}$ - погрешность, возникающая от перекоса инструмента,  $\omega$  - экономическая точность обработки.

Отсюда определяем необходимую точность приспособления для выдерживания требования параллельности поверхностей L и Н.

1. Погрешность базирования  $\Delta_{\delta}=0$ , так как при установке детали в приспособлении установочная и измерительные базы совмещены, см. разделы 2.2.1.1.

2. Погрешность закрепления  $\Delta_3$  согласно табл. ПЗ [8] равна 0,09 мм.

3. Погрешность установки приспособления на станке в выбранном направлении  $\Delta_y \approx 0$ , так как корпус 7 приспособления, закрепленного на столе станка, по всей поверхности соприкасается со столом 8 фрезерного станка практически без зазора. В случае же расчета  $\Delta_{пр}$ , например, для обеспечения непараллельности поверхностей С и С<sub>1</sub> (см. рис. 5) погрешность установки будет больше нуля ( $\Delta_y > 0$ ) и ее необходимо рассчитывать. В таком случае на ее величину будут влиять зазор между боковыми поверхностями направляющих шпонок 9 и Т- образным пазом стола 8 станка, а также расстояние между шпонками вдоль стола станка [12].

4. Погрешность износа установочных элементов приспособления находим согласно [4]:

$$\Delta_u = \Delta_{u0} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (11)$$

где  $\Delta_{u0}$  – средний износ установочных элементов приспособления, для нашего случая находим из [4] -  $\Delta_{u0}=0,085$  мм;

$k_1 - k_4$  – соответственно коэффициенты, учитывающие влияние материала заготовки, вид оборудования, условия обработки, число установок заготовки. Согласно таблиц источника [4], принимаем  $k_1=0,97$ ;  $k_2=1$ ;  $k_3=0,94$ ;  $k_4=0,02$ .

Подставляя все значения в (11) находим:

$$\Delta_u = 0,085 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,02 = 0,00155 \text{ мм.} \quad (12)$$

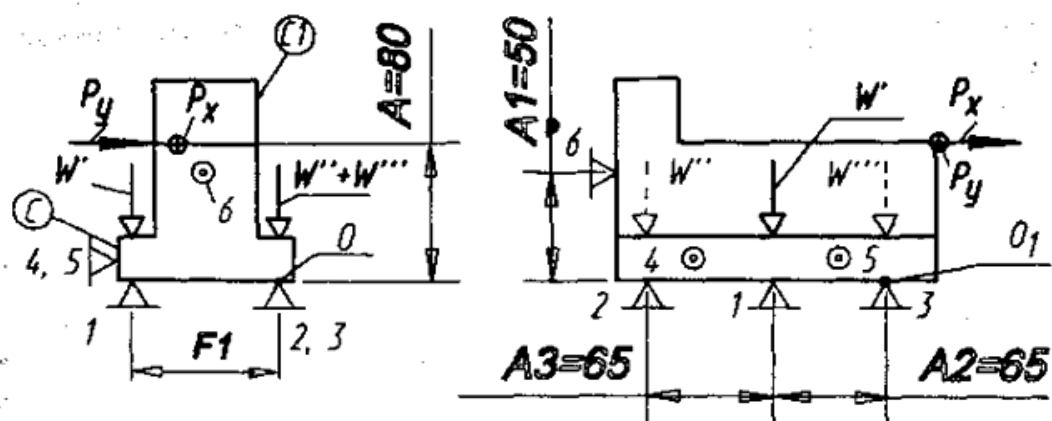


Рис.5 Силы, действующие на заготовку

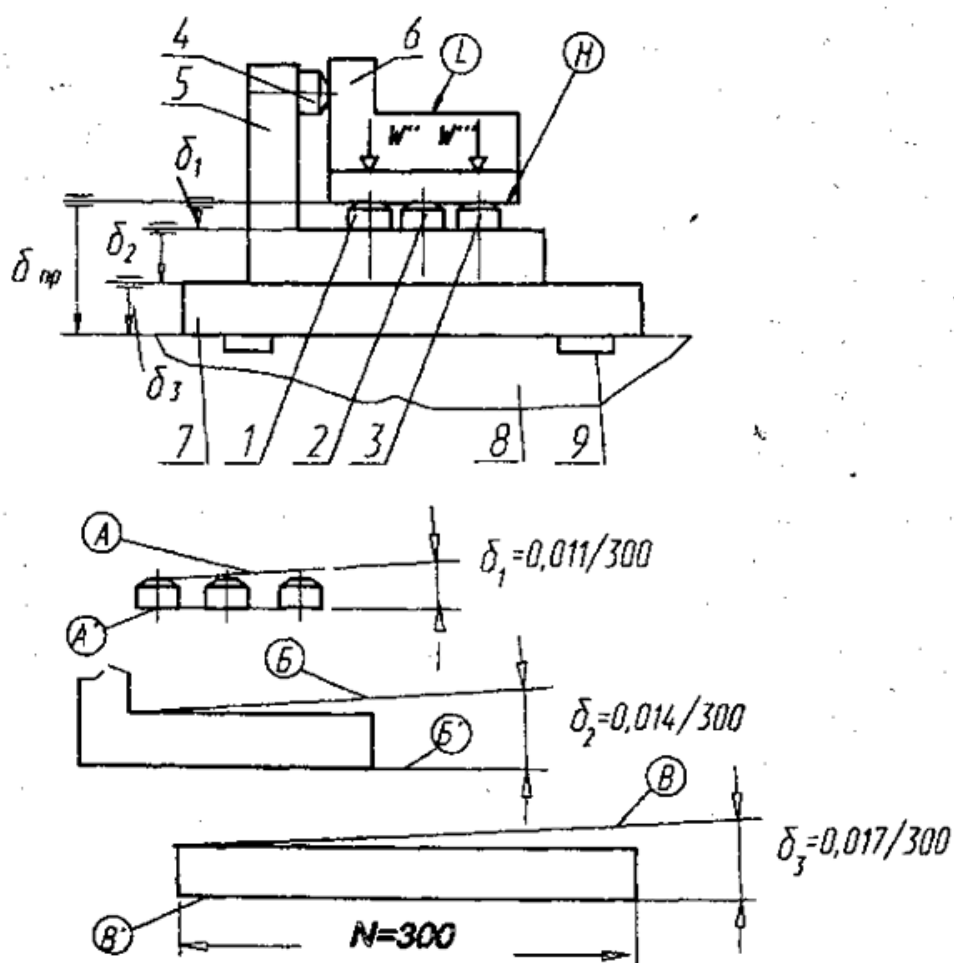


Рис.6 Схема размерной цепи для расчета приспособления на точность по обеспечению параллельности поверхностей L и H.

5. Погрешность от перекося инструмента  $\Delta_{\Pi}=0$ , так как не требуются у приспособления иметь направляющие элементы для применяемого инструмента. При наличии направляющих элементов (кондукторов) расчет  $\Delta_{\Pi}$  осуществляется по методике, приведенной [6], [17].

6. Экономическую точность обработки находим из табл. П10 [8],  $\omega=0,14$  мм.

Подставив в формулу (10) полученные значения погрешностей, получим:

$$\delta_{\text{пр}} = \Delta_{\text{пр}} \leq 0,2 - 1,1\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0,09^2 + 0^2 + 0,00155^2 + 0^2 + (0,8 \cdot 0,14)^2} = 0,042 \text{ мм.} \quad (13)$$

Поскольку длина поверхности В' составляет  $N=300$  мм (см. рис.6), погрешность приспособления в собранном виде по выбранному параметру  $\delta_{\text{пр}}=0,042$  мм должна выдерживаться на базовой длине 300 мм.

Строим размерную цепь для выбранного параметра  $\delta_{\text{пр}}$ , выступающего в этом случае замыкающим звеном размерной цепи. Размерная цепь, как видно из рис.6 состоит из четырех звеньев, где  $\delta_1$ - допуск на непараллельность рабочих поверхностей А опор 1, 2, 3 к опорным поверхностям А' тех же опор;  $\delta_2$ - допуск на непараллельность рабочих поверхностей Б и Б' угольника;  $\delta_3$ - допуск на непараллельность поверхностей В и В' корпуса 7 приспособления.

Рассчитанное значение  $\delta_{\text{пр}}$  отнесенное к базовой длине принимаем за допуск замыкающего звена размерной цепи, т.е.  $T_{\delta_{\text{пр}}}=0,042/300$  мм.

Расчет ведем для самого неблагоприятного случая, когда поверхности деталей приспособления А, Б, В при изготовлении и сборке поворачиваются в одну сторону.

При расчетах допусков поворотов поверхностей А, Б, В удобно привести допуски поворота к линейным величинам, отнесенным к соответствующей единой длине - к общему знаменателю. Это позволяет во время расчетов не учитывать его и использовать методику и формулы, используемые для расчета допусков линейных размеров. После расчетов отброшенный знаменатель можно восстановить.

В данном случае для размерной цепи, состоящей из четырех звеньев, решение прямой задачи можно осуществить методом максимум-минимум (метод полной взаимозаменяемости):

$$T_{\delta_{\text{пр}}} = \sum_{i=1}^{m-1} T_{\delta_i}, \quad (14)$$

где  $T_{\delta_{\text{пр}}}$ - допуски на непараллельность соответствующих поверхностей деталей приспособления;  $m$  – количество звеньев размерной цепи, здесь  $m=4$ .

Подставляя соответствующие значения  $T_{\delta_{\text{пр}}}$  и  $m$ , находим среднее значение допусков  $i$ -го звена:

$$T_{\delta_i} = \frac{0,042/300}{4-1} = 0,014/300 \text{ мм.} \quad (15)$$

Полученный результат сравниваем со значениями экономической точности обработки для плоских поверхностей (см. табл. П5 ... П20 по источнику [8]).

Считая полученные средние значения  $T_{\delta_i}$  приемлемым и учитывая трудности обработки каждой из поверхностей А, А', Б, Б', В, В' приспособления в соответствии с рекомендуемой экономической точностью (см. табл. П17), можно принять следующие

