

Министерство образования и науки Украины

Дружковский техникум ДГМА

Цикловая комиссия специальности 5.090227

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Методические указания
для выполнения курсового и дипломного проектов
(для студентов специальности 5.090227
«Обработка материалов на станках и
автоматических линиях»)

Утверждено
на заседании
цикловой комиссии
спец. дисциплин
специальности 5.090227

протокол № ____ от ____
председатель _____ (Т. Н. Макаренко)

2008

Методические указания для курсового и дипломного проектирования (для студентов специальности 5.090227). Расчет и проектирование станочных приспособлений //Н.В. Ковалева, – Дружковка: ДТДГМА, 2008. – 64с.

Изложены основные методические положения разработки компоновок станочных приспособлений. Рассмотрены на конкретных примерах особенности проектирования станочных приспособлений для разных типов производства. Изложены принципы выбора и обоснования схем базирования и закрепления заготовок в приспособлениях, методика выполнения силовых расчетов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Базирование и погрешности установки заготовок в приспособлении....	5
1.1 Этапы разработки схем базирования и закрепления заготовок в приспособлении.....	7
1.2 Погрешность, возникающая при установке заготовок в приспособлении.....	10
1.3 Определение погрешности приспособления.....	15
2 Силовые расчеты.....	17
2.1 Общие принципы силового расчета.....	17
2.2 Исходные данные для расчета сил зажима.....	20
2.3 Расчет сил зажима.....	25
2.4 Расчет на прочность элементов станочных приспособлений.....	27
2.5 Предпроектный анализ.....	28
2.6 Проектирование станочных приспособлений.....	29
2.6.1 Задачи проектирования.....	29
2.6.2 Исходные данные для проектирования.....	30
2.6.3 Последовательность проектирования.....	31
2.6.4 Оформление сборочного чертежа.....	35
2.6.5 Обеспечение точности.....	37
Список рекомендуемой литературы.....	63

Введение

Практические занятия по дисциплине «Технологическая оснастка» посвящены изучению и освоению методики проектирования станочных приспособлений с учетом специфики производства. Если в условиях мелкосерийного и индивидуального производства предпочтительны универсальные приспособления, то в крупносерийном и массовом – специализированные или специальные. Вместе с тем, требования мобильности и гибкости современного производства вызывают необходимость оснащения универсального приспособления необходимыми наладкой и зажимом, обеспечивающими точную установку заготовки в приспособление без выверки и ее механизированное закрепление. Те же требования в условиях массового и крупносерийного производства предполагают модульную структуру компоновок специализированных и специальных приспособлений, допускающих возможность использования их базовых конструкций и отдельных узлов в новых компоновках приспособлений для применяемого при обработке деталей технологического оборудования.

Пособие является методическим руководством для проведения практических занятий, выполнения контрольных заданий и самостоятельной работы по дисциплине «Технологическая оснастка».

Цель работы – получение и развитие практических навыков разработки компоновок станочных приспособлений в соответствии с поставленными технологическими задачами.

При этом студент должен овладеть принципами выбора и обоснования элементов конструкции, современными методами расчета параметров, навыками применения стандартов, методикой экономического обоснования принимаемых решений в процессе разработки компоновок.

1 Базирование и погрешности установки заготовок в приспособлении

Проектирование любого приспособления начинается с выбора и обоснования схемы базирования объекта (заготовки, детали, узла, изделия). В соответствии с ГОСТ 21495-76 базирование, т.е. придание объекту требуемого положения относительно принятой системы координат, осуществляется с помощью выбранных на объекте баз в виде принадлежащих ему поверхностей, осей, точек или их сочетаний. Совокупность баз, определяющих положение объекта в системе координат, составляет комплект баз, который обеспечивает неподвижность объекта исходя из правила шести точек. Соответствующее число связей (опорных точек) с объекта может сниматься, если по назначению изделия необходимо или при обработке заготовки достаточно определенное число степеней свободы. Тогда при базировании объекта используют две или одну базу. Вместе с тем автоматизация процесса сборки или обработки заготовок, в частности, на станках с ЧПУ требует полной схемы базирования, т.е. лишения объекта шести степеней свободы.