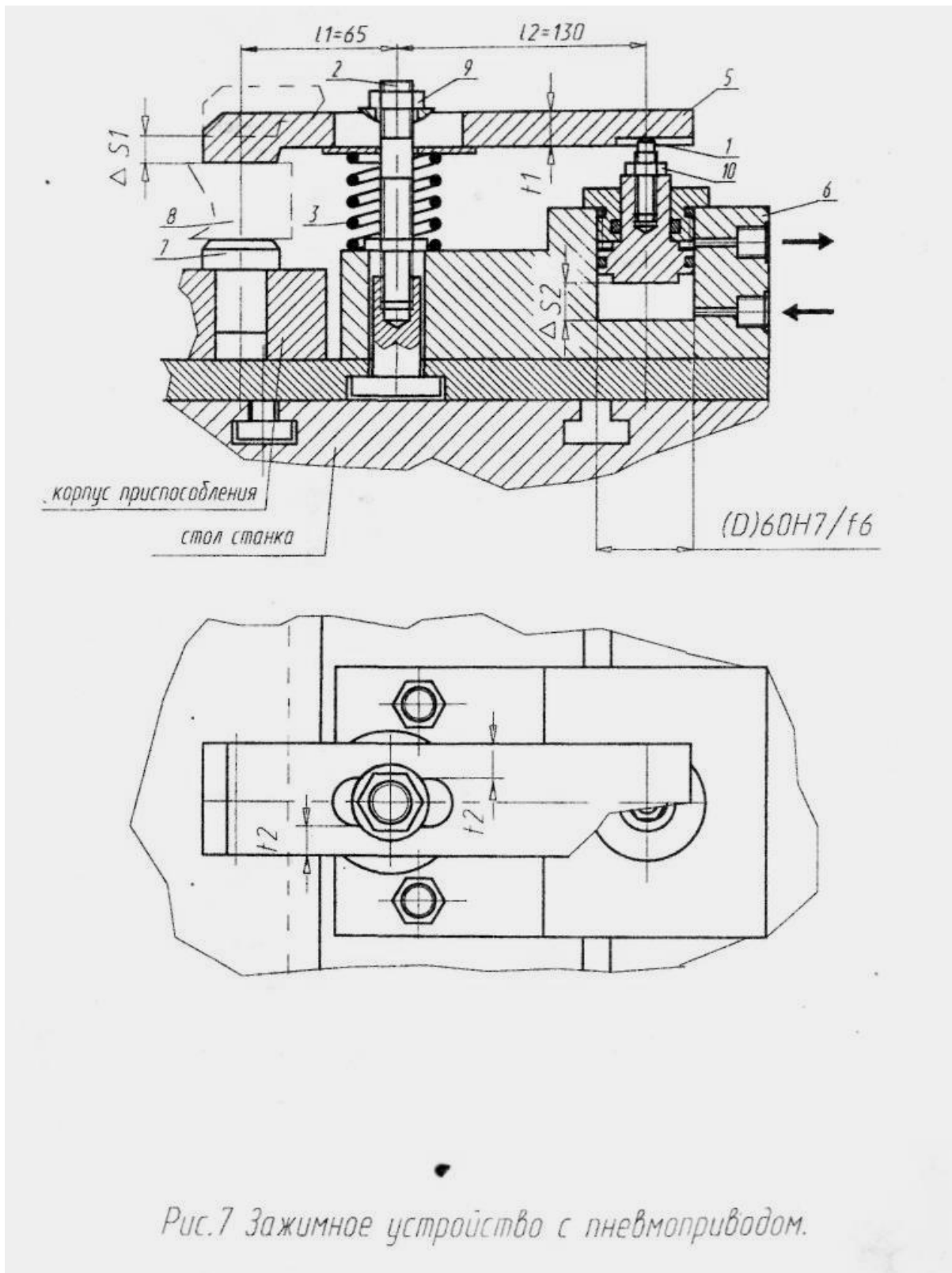


Рис.7 Зажимное устройство с пневмоприводом.

значения допусков составляющих звеньев: непараллельность рабочих поверхностей А опор 1, 2, 3 к их опорной поверхности А' -  $T_{\delta 1}=0,011/300$ , поворота поверхности Б к опорной поверхности Б' угольника 5 -  $T_{\delta 2}=0,014/300$  мм, поворота поверхности В к опорной поверхности В' корпуса 7 приспособления -  $T_{\delta 3}=0,017/300$  мм. При этом должно сохраняться равенство:

$$T_{\delta_{пр}} = T_{\delta_1} + T_{\delta_2} + T_{\delta_3}. \quad (16)$$

Принятые значения допусков на непараллельность соответствующих поверхностей приспособления необходимо выдержать при изготовлении деталей приспособления.

Если же значения  $T_{\delta_i}$  обеспечивать на деталях приспособления окажется экономически нецелесообразно, то необходимо предусмотреть другие действия (например, смену компоновки приспособления, смену оборудования) для достижения заданного требования по параллельности поверхностей Н и L детали.

В том случае, когда в размерной цепи окажется более четырех звеньев расчет по выбранному параметру необходимо вести вероятностным методом (метод неполной взаимозаменяемости). Пример такого расчета дан в источнике [8].

Аналогичные примеры расчета только по допустимой погрешности изготовления деталей приспособления для их линейных размеров приведены для разных фрезерных приспособлений в [6], [12], [17]; для оправок [6], [17]; для кондукторов [6], [17]; для револьверного станка [17], для токарного приспособления [6].

#### 2.2.4. Выбор и расчет зажимного устройства приспособления

В качестве зажимных элементов выберем рычажно-зажимное устройство [1] как наиболее простое в изготовлении, а в качестве привода – пневматический. Исходные параметры для расчета: сила зажима  $W=2880$  Н, давление в пневмосети  $p_{ном}=0,4\div 0,6$  МПа. Эскиз зажимного устройства с пневмоприводом приведен на рис.7. Рассчитываемыми параметрами в данном случае будут соотношение длин плеч рычажного механизма –  $l_1$ ,  $l_2$  и диаметр поршня  $D$ , обеспечивающий требуемую силу зажима.

Расчет проводим по формуле:

$$W = (p_{ном} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{l_2}{l_1}) \cdot \eta, \quad (17)$$

где  $W=2880$  Н – требуемая сила зажима,

$p_{ном}=0,6$  МПа – давление в пневмосети,

$\eta=0,9$  – к.п.д. пневмоцилиндра,

$l_2$  – мм – расстояние между толкателем 1 и стойкой 2 (рис.7),

$l_1$  – мм – расстояние между стойкой 2 и точкой приложения силы зажима на деталь.

Силой противодействия пружины 3 в данной компоновке можно пренебречь. Тогда, принимая из конструктивных соображений соотношение  $\frac{l_2}{l_1} = 2$ , определим из

выражения (17) диаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W \cdot l_1}{P_{ном} \cdot \pi \cdot l_2 \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2880 \cdot 65}{0,6 \cdot 3,14 \cdot 130 \cdot 0,9}} = 56 \text{ мм}. \quad (18)$$

При выборе диаметра  $D$  следует руководствоваться наличием стандартных уплотнительных элементов для гидropневмосистем (колец, манжет и т.п.). Поэтому выбираем  $D = 60$  мм [9], [14] т.е. большее ближайшее значение.

### 2.2.5. Кинематический расчет зажимного устройства приспособления.

Определим требуемый ход поршня пневмоцилиндра  $\Delta S_2$  (см. рис.7) Для чего назначим из конструктивных соображений величину хода зажимного элемента (т.е. величину перемещения рычага 5 над поверхностью заготовки 8)  $\Delta S_1=3\div 5$  мм.

Тогда:

$$\Delta S_2 \approx \Delta S_1 \cdot \frac{l_2}{l_1} = 5 \cdot 2 = 10 \text{ мм.} \quad (19)$$

### 2.2.6. Прочностной расчет элементов приспособления.

Производим расчет наиболее нагруженного звена приспособления. Таким звеном является рычаг 5, работающий на изгиб под действием силы, создаваемой толкателем 1 пневмоцилиндра. Опасное сечение находится в сочленении «стойка 2 – рычаг 5». Определим допустимое напряжение в опасном сечении:

$$[\sigma] < \sigma = \frac{W \cdot l_2}{W_z}, \quad (20)$$

где  $\sigma$  - расчетное напряжение в опасном сечении рычага 5;

$[\sigma]$  - допускаемое напряжение в материале из которого изготовлен рычаг 5. В данном случае это Ст 40Х(НRC40 ... 45) для которой  $[\sigma] = 2000 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$ , [4];

$W$  - усилие на толкателе 1, здесь  $W=2880 \text{ Н} = 288 \text{ кгс}$ ;

$l_2$  – расстояние между толкателем 1 и стойкой 2,  $l_2 = 130 \text{ мм} = 13 \text{ см}$ ;

$W_z$ - осевой момент сопротивления.

Согласно [8]:

$$W_z = 2 \cdot \left( \frac{t_2 \cdot t_1^2}{12} \right), \quad (21)$$

где  $t_1$  – высота рычага 5, здесь приняли  $t_1=25$  мм;

$t_2$  – полуширина рычага 5, здесь приняли из конструктивных соображений  $t_2=20$ мм;

Тогда:

$$W_z = 2 \cdot \left( \frac{2 \cdot 2,5^2}{12} \right) = 2,08 \text{ см}^3. \quad (22)$$

Из формулы (20) находим:

$$\sigma = \frac{288 \cdot 13}{2,08} = 1800 < [2000] \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}. \quad (23)$$

В дальнейшем расчетные значения длин рычагов  $l_1$ ,  $l_2$ , диаметр поршня  $D$ , а так же ход поршня  $\Delta S_2$ , рассчитанные в п.п. 2.2.4. и 2.2.5. учитываются при предварительной компоновке приспособления.

### 2.2.7. Предварительная компоновка приспособления.

Эскиз приспособления в сборе приведен на рис. 8. Приспособление состоит из следующих элементов: основания 1; шпонок 2; угольника 3; неподвижных точечных опор 4; зажимного устройства состоящего из корпуса 6, толкателя 1, стойки 2, рычага 5 и пружины 3 (см. рис.7).

Приспособление устанавливается на станок, при этом шпонки 2 на нижней поверхности основания входят в Т-образные пазы стола станка. При помощи болтовых соединений на основании крепится угольник 3 и элементы зажимного устройства 5 приспособления. На угольнике 3, в свою очередь, устанавливаются неподвижные точечные опоры (штыри) 4.

Приспособление работает следующим образом: заготовка (обрабатываемая деталь) базируется своими поверхностями I, II, III (см. рис.2) на соответствующие опоры 4 приспособления. Затем происходит закрепление заготовки с помощью зажимного устройства, в следующей последовательности. При подаче давления в нижнюю полость встроенного в корпус 6 пневмоцилиндра, толкатель 1 воздействует на нижнюю поверхность рычага 5, поворачивает его вокруг стойки 2 и таким образом осуществляет прижим заготовки к опоре 7, при этом пружина 3 сжимается (см. рис.7). Далее заготовка обрабатывается. Для расфиксации заготовки давление подается в верхнюю полость корпуса 6 пневмоцилиндра, обеспечивая движение толкателя 1 вниз, при этом рычаг 5 отводится от заготовки под действием пружины 3, которая предварительно была сжата. Величину зазора между рычагом 5 и деталью 8, необходимую для съема и установки последней регулируем при помощи гаек 9, 10.

При компоновке приспособления необходимо также учесть требования к месту приложения силы зажима  $W$  [8]. В первую очередь, необходимо обратить внимание на то, чтобы проекция силы зажима  $W$  была направлена непосредственно на опору. Необходимо также учитывать условия сборки всего приспособления, отдельных узлов, особенности его установки на стол станка. Здесь важно, чтобы расстояние между крепежными отверстиями и шпоночными пазами на основании соответствовало расстоянию между Т-образными пазами стола станка.

Следует также обратить внимание на рациональный выбор конструкций опор 7 (рис.7), а именно на возможность их быстрой замены при износе, смятии, выкрашивании. Необходимо так же предусмотреть возможность контроля точностных параметров самого приспособления, порядок проведения которого отражается в технических требованиях к приспособлению, основные из которых изложены в Приложении 1, а наиболее полно в [3], [4].