По лишаемым степеням свободы различают:

- установочную базу, лишаящую объект трех степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей;
- направляющую базу, лишаящую объект двух степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси;
- опорную базу, лишаящую объект одной степени свободы: перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси;
- двойную направляющую базу, лишаящую объект четырех степе-

ней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей и поворотов, вокруг этих осей;

- двойную опорную базу, лишаящую объект двух степеней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей.

По характеру проявления база может быть:

- скрытой в виде воображаемой плоскости, оси, точки;
- явной в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

Под схемой базирования понимается схема расположения опорных точек на базах заготовки, детали, сборочной единицы, изделия. Все опорные точки на схеме базирования изображаются условными знаками и нумеруются порядковыми номерами, начиная с базы, на которой наибольшее количество опорных точек. При наложении в какой-либо проекции одной точки на другую изображается одна точка и около нее проставляются номера совмещенных точек. Число проекций объекта на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

Наложение двухсторонних геометрических связей достигается в приспособлениях через соприкосновение (контактирование) базовых поверхностей заготовки или другого объекта с рабочими поверхностями установочных элементов - опор, к которым заготовки поджимаются для обеспечения надежного контакта. В таблице 2 представлены условные обозначения опор и зажимов.

1.1 Этапы разработки схем базирования и закрепления заготовок в приспособлении

Базирование и закрепление - это два разных элемента операции установки заготовки в приспособлении. Они выполняются, как правило, последовательно, причем базирование предшествует закреплению. Следует помнить, что базирование нельзя заменить закреплением. Если из шести опорных точек отсутствует одна или несколько точек, то у заготовки остается соответственно одна или несколько степеней свободы. Это значит, что в направлении отсутствующих опорных точек положение заготовки не определено, и заменить отсутствующие опорные точки закреплением с целью базирования нельзя.

Поясним сказанное примером установки заготовки плоскостью на магнитную плиту (рис.1).

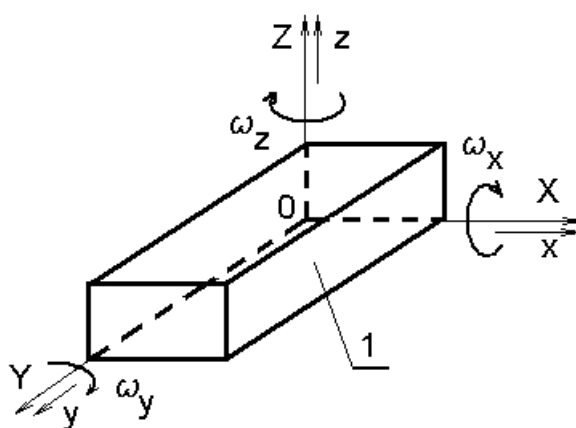


Рисунок 15 - Схема установки заготовки
на плоскость 1

В рассмотренном случае заготовка при базировании плоскостью на поверхность плиты лишается трех степеней свободы: перемещения вдоль оси **OZ** и поворотов относительно осей **OX** и **OY**. У нее остаются три степени свободы: она может быть поставлена на плите в неопределенном

положении в направлении осей **X** и **Y** и повернута относительно оси **Z**. Закрепление не изменит неопределенности положения заготовки в плоскости плиты, а только придаст ей неподвижность.

Разработку схемы базирования и закрепления деталей в приспособлении целесообразно проводить по следующим этапам

Формулирование задачи (исходя из условий обработки)

На этом этапе необходимо выбрать и обосновать схемы базирования и закрепления при обработке заданной поверхности. При изображении схемы базирования необходимо заготовку вычерчивать в двух- трех проекциях на достаточном удалении друг от друга и жирной линией выделить обрабатываемую поверхность.

Разработка теоретической схемы базирования заготовки

На этом этапе необходимо выбрать базовые поверхности и показать (условно), какая база скольких и каких степеней свободы лишает заготовку.

При этом необходимо соблюдать принципы единства и постоянства баз. В качестве установочных баз выбирать поверхности, обеспечивающие наибольшую устойчивость заготовки.

Разработка варианта реализации теоретической схемы базирования

На этом этапе необходимо выбрать тип, конструкцию, количество и место расположения установочных элементов. При этом необходимо учитывать форму, размеры и состояние базовых поверхностей, обеспечивая

необходимую жесткость и устойчивость заготовки.

Оценка погрешности базирования

На этом этапе необходимо определить величину возможной погрешности базирования и сделать выводы о целесообразности принятых схемы базирования и конструкции установочных элементов. После этого выполнить дифференцированную оценку погрешности для всех указанных размеров обрабатываемой поверхности путем сравнения величины полученной погрешности с допустимым отклонением размера.

Составление схемы сил, действующих на заготовку в процессе обработки

На этом этапе необходимо выбрать место и направление действия составляющих силы резания и силы зажима. При этом выбирают направление действия сил резания наиболее неблагоприятное при обработке детали (наиболее удаленное от места приложения), а силы зажима как можно ближе к месту обработки.

1.2 Погрешность, возникающая при установке заготовок в приспособлении

Погрешности, возникающие при установке деталей в приспособлениях, существенно влияют на точность размеров деталей, получаемых в процессе обработки. Изучение и анализ погрешностей, возможных при обработке деталей, тесно связывают с требуемой точностью обработки. При этом описанные в литературе методы расчета точности основаны на том положении, что сумма возможных погрешностей, возникающих при обработке деталей, не должна превышать допуска размера детали, получаемого на данной технологической операции, т.е.

$$\sum \varepsilon_i \leq \delta \quad (1.2.1)$$

Возможные погрешности могут быть разделены на две основные группы:

1 Погрешность установки ε_y - возникает при установке заготовки в приспособление, которая складывается из трех составляющих ее погрешностей: погрешность базирования $\varepsilon_б$, погрешность закрепления $\varepsilon_з$ и погрешность приспособления $\varepsilon_{пр}$. Эти погрешности представляют собой случайные величины, распределение которых можно в первом приближении принять нормальным (закон Гаусса). Тогда погрешность установки можно получить из уравнения:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (1.2. 2)$$

2 Нормированная погрешность обработки ($\epsilon_{н.обр}$) возникает в процессе обработки детали вследствие геометрической неточности станка, упругой и тепловой деформации технологической системы, износа режущего инструмента и др. факторов. Определить величину этой погрешности для партии деталей аналитически без экспериментальной проверки в процессе обработки практически невозможно. В первом приближении при выполнении расчетов нормированную погрешность обработки можно определять по величине средней экономической точности обработки ($\Delta_{эк}$), значения которой для различных видов обработки приводятся в справочной литературе.

Тогда

$$\epsilon_{н.обр} = K \Delta_{эк}, \quad (1.2.3)$$

где K - коэффициент, выбираемый в зависимости от точности выполняемого размера детали ($K=0,5-0,8$).

При этом, чем выше точность рассматриваемого размера детали, тем больше величина коэффициента. Ориентировочно выбирают для 8,9 качества $K=0,5$; для 7 качества $K=0,7$; для 6 качества $K=0,8$.

Таким образом, подставив выражения (1.2.2) и (1.2.3) в неравенство (1.2.1) получим

$$\sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{пр}^2} + K \Delta_{эк} \leq \delta \quad (1.2.4)$$

Все расчеты точности при проектировании приспособлений делаются для определения допустимой величины погрешности приспособления [$\epsilon_{пр}$]. Произведя перегруппирование неравенства (1.2.4) для определения расчетной суммарной допустимой погрешности приспособления, получим

$$|\epsilon_{\text{пр}}| \leq \sqrt{(\delta - K\Delta_{\text{ЭК}})^2 - \epsilon_6^2 - \epsilon_3^2}, \quad (1.2.5)$$

Зная точность и шероховатость поверхности детали, которые необходимо получить при ее обработке мы получим δ или $\Delta_{\text{ЭК}}$, а также K .

Учитывая, что $\Delta_{\text{ЭК}} = \delta$, остаются неизвестными две составляющие, это - ϵ_6 и ϵ_3 .

Погрешностью базирования называют разность предельных отклонений измерительной базы относительно установленного на размер инструмента, возникающей при несовмещении измерительной и установочной (технологической) баз в результате неточности формы и размеров заготовки. В соответствии с ГОСТ 21495-76, погрешность базирования - отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого.