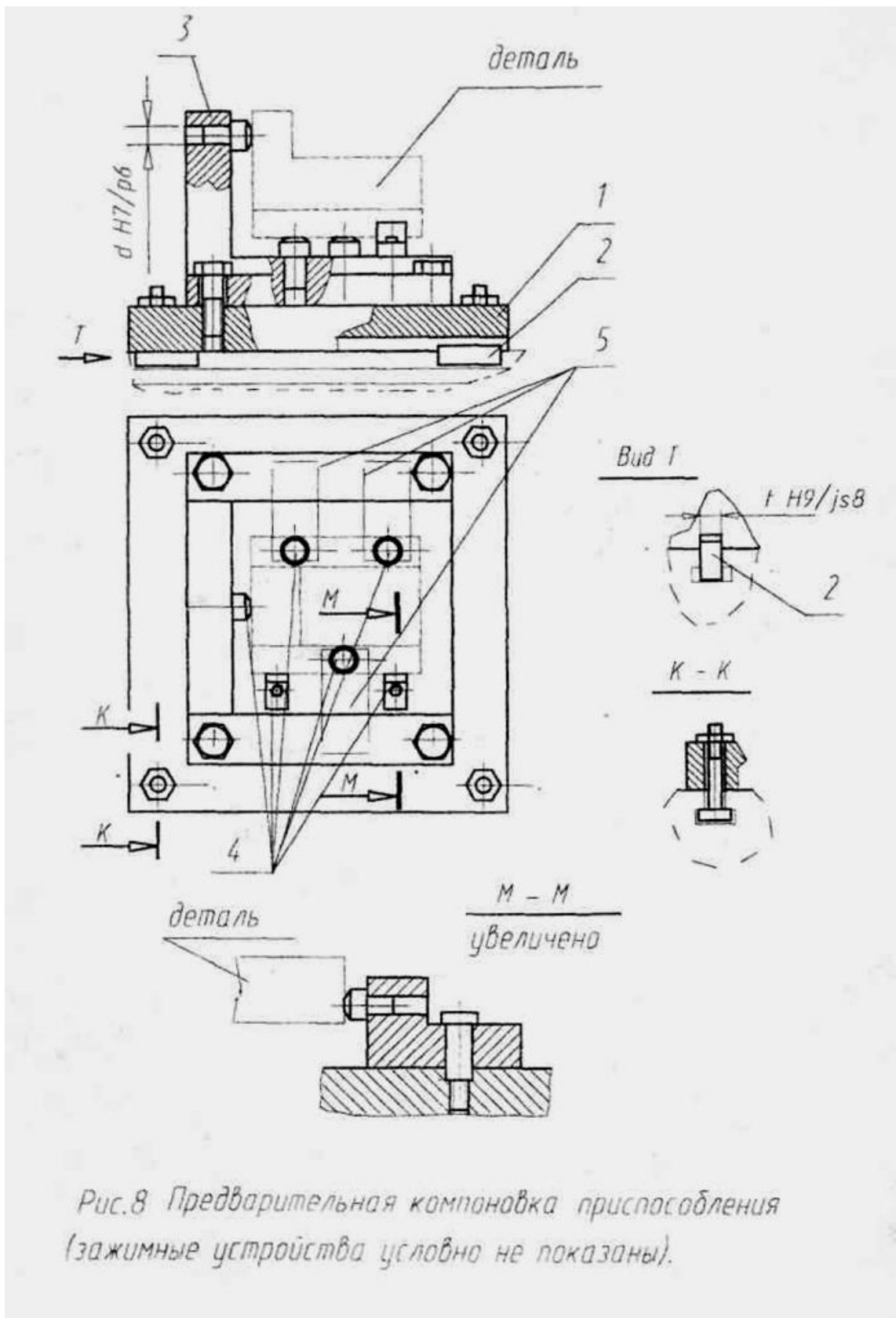


Рис.8 Предварительная компоновка приспособления (зажимные устройства условно не показаны).

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ



Контрольное задание выполняется на листах формата А4. Текст ответов должен быть достаточно полным, иллюстрироваться схемами, графиками, эскизами (выполняются карандашом) и написан разборчивым подчерком. При использовании в ответах формул – обязательно делается ссылка на литературный источник (с указанием страниц). При выполнении задания можно предложить несколько вариантов ответа на каждый из вопросов.

## ЛИТЕРАТУРА:

Основная:

1. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. Т.1-Т.5. – М.: Издательство «Наука», 1976.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. -Л.: Машиностроение, 1975.- 656 с.
3. Антонюк В.Е., Королев В.А., Башлев С.М. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. Минск: Беларусь, 1969.-392 с.
4. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. – Минск: Беларусь,1991. – 399 с.:ил.
5. Базы. Термины, определения, обозначения ГОСТ 21.495-76. - М.: Изд-во стандартов, 1976.
6. Валитов А.М.-З. Расчет точности станочных приспособлений. Методическое пособие. – Л.: Лениздат, 1963. – 63с.:ил.
7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 302 с.: ил.
8. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений. - Минск: Высшая школа, 1986. – 238 с.
9. Колесниченко К.А., Абрамов Е.И., Маслов В.Т. Элементы гидропривода. Киев «Техника», 1977. – 320с.
10. Колкер Я.Д., Руднев О.П. Базирование и базы в машиностроении. – Киев: Высшая школа, 1991. – 99 с.:ил.
11. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. - М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
12. Курсовое проектирование по технологии машиностроения./Под ред. А.Ф. Горбачевича. – Минск: Высшая школа, 1975. – 286 с.
13. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.: ил.
14. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы. М.: Машиностроение, 1988. – 518 с.
15. Станочные приспособления. Справочник./ Под ред. Б.Н. Вардашкина и А.А. Шатилова: В 2 т.- М.: Машиностроение, 1984. ч.1 –592 с; ч.2 – 656 с.
16. Ракович А.Г. Автоматизация проектирования приспособлений для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1980. – 133 с.

17. Уткин Н.Ф. Приспособления для механической обработки. – Л.: Лениздат, 1983. – 175 с.:ил.

Дополнительная:

1. Андреев Г.Н., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: Учеб. пособие для машиностроит спец. вузов/Под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд. испр.-М.: Высш. шк., 1999. – 415 с.: ил.
2. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений. – Минск: Беларусь, 1991. – 399 с.: ил.
3. Гаврилин А.Н., Пушкаренко А.Б. Расчет приспособлений: Метод. указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов направления 651400 «Машиностроительные технологии и оборудование». – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 42 с.
4. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 238 с.
5. Иванов Ю.Б. атлас чертежей общих видов для детализования: Учеб. пособ. в 4-х ч. Ч. 1. «Технологические приспособления для обработки деталей машин и приборов». – М.: Высш. шк., 2000. – 102 с.: ил.
6. Ильицкий В.Б., Микитянский В.В., Сердюк Л.М. Станочные приспособления. Конструкторско-технологическое обеспечение эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 208 с.: ил.
7. Кузнецов Ю.И. Технологическая оснастка к станкам с программным управлением. – М.: Машиностроение, 1976. – 224 с.
8. Малов А.Н., Шатилов А.А., Степанян А.Г. Станочные приспособления: Справочник металлиста в 5-ти т. – М.: Машиностроение, 1977.
9. Схиртлазе А.Г. и др. Станочные приспособления. Учебное пособие. – Йошкоар-Ола, 1988. – 170 с.
10. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочные приспособления. Альбом. – М.: Высш. шк., 2001. – 246 с.

**Основные технические требования к приспособлениям**

Технические требования – это комплекс необходимых условий, при которых данная конструкция приспособления будет выполнять свое служебное назначение: развивать требуемую силу зажима, обеспечивать точность размеров, выдерживаемых на данной технологической операции с необходимой производительностью и т.п.

К таковым относятся:

- 1) Вид энергии подводимой к приводу приспособления и его параметры.
- 2) Контроль и обеспечение плавности хода подвижных соединений с указанием величины хода, угла поворота и элементов, регулирующих этот ход или угол.
- 3) Момент затяжки резьбовых неподвижных соединений.
- 4) Точностные параметры, (непараллельность, несоосность тех поверхностей приспособления, с помощью которых обеспечивается требуемая точность обработки детали).
- 5) Периодичность осмотра узлов приспособления и замера его точностных или силовых параметров.
- 6) Место, периодичность и вид смазки элементов приспособления.
- 7) Условия консервации и хранения (при необходимости).

В рассматриваемом здесь примере эти требования будут следующими:

1. Давление в пневмосети  $p=0,6$  Мпа.
2. После сборки проверить:
  - а) плавность хода толкателя 1 в корпусе 6 пневмоцилиндра при приложении усилия 10Н на длине хода не менее 20 мм;
  - б) свободное перемещение рычага 5 под действием пружины 3 при отсутствии давления в пневмосети.
3. Момент затяжки гаек на болтах не менее 2Нм.
4. Непараллельность поверхностей 1, 2, 3 (см. рис. 6) относительно стола станка на длине 100 мм не более 0,042 мм.
5. При сборке подвижные детали пневмоцилиндра смазать консистентной смазкой и ЦИАТИМ. Периодичность смазки – 24 часа.

Другие требования к стандартным приспособлениям изложены в [3], [4].

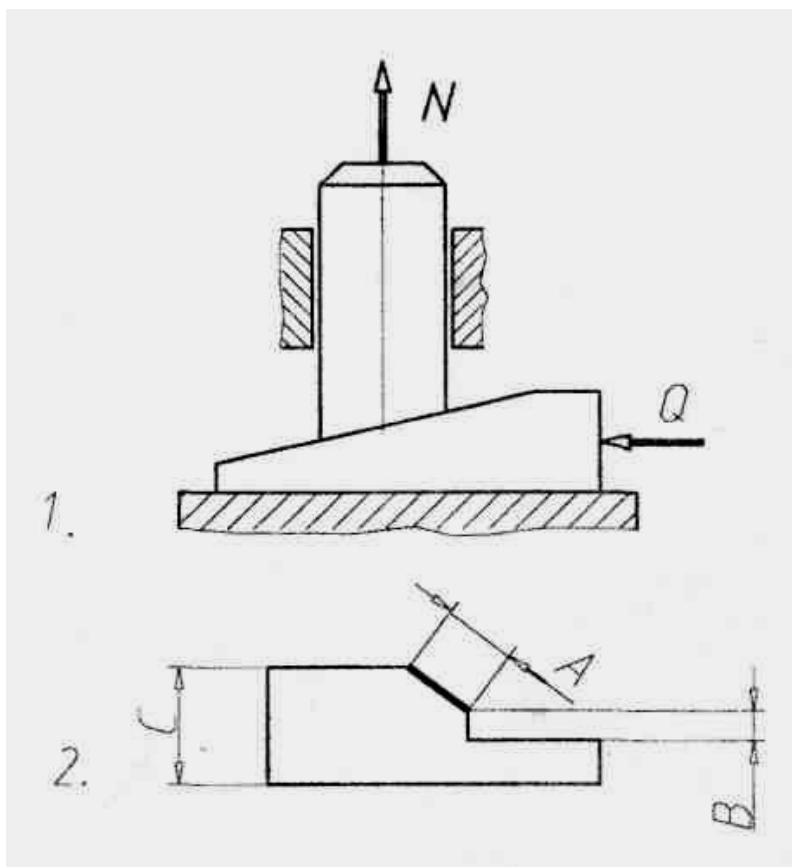
**Основные технические характеристики приспособления**

К основным техническим характеристикам приспособления относятся:

- 1.Развиваемое усилие зажима, Н.
- 2.Габариты (длина, ширина, высота), мм.
- 3.Масса, кг.
- 4.Мощность силовых элементов приспособления, кВт.
- 5.Число оборотов вала привода (если он есть), об/мин.
- 6.Рабочая линейная скорость перемещения подвижных узлов (если он есть), мм/мин.
- 7.Время, требующееся на зажим и/или разжим заготовки, с. (Только для приспособлений работающих в массовом, крупносерийном производстве) и т.п.