Исходя из определений погрешности базирования, при обработке на настроенных станках, она будет иметь место при несовмещении измерительной и технологической баз заготовки.

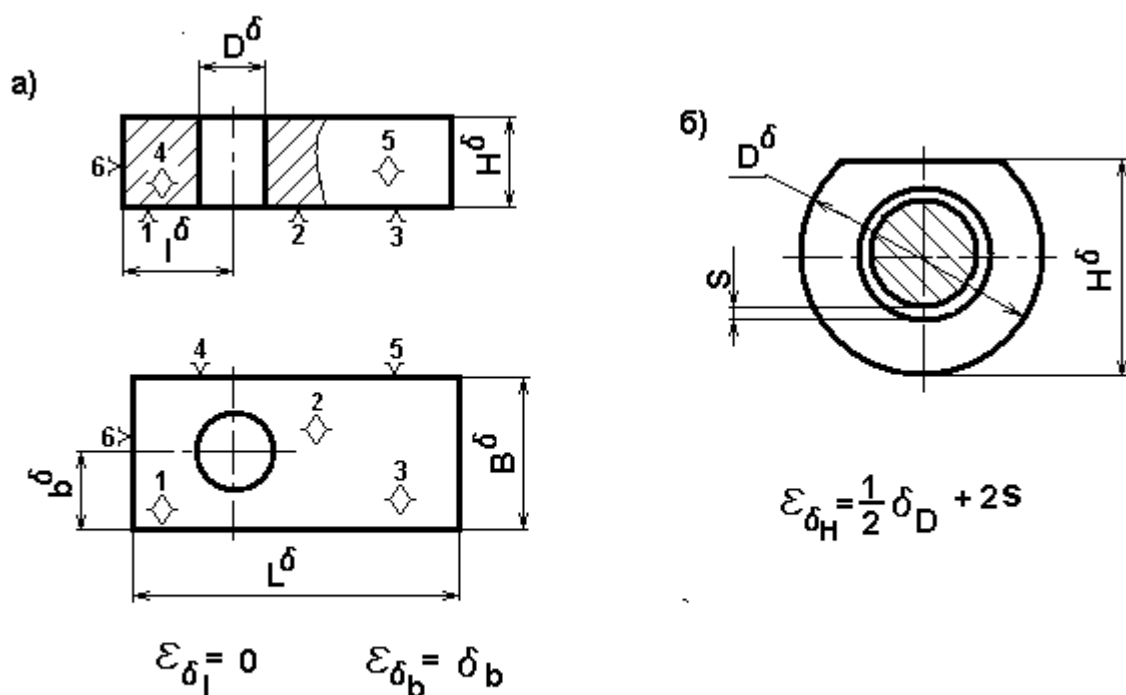


Рисунок. 1 Схемы базирования заготовок при обработке отверстия D^δ а) и лыски H^δ б)

Для уменьшения погрешности базирования обрабатываемой заготовки в приспособлении необходимо придерживаться следующих правил выбора баз:

- совмещать технологические и измерительные базы (принцип единства баз);
- выбирать рациональные конструкции, размеры и схемы расположения установочных элементов;
- уменьшать или устранять зазоры при посадке заготовки на охватывающие или охватываемые поверхности установочных элементов;
- поверхность, выбранную в качестве технологической базы на первой операции оставлять в качестве базовой и на последующих

операциях (принцип постоянства баз);

- поверхности, используемые в качестве технологической базы должны обеспечивать наибольшую устойчивость и жесткость заготовки.

При выборе черновых баз, которыми пользуются на первой операции, соблюдается ряд специфических правил:

- если у детали после окончательной обработки некоторые поверхности остаются черновыми, то их следует принимать в качестве технологических баз на первой операции. Этим обеспечивается необходимая координация взаимного расположения черновых и обработанных поверхностей;
- у деталей обрабатываемых "кругом" за черновые базы следует принимать поверхности с наименьшими припусками. Это исключает появление брака из-за недостатка припуска на этих поверхностях;
- не рекомендуется принимать за базу поверхности разъемов, а также места, где были расположены прибыли, литники.