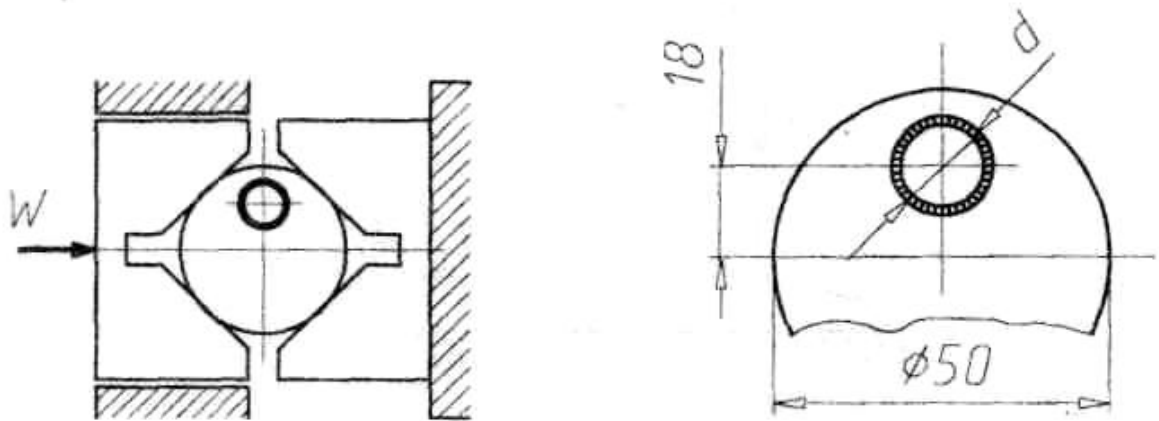
## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N 1



1. Каковы ограничения в передаточном отношении сил ( $N/Q$ ) в клиновом зажимном механизме, в котором по условиям эксплуатации:
  - а) допускается самоторможение;
  - б) требуется самоторможение.
2. Можно ли получить размеры  $A$ ,  $B$ ,  $C$  без погрешности базирования? Решение обосновать схемой базирования.
3. Предложить конструкцию привода для клинового самотормозящего зажима, если усилие  $N$  равно:
  - а) 5 кН;
  - б) 80 кН

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N 2



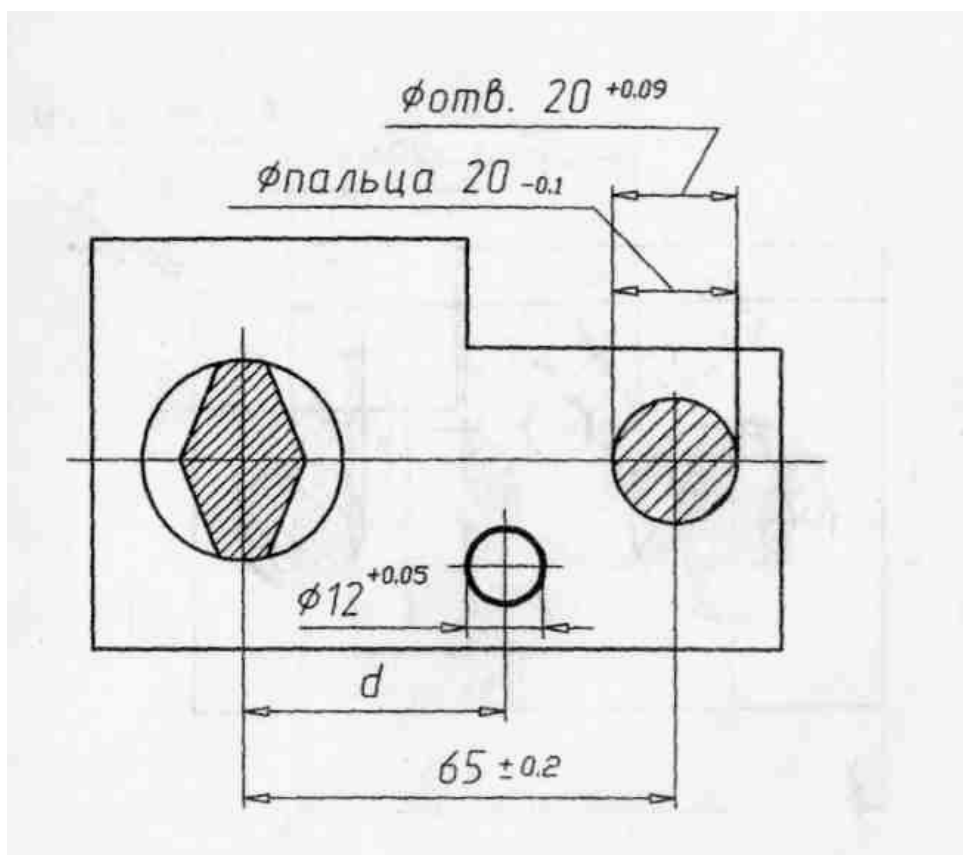
1. Имеющееся приспособление обеспечивает силу зажима  $W=800$  Н. Обосновать возможность его использования при сверлении отверстия  $d=15$  мм, если:

- а)  $M_{кр} = 100$  Нм,  $P_{осевое} = 500$  Н,
- б)  $M_{кр} = 200$  Нм,  $P_{осевое} = 1500$  Н.
- в)  $M_{кр} = 50$  Нм,  $P_{осевое} = 300$  Н.

2. Предложить несколько конструкций автоматизированного привода данного приспособления для обеспечения силы зажима:

- а)  $W = 800$  Н,
- б)  $W = 2000$  Н.

### КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N3



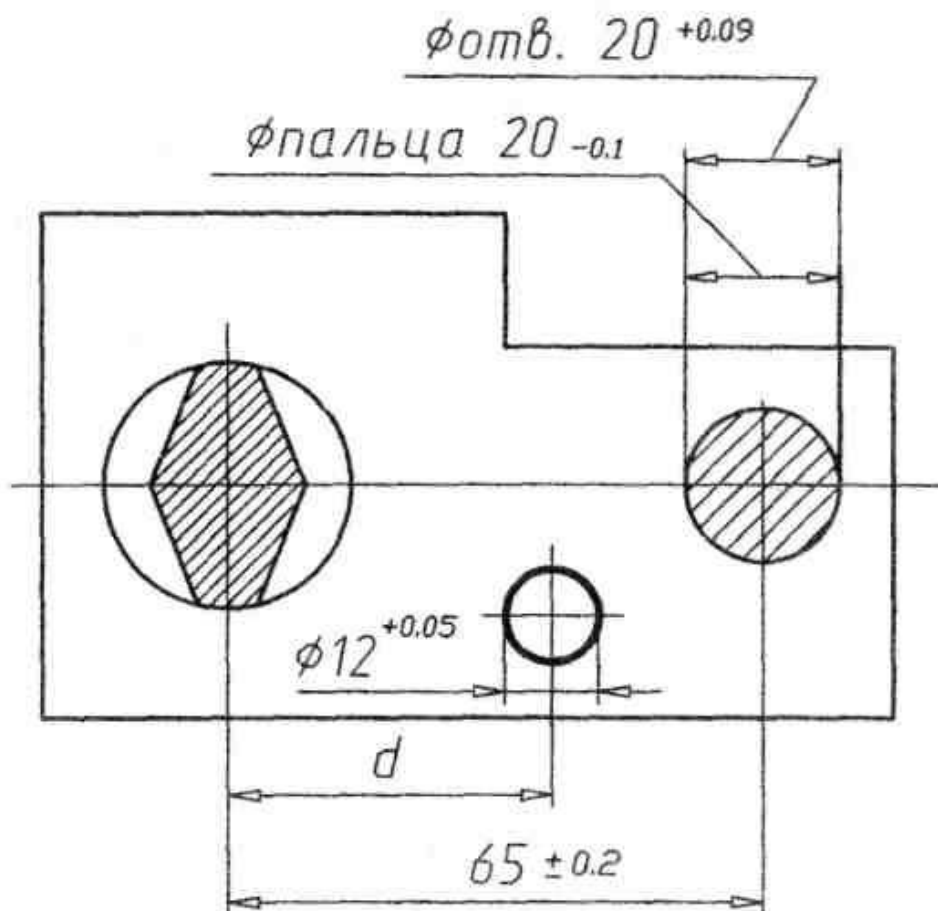
1. Можно ли при данной схеме базирования обеспечить выполнение размера  $d$  с точностью:

- а) 0,49 мм, б) 0,01 мм; в) 0,1 мм.

Решение обосновать.

2. Предложить конструкцию автоматизированного привода для обеспечения силы зажима у данного приспособления, определив место и направление ее приложения при сверлении отверстия  $\phi 12^{+0.05}$

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №4



1. Возможно ли обеспечить при данной схеме базирования выполнение размеров  $a$  и  $b$  с точностью

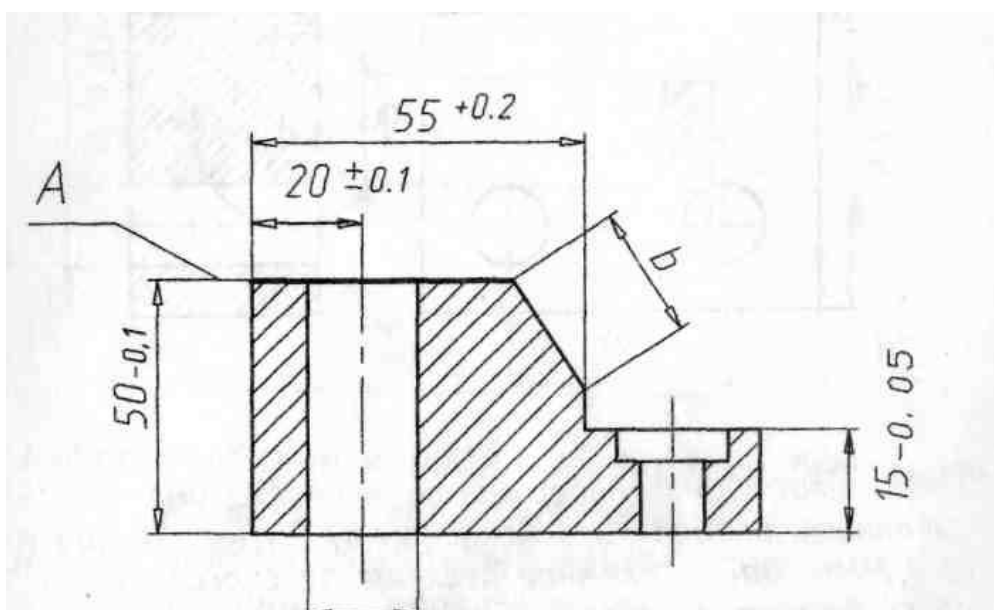
а) 0,3мм, б) 0,15 мм, в) 0,05 мм.

Решение обосновать.

2. Для автоматизированного производства предложить конструкцию выталкивателя детали из приспособления.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №5



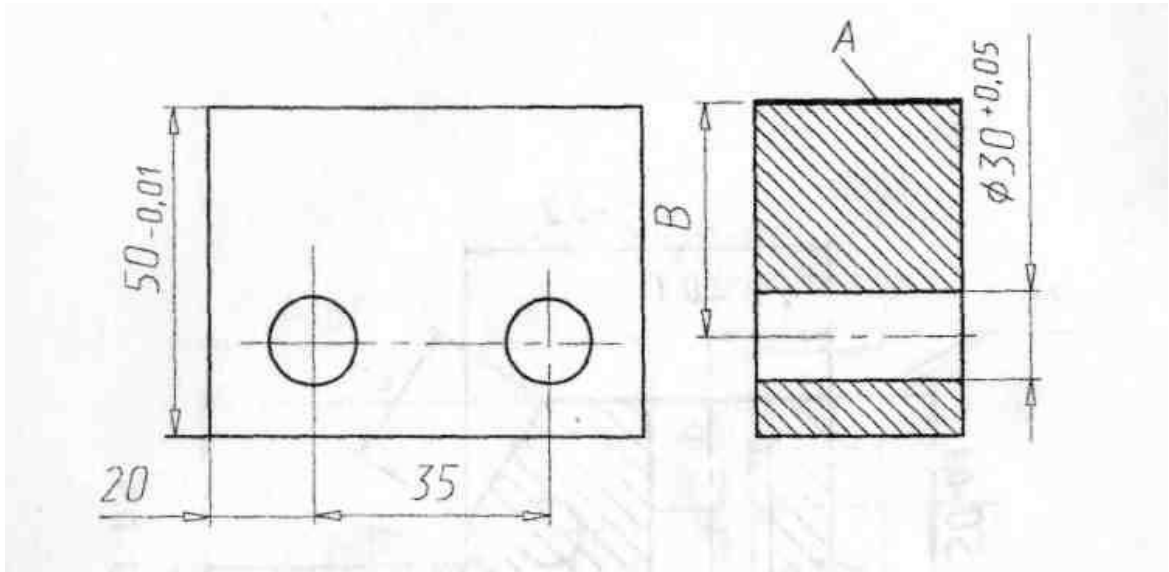


1. Приведенная на эскизе деталь изготовлена из:  
а) Ст 45; б) БрАЖ

Возможно ли использование для закрепления данной детали вакуумного или магнитного приводов при полировании поверхности А. Обосновать решение.

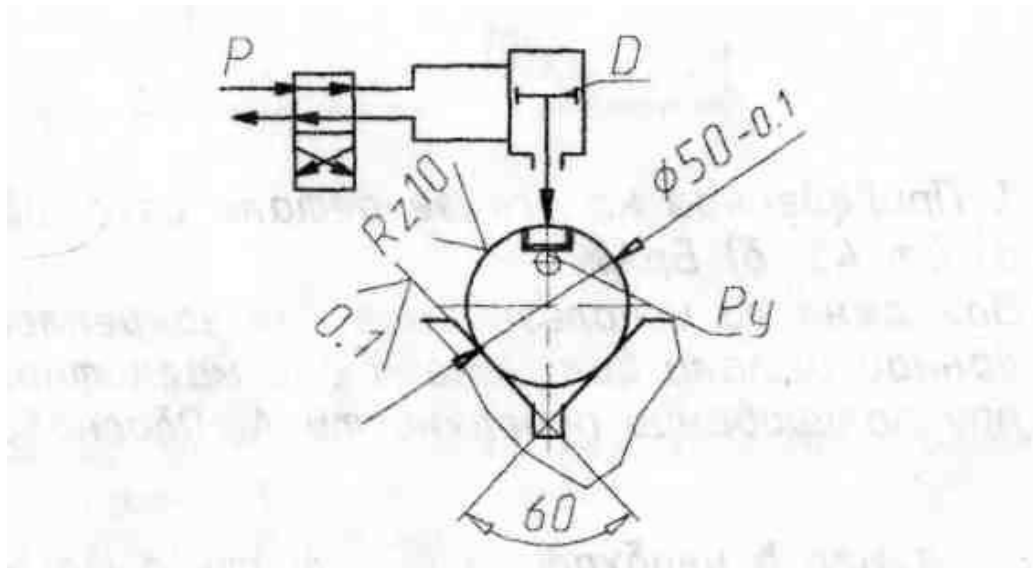
2. Размер  $b$  необходимо выполнить с точностью а) 0,05 мм, б) 0,1 мм, в) 0,3 мм. Привести схемы базирования детали, позволяющие обеспечить эту точность.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №6



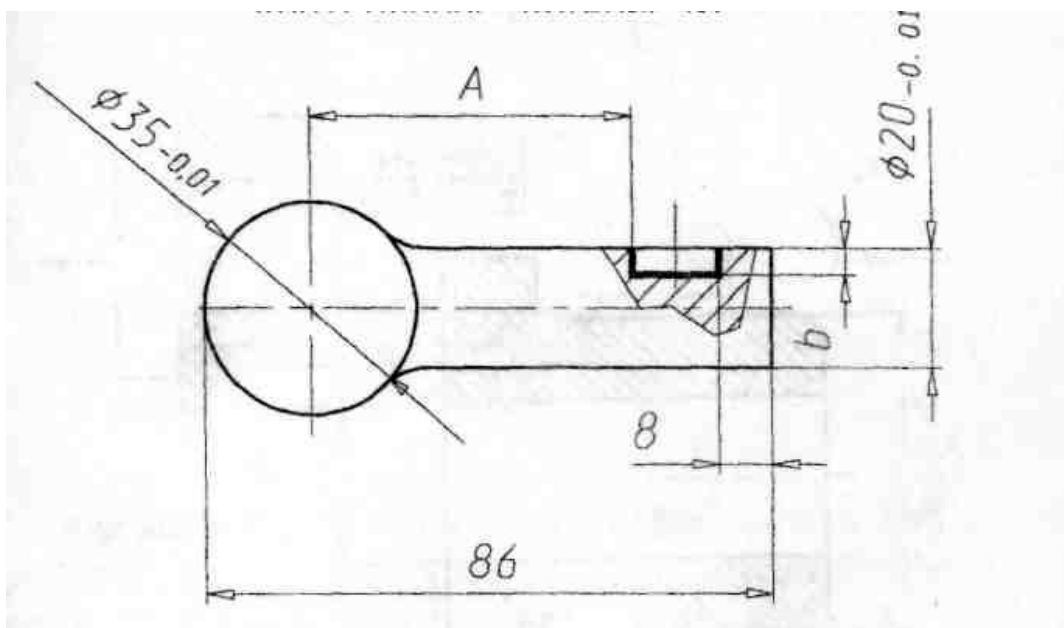
1. При шлифовании поверхности  $A$  необходимо выполнить размер  $B$  с допуском а) 0,1 мм, б) 0,05 мм. в) 0,2 мм.

Дайте схемное решение приспособления с обоснованием точностных параметров последнего.

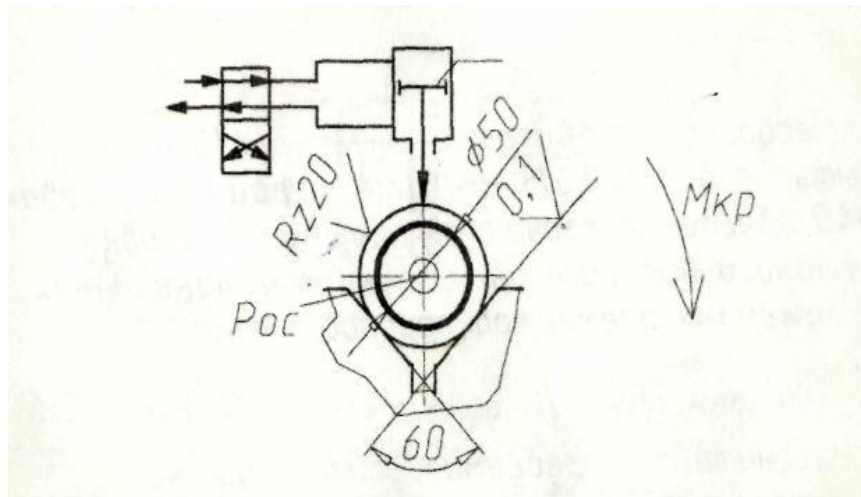


2. Гидропривод приспособления обеспечивает давление  $P=0,6$  МПа ( $D=86$  мм). Можно ли его использовать на операции фрезерования шпоночной канавки дисковой фрезой, если осевая составляющая силы резания  $P_y$  на ней равна: а) 500 Н, б) 1000 Н, в) 3000 Н.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N7



1. Фрезерование канавки необходимо выполнить с точностью 0,07 мм по размеру  $A$  и 0,1 по размеру  $B$ . Дайте схемные решения приспособления с обоснованием точности.



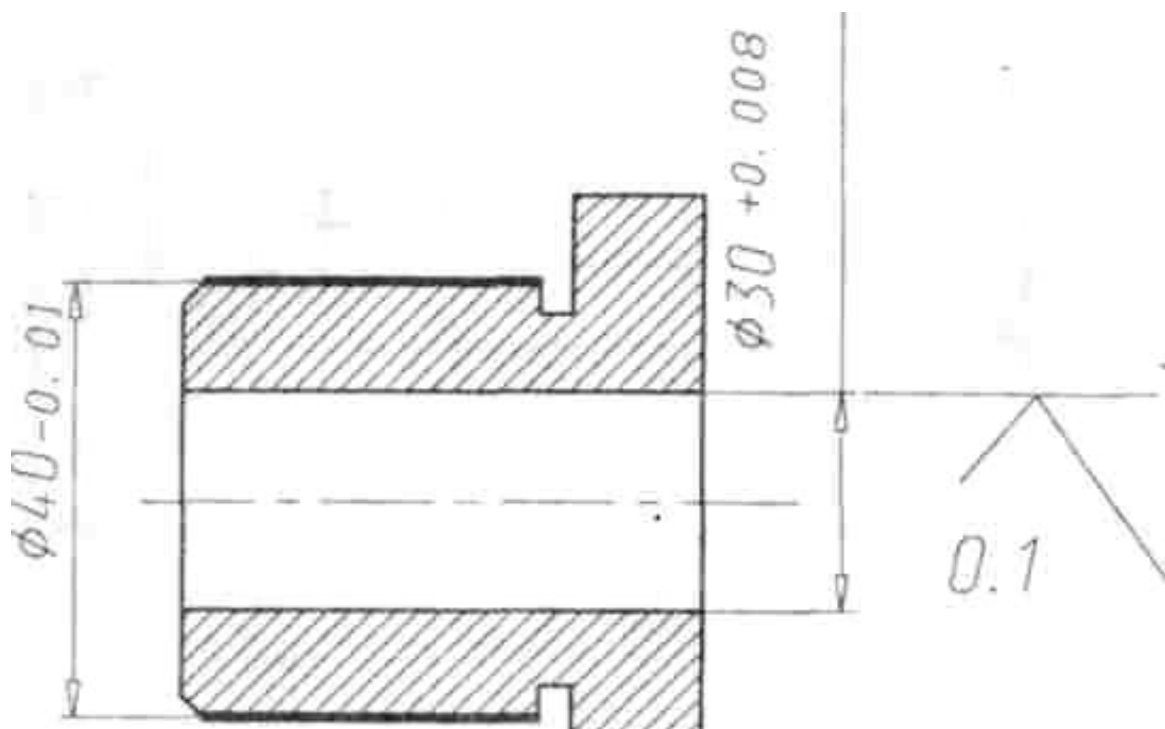
2. Можно ли использовать имеющееся приспособление для расточки отверстия  $\phi 50$  мм когда  $P=0,6$  МПа;  $D=150$  мм. Если известно:

а)  $M_{кр}=50$  Н $\times$ м;  $P_{ос}=400$  Н.

5)  $M_{кр}=70$  Н $\times$ м,  $P_{ос}=100$  Н.

5)  $M_{кр}=17$  Н $\times$ м,  $P_{ос}=200$  Н.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N8

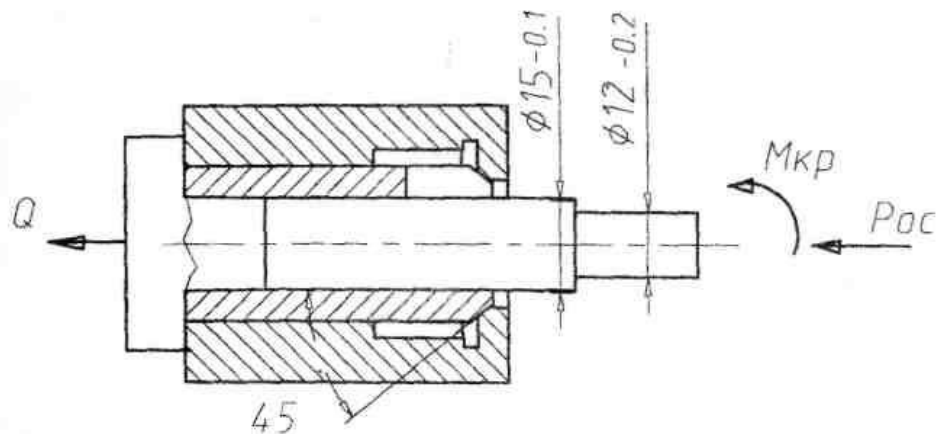


1. Несоосность  $\phi 40$  относительно  $\phi 50$  должна быть не более 0,015 мм. Для операции шлифования  $\phi 40$  обеспечьте соответствующую установку детали и выберите конструкцию установочных и зажимных элементов приспособления.