Погрешностью закрепления (ϵ_z) является разность между наибольшей и наименьшей величинами проекций смещения измерительной базы на направление выполняемого размера в результате приложения к заготовке сил зажима.

Величину погрешности закрепления можно уменьшить при соблюдении следующих условий:

- выбора схемы базирования, обеспечивающей наибольшую устойчивость заготовки;
- повышения жесткости стыка опорных поверхности приспособле-

ния - базовые поверхности заготовки, например, за счет введения вспомогательных опор;

- расположения сил зажима против опор;

- повышения однородности поверхностного слоя базовых поверхностей заготовок;

- обеспечения постоянства сил зажима, в частности, за счет механизации приводов.

Погрешность закрепления является случайной величиной и в настоящее время определяется экспериментально. Ориентировочные значения погрешности закрепления при расчетах на стадии проектирования для различных схем установки и закрепления заготовок приводятся в учебной и справочной литературе.

1.3 Определение погрешности приспособления

Расчетная погрешность приспособления, в свою очередь, состоит из отдельных составляющих, являющихся звеньями размерной цепи, определяющей точность положения заготовки в приспособлении.

$$\epsilon_{\text{пр}} = \sum \Delta_i + \Delta_z + \Delta_{\text{п}} + \Delta_{\text{и}} + \Delta_{\text{у.п.}}, \quad (1.3.1)$$

где $\sum \Delta_i$ - суммарная погрешность изготовления отдельных деталей приспособления, которая регламентирована допускам (δ_i) на рабочих чертежах. При этом учитывается только погрешность деталей, образующих размерную цепь от места контакта заготовки с приспособлением до контакта приспособления со станком. Суммарная погрешность не должна превышать допуска на сборку приспособления

$$(\sum \Delta_i \leq \delta_{\text{сб}});$$

Δ_3 - погрешность, обусловленная наличием зазоров при посадке заготовок на установочные элементы

Δ_n - погрешность, вызванная перекосом или смещением режущего инструмента вследствие наличия зазоров между направляющими элементами приспособления и инструментом;

Δ_i - погрешность, обусловленная износом установочных и направляющих элементов

$\Delta_{y.n.}$ - погрешность установки приспособления на станках.

Решая уравнение (11) относительно $\delta_{сб} = \sum \Delta_i$ находим допуск размера собранного приспособления, который определяет точность положения заготовки в приспособлении

$$\delta_{сб} = \epsilon_{пр} - (\Delta_3 + \Delta_n + \Delta_i + \Delta_{y.n.}) \quad (1.3.2)$$

где $\epsilon_{пр}$ принимают равной $|\epsilon_{пр}|$

Δ_3 - имеет место при использовании в качестве технологических баз отверстия, по которым заготовка устанавливается на пальцы или оправки с зазором;

Δ_n - имеет место при использовании кондукторных втулок для направления инструмента.

Значение погрешностей Δ_3 и Δ_n определяются расчетом в зависимости от выбранной посадки из геометрических построений.

Δ_i - величина экспериментальная.

Ориентировочные значения Δ_i на стадии проектирования можно выбрать из справочной литературы.(6).

$\Delta_{y.n.}$ - определяется для различных схем установки приспособления на станке с учетом точности выполнения сопряжения элементов приспособления и станка (3).

2 Силовые расчеты

2.1 Общие принципы силового расчёта

На практике расчёт сил зажима обрабатываемой заготовки производится в двух основных случаях:

1. при конструировании новых приспособлений;
2. при использовании имеющихся универсальных и переналаживаемых приспособлений с зажимными устройствами, развивающими определённую силу зажима.

Во втором случае расчёт сил зажима носит проверочный характер. При этом рассчитанная из условий обработки необходимая сила зажима должна быть меньше или равна той силе, которую развивает зажимное устройство используемого приспособления. Если это условие не соблюдается, то изменяют режим обработки с целью уменьшения необходимой силы зажима и производят проверочный расчёт. Решение может, производится и в обратном порядке. Тогда по известной силе зажима имеющегося приспособления определяют допустимые силы резания и задают условия обработки.