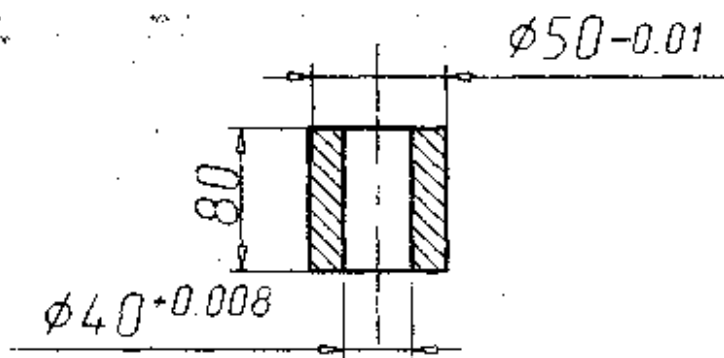
2. Рассчитайте требуемое усилие зажима приспособления для шлифования  $\phi 40$ , предложенного вами в ответе на первый вопрос, если известно тангенциальное усилие  $P_t$

а) 700 Н, б) 1500 Н. б) 2000 Н.

*КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №9*

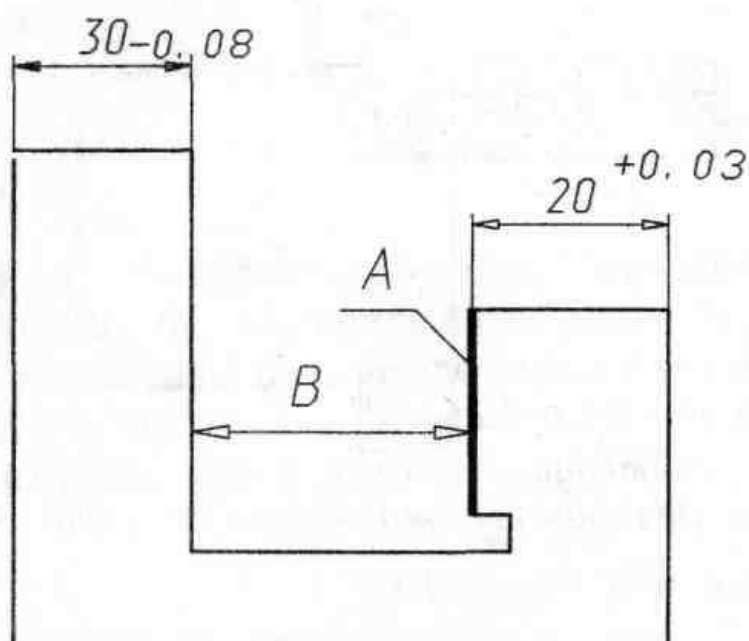


1. При точении в трехлепестковой цанге без упора (угол конуса  $45^\circ$ ) деталь устанавливается по  $\varnothing 15_{-0,1}$  при этом обрабатывается цилиндрическая поверхность  $\varnothing 12$ . Требуется определить тянущее усилие  $Q$  при следующих условиях резания: а)  $M_{кр} = 10 \text{ Н}\times\text{м}$ ,  $P_{ос} = 150 \text{ Н}$ ;  
 б)  $M_{кр} = 20 \text{ Н}\times\text{м}$ ;  $P_{ос} = 100 \text{ Н}$ ;



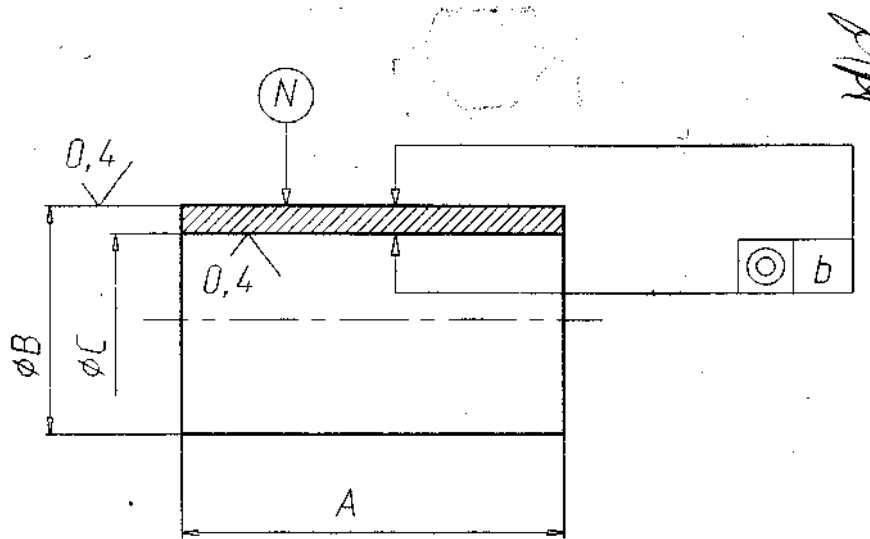
2. При шлифовании наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 50$  требуется обеспечить соосность с внутренней цилиндрической поверхностью  $\varnothing 40_{-0,008}$  с точностью  $0,01 \text{ мм}$ . Можно ли обеспечить это требование при базировании детали на жесткой цилиндрической оправке? Решение обосновать или предложить свой вариант.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N10



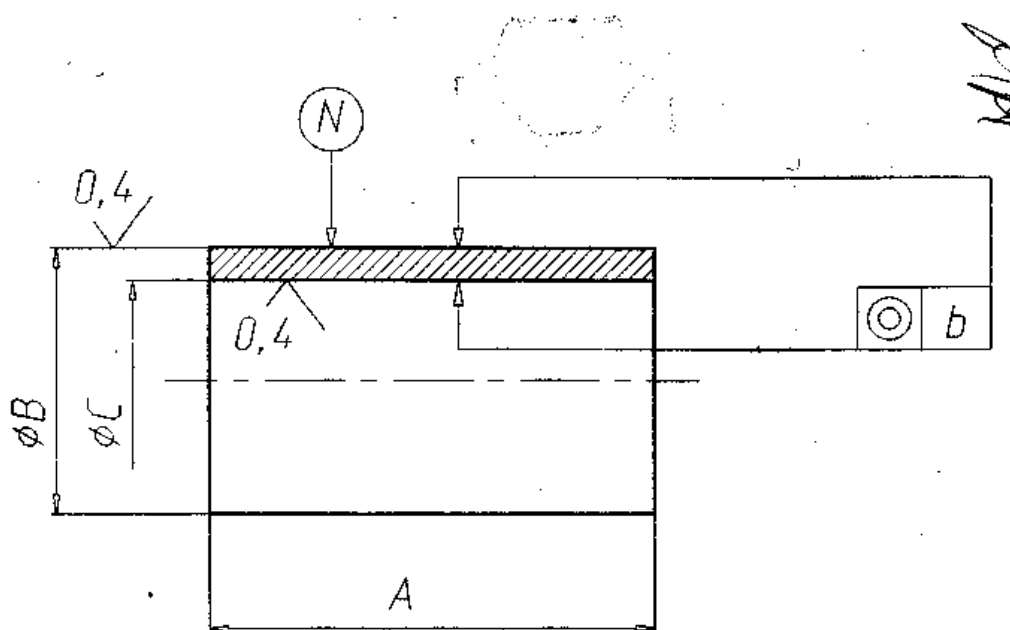
1. При шлифовании поверхности  $A$  необходимо выполнить размер  $B$  с точностью  $0,08$  мм. Привести схему установки детали и выбрать конструкцию приспособления.
2. Габариты листовой заготовки из немагнитного материала составляют  $150 \times 80 \times 3$  мм. Предложить тип привода для закрепления данной заготовки при выполнении операции полирования. Произвести необходимые расчеты привода, если известна сдвигающая сила  $P_{сд}$ : а) 80 Н, б) 150 Н, в) 210 Н.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N11



1. Предложить конструкцию приспособления для обработки поверхности  $N$  при заданных точностных параметрах втулки  $A=50\pm 0,01$ ;  $B=55_{-0,02}^{-0,01}$   $C=50^{+0,02}$ ,  $b = 0,01$ . Материал втулки Ст 40Х.
2. Определить силу зажима втулки, если:
  - а) сила резания  $P_z=2$  кН;
  - б) сила резания  $P_z=0,5$  кН.

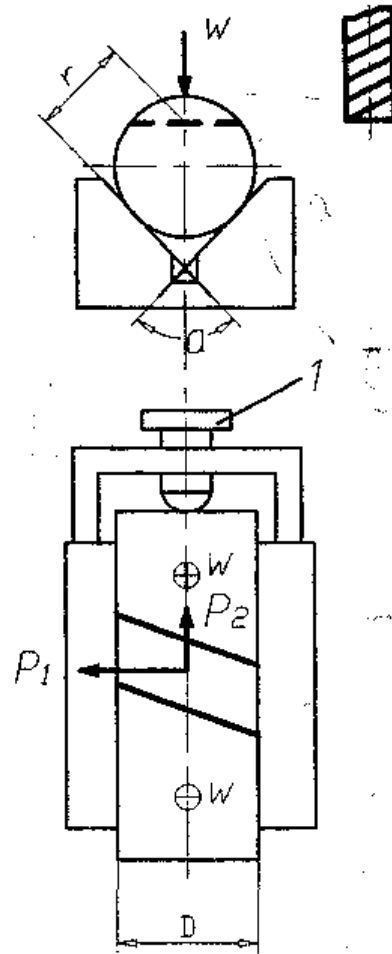
## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N11



1. Предложить конструкцию приспособления для обработки поверхности  $N$  при заданных точностных параметрах втулки  $A=50\pm 0,01$ ;  $B=55_{-0,02}^{-0,01}$   $C=50^{+0,02}$ ,  $b = 0.01$ . Материал втулки Ст 40Х.
2. Определить силу зажима втулки, если:
  - а) сила резания  $P_z=2$  кН;
  - б) сила резания  $P_z=0,5$  кН.



## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N12

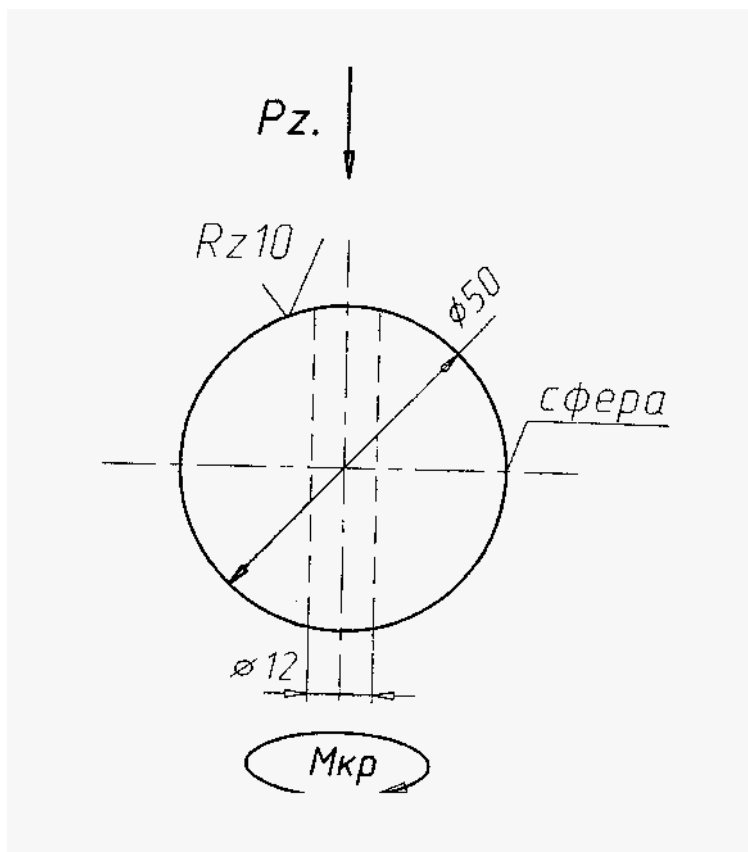


Определить усилие зажима  $W$  при фрезеровании паза пальцевой фрезой для приведенной схемы установки при известных  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $D$ ,  $\alpha$ ,  $r$ , а также  $f$ -коэф. трения,  $k$ -коэф. запаса, если:

- опора 1 существует,
- опора 1 отсутствует,

Решение представить в виде расчетной зависимости силы  $W$  от указанных параметров.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N13

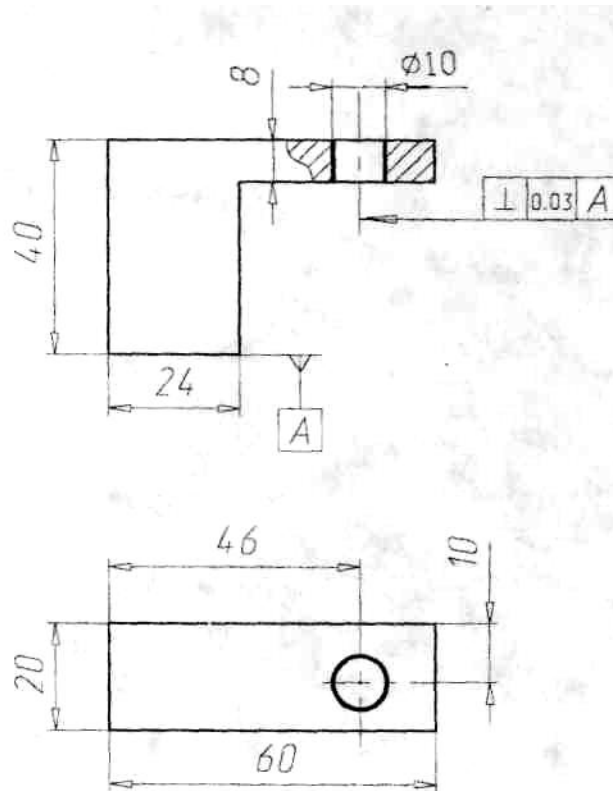


Предложить конструкцию сверлильного приспособления с гидроприводом для получения отверстия в сфере. Рассчитать усилие зажима, привести эскиз приспособления, если:

а)  $M_{кр}=5$  Нм;  $Pz=150$  Н,

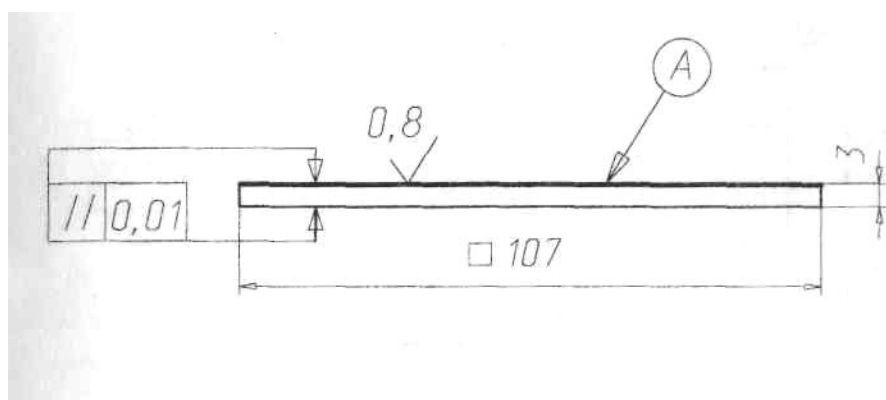
б)  $M_{кр}=7$  Нм;  $Pz=100$  Н.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 14



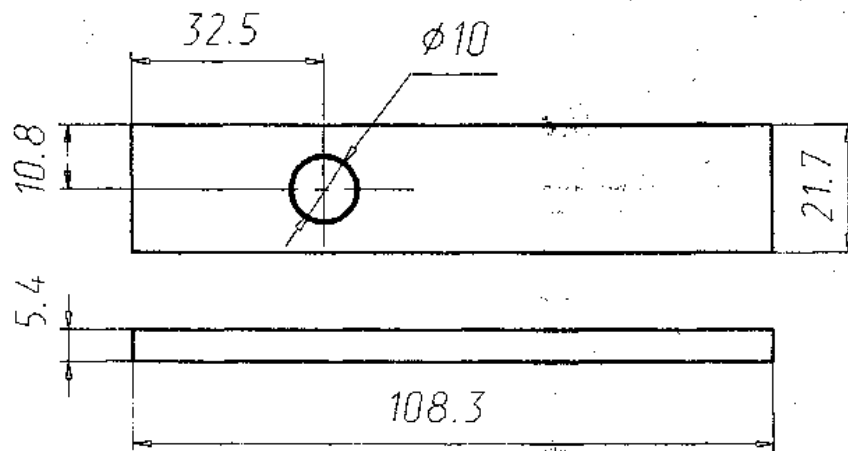
Предложить конструкцию приспособления для получения отверстия 10 мм и произвести его точностной расчет для обеспечения заданной перпендикулярности оси отверстия к поверхности *A*. Привести эскиз приспособления.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N15



Предложить конструкцию приспособления (привести его эскиз) для обеспечения заданной параллельности поверхностей заготовки при обработке поверхности *A* (материал заготовки Ст.3). Определить силу зажима заготовки, если усилие резания (сдвигающее) равно.  
а)  $P=50$  Н, б)  $P=100$  Н,

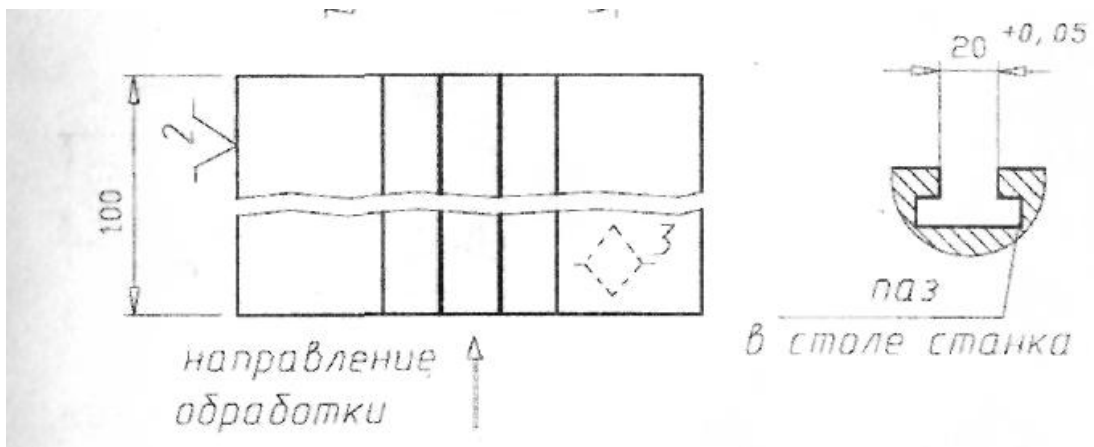
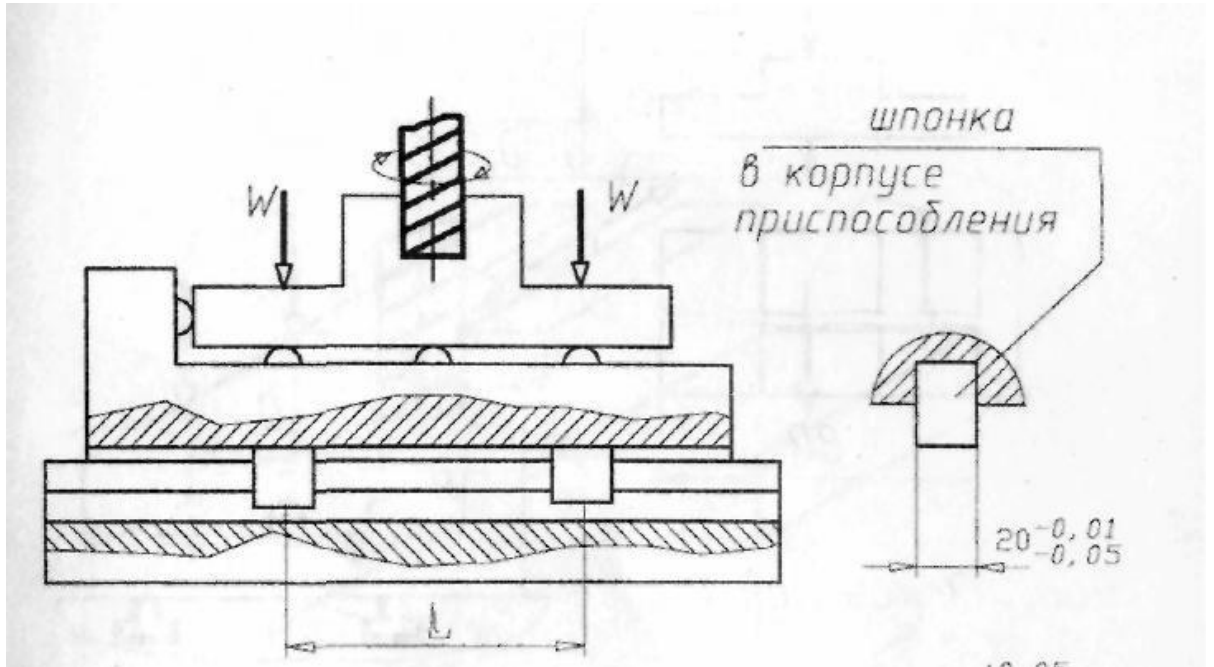
## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N16



Предложить конструкцию сверлильного приспособления с приводом от движущихся частей станка, для получения отверстия 10 мм. Привести его эскиз. Определить силу зажима заготовки если:

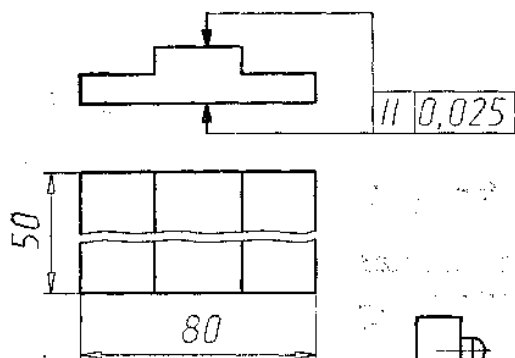
- а)  $M_{кр} = 10 \text{ Н}\times\text{м}$ , б)  $M_{кр} = 6 \text{ Н}\times\text{м}$ .

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N17

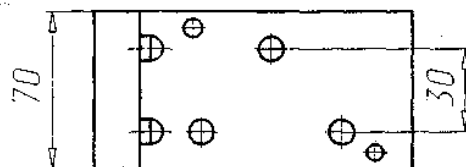
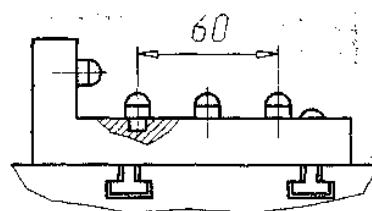


Определить точность установки фрезерного приспособления на станке, если известно расстояние между шпонками  $L=50$  мм. Каким образом можно повысить точность установки?