Мы будем рассматривать расчёт сил зажима для первого, наиболее общего случая.

При конструировании новых приспособлений расчёт сил зажима может быть сведён к решению задачи статики на равновесие заготовки под действием приложенных к ней внешних сил. Внешние силы приложенные к заготовке, - это силы резания, объемные силы /вес заготовки, центробежные силы и силы инерции/, силы зажима, реакции опор, силы трения. Если силы резания при расчёте сил зажима учитываются всегда, то объемные – только для определённых условий обработки. В частности, вес заготовки действует и учитываются при её установке на вертикальные и наклонно расположенные элементы. Центробежные силы возникают и учитываются в процессе обработки при смещении центра

тяжести заготовки относительно её оси вращения. Силы инерции возникают и имеют существенное значение в двух случаях: когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение/при строгании/; при резком изменении скорости вращательного движения. Силы трения и сопротивления, возникающие при движении заготовки в процессе обработки и отводе рабочего инструмента, /например, силы трения в центрах, при выводе сверла из просверленного отверстия и др./ часто не учитываются из-за незначительной их величины по сравнению с другими силами.

При расчётах следует принимать наибольшие силы зажима, получаемые для самого неблагоприятного расположения сил, действующих на заготовку в процессе обработки на конкретно рассматриваемой схеме базирования и закрепления.

Вместе с тем следует учитывать, что необоснованное увеличение сил зажима приводит к росту погрешностей, возникающих при установке и закреплении заготовок, а также к снижению точности обработки.

Для равновесия твёрдого тела, находящегося под действием пространственной системы сил, порознь должны равняться нулю алгебраической суммы проекций всех сил на каждую из трёх координатных осей и алгебраические суммы моментов всех сил относительно каждой из этих осей. Указанные шесть уравнений статики могут быть записаны в таком виде:

$$\sum_{i=1}^n (P_i)_{ox} = 0; \quad \sum_{i=1}^n (P_i)_{oy} = 0; \quad \sum_{i=1}^n (P_i)_{oz} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n (M_i)_{ox} = 0; \quad \sum_{i=1}^n (M_i)_{oy} = 0; \quad \sum_{i=1}^n (M_i)_{oz} = 0;$$

где $\sum_{i=1}^n (P_i)_{ox}$, $\sum_{i=1}^n (P_i)_{oy}$, $\sum_{i=1}^n (P_i)_{oz}$ -соответственно сумма

проекций всех сил относительно координатных осей ox ; oy ; oz ;

n -число сил, входящих в расчётную схему;

$$\sum_{i=1}^n (M_i)_{ox} \quad \sum_{i=1}^n (M_i)_{oy} \quad \sum_{i=1}^n (M_i)_{oz} \text{ -соответственно алгебраические суммы}$$

моментов всех сил относительно осей ox , oy , oz .

Для обеспечения надёжности зажима и учёта динамики процесса резания и расчетные формулы вводится коэффициент запаса K . Нахождение его величин и зависимости от условий обработки будет рассмотрено ниже.

При определении потребных сил зажима в случаях, когда силы резания совпадают с ними по направлению, и когда необходимо учитывать упругие характеристики зажимных устройств. Из этих условий применяемые в приспособлениях зажимные устройства разделяются на две основные группы.

К первой группе относятся устройства, упругие зажимы которые прямо пропорциональны приложенным к ним усилиям. Эти устройства имеют в своём составе самотормозящие механизмы /винтовые, клиновые, безроликовые, эксцентриковые/ с ручным или механизированным приводом. В случае приложения к таким зажимам дополнительной силы их упругие отжимы будут изменяться по линейному / или близкому к нему / закону в направлении действия прикладываемых сил и пропорционально изменению последних.

К устройствам второй группы относятся пневматические, гидравлические и пневмогидравлические механизмы прямого действия. При использовании устройств этого типа с промежуточными звеньями без самоторможения зажимной элемент в первый период отжимается по линейному закону за счёт упругих деформаций звеньев, затем, при возрастании силы до определённых значений, он может резко переместиться.