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N 18



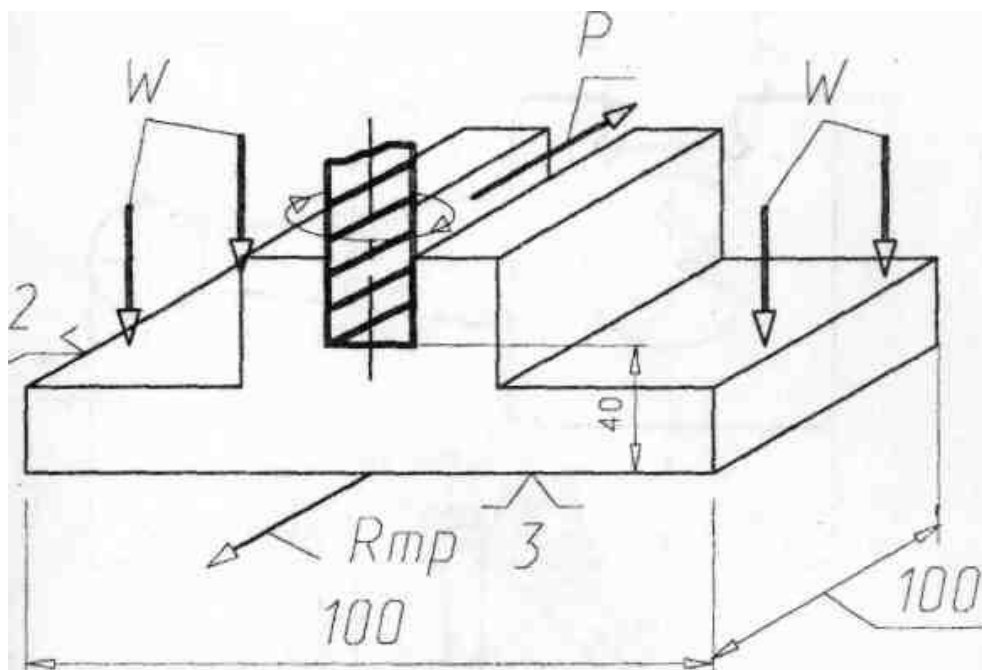
Рис,1 Эскиз детали.



Рис,2 Эскиз приспособления.

Известна требуемая точность приспособления  $E_{пр}=0,05/100$  (с точки зрения соблюдения параллельности поверхностей детали см. рис.1) Определить точность изготовления элементов приспособления (корпус, опоры) методом полной взаимозаменяемости.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N 19

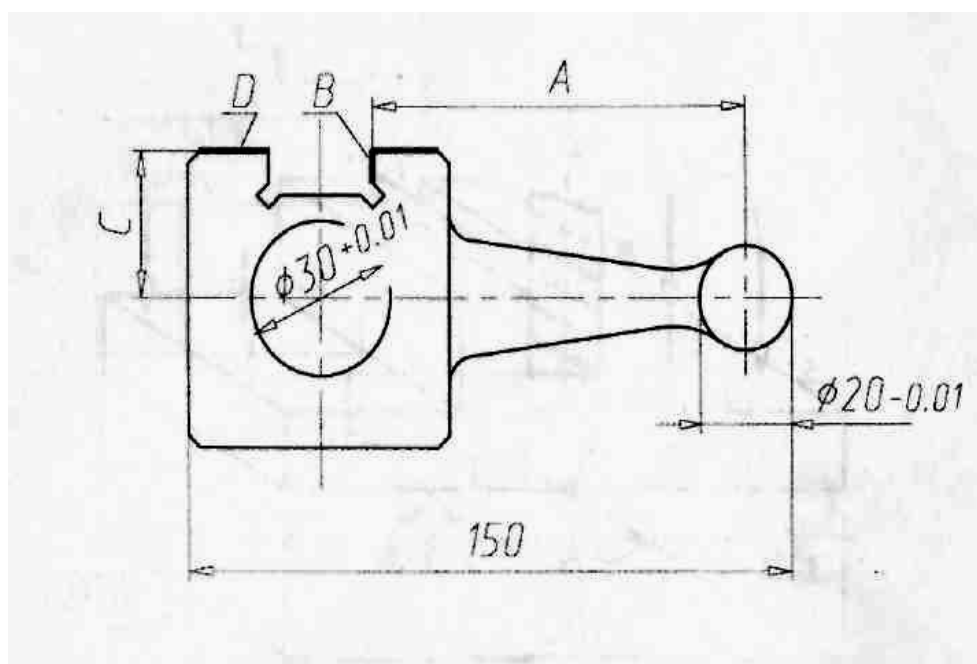


Предложить конструкцию приспособления с электро-механическим приводом для установки на фрезерном станке. Определить  $M_{кр}$  на валу электродвигателя при условии удержания заготовки на столе за счет сил трения  $R_{mp}$  (опорная поверхность приспособления рифленая), если:

- $P=1500$  Н, шероховатость установочной поверхности заготовки  $Rz40$ .
- $P=1000$  Н, шероховатость установочной поверхности заготовки  $Rz80$ .



## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N20



1. Размер  $A$  при шлифовании поверхности  $B$  необходимо выполнить с точностью 0,08 мм, а размер  $C$  при шлифовании поверхности  $D$  с точностью 0,05 мм. Предложить решения по базированию заготовок, обеспечивающие заданную точность.

2. Необходимо изготовить автоматизированное приспособление для сверления отверстия 12 мм в валу ( $\phi 55$  мм,  $l = 150$  мм) в радиальном направлении.

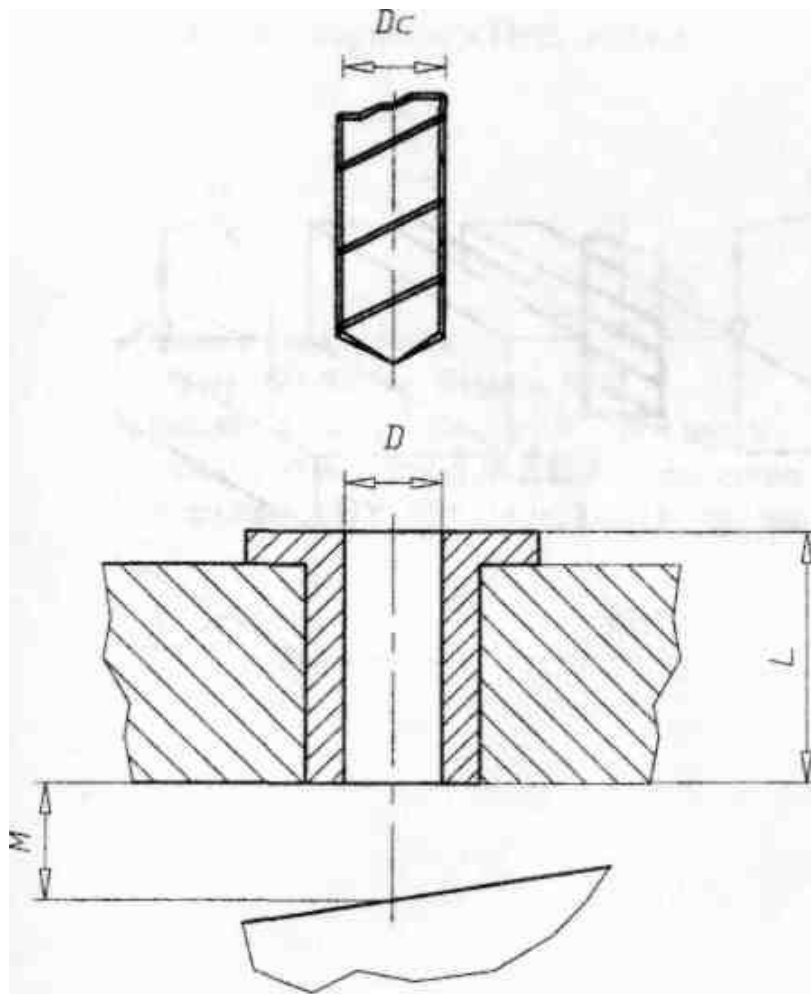
а) предложите конструкцию такого приспособления.

б) выберите необходимые материалы для его элементов корпусных, опорных, зажимных, кондукторных втулок и пр. указать их твердость и шероховатость их рабочих поверхностей.

$l = 150$  мм в радиальном направлении.

Имеются следующие материалы У10А, 20Х, 40Х, Ст45, Р6М5К6, Ст20, Ст3, СЧ15-45, БрАЖ, А9.

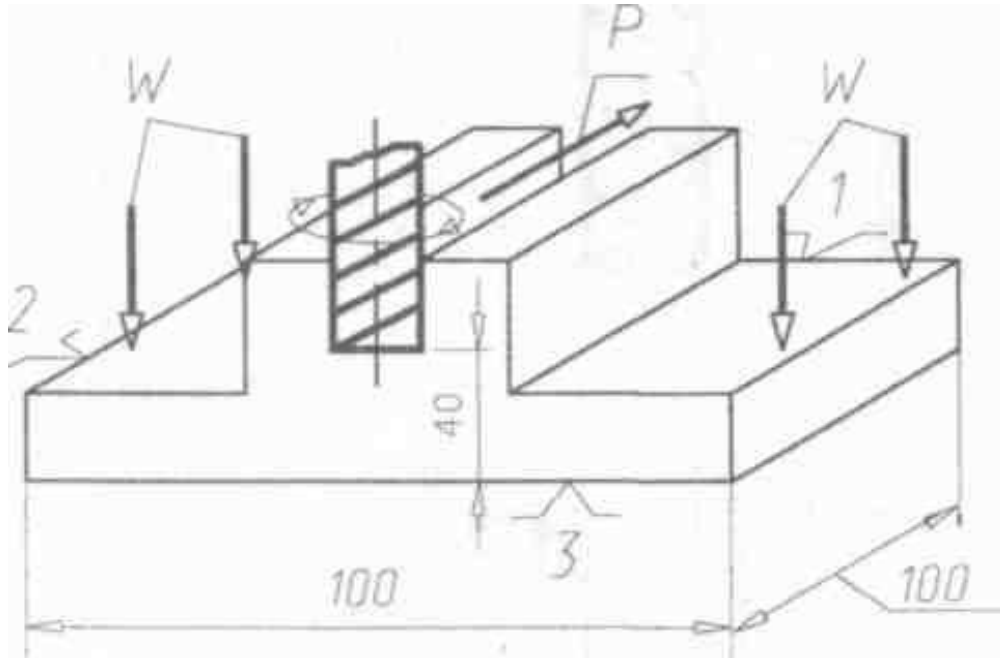
## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N 21



Рассчитать погрешность от перекоса и смещения сверла в кондукторной втулке при обработке отверстия на наклонной к оси инструмента поверхности, если:

- a)  $D=10+0.05$  мм,     $D_c=10-0,01$ мм,     $L=20$ мм,     $M=3$ мм.  
b)  $D=10+0,09$  мм,     $D_c=10-0,03$ мм,     $L=10$ мм,     $M=5$ мм.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ N 22



Предложить конструкцию пневмо-гидро-привода приспособления для зажима заготовки, Определить параметры привода, если давление пневмосети  $P_{в}=0,6$  МПа, давление в гидросистеме  $P_{г(max)}=6,3$  МПа, когда:

- а)  $P=2\ 000$  Н,
- в)  $P=3500$  Н

Расчёт приспособлений: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине: «Технологическая оснастка» для студентов направления 651400 «Машиностроительные технологии и оборудование».

Составители: Алексей Николаевич Гаврилин  
Алексей Борисович Пушкаренко

Подписано к печати  
Формат 60x84x16. Бумага № 2  
Плоская печать. Усл.-печ.л. Уч.изд.л.  
Тираж 100 экз. Заказ № .Бесплатно.  
Ротапринт ТПУ. 634034, г. Томск, пр. Ленина, 30