При использовании устройства первой группы и в случае, когда часть сил резания по направлению совпадает силами зажимами, потребные силы зажима следует рассчитывать из условия равновесия заготовки при действии сил, стремящихся сместить ее, и силы противодействующих сдвигу. Последние возникают в результате действия перераспределённых реакций зажимных элементов и опор.

В результате расчета зажимных устройств определяются размеры их элементов/плечи рычагов, диаметры резьб, размеры эксцентриков и др./ и соотношение обеспечиваемых сил зажима и сил ,действующих на механизм со стороны привода. Такой расчет используется при конструировании новых приспособлений и может носить проверочный характер и в случае анализа существующих приспособлений или зажимных устройств.

2.2 Исходные данные для расчёта сил зажима

Для расчёта сил зажима необходимо иметь:

1. Рабочий чертёж заготовки для выполнения операции (операций) с указанием обрабатываемой поверхности (поверхностей).
2. Рабочий чертёж детали, которую необходимо получить при обработке с использованием приспособления.
3. Методы обработки заданной поверхности (поверхностей) заготовки, необходимое оборудование и инструменты.
4. Элементы режима резания.
5. Схема базирования и закрепления заготовки в приспособлении.
6. Значения коэффициентов трения для различных условий контакта поверхностей заготовки с установочными и зажимными элементами приспособлений.
7. Значения коэффициентов запаса для различных условий закрепления и обработки заготовок.
8. Для расчёта сил зажима значения коэффициентов трения можно принимать по табл.1.

Таблица 2.1- Коэффициенты трения между контактирующими поверхностями заготовки к элементам приспособления

Состояние контактирующих поверхностей	Среднее значение коэффициента трения
Базовые поверхности заготовки обработаны, установочные элементы типа опорных пластин.	0,16
Базовые поверхности заготовки не обработаны, установочные элементы типа точечных опор.	0,25
Базовые поверхности заготовки не обработаны, рабочие поверхности установочных и зажимных элементов:	
с кольцевыми канавками	0,35
с перпендикулярными канавками	0,55
с острыми рифлениями	0,85

В зависимости от конкретных условий обработки значение коэффициента запаса K выбирается, дифференцировано(1,2). При этом его величину можно представить как произведение ряда коэффициентов($K_0, K_1, \dots, K_6$), отражающих условия обработки и закрепления заготовки т.е.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

где K_0 -гарантированный коэффициент запаса, для всех случаев рекомендуется выбирать $K_0 = 1,5$;

K_1 -коэффициент, учитывающий изменения сил резания, обусловленное неравномерностью снимаемого при обработке припуска.

Значения коэффициента K_2 , учитывающего возрастание сил резания при затуплении инструмента, для различных материалов и методов обработки

приведены в табл. 2.

Значение коэффициентов K_3 , K_4, K_5, K_6 , полученные с учётом специфики условий закрепления и обработки заготовки, даны в табл. 3

Таблица 2.2 – Значение коэффициента K_2

Метод обработки	Компоненты силы резания	K_2	Примечание
Сверление	Крутящий момент	1,15	Для чугуна
	Осевая сила	1,00	
Предварительное (по корке) зенкерование	То же	1,30	Для чугуна при износе по задней поверхности 1,5
		1,20	
Чистовое зенкерование	То же	1,20	Для чугуна при износе по задней поверхности 0,7...0,3 мм
		1,20	
Предварительное точение и растачивание	P_z	1,00	Для сталей
		1,00	Для чугуна
		1,40	Для сталей
	P_y	1,20	Для чугуна
		1,60	Для сталей
	P_z	1,25	Для чугуна
Чистовое точение и растачивание	P_z	1,00	Для сталей
		1,05	Для чугуна
		1,03	Для сталей
	P_y	1,40	Для чугуна
		1,00	Для сталей
	P_z	1,30	Для чугуна
Цилиндрическое предварительное и чистовое фрезерование	Окружная сила	1,6...1,8	Для всех сталей
		1,2...1,4	Для твердых сталей и чугунов
Торцовое предварительное и чистовое фрезерование	Тангенциальная сила	1,6...1,8	То же
		1,2...1,4	-“-

Шлифование	Окружная сила	1,15...1,20	-“-
Протягивание	Сила протягивания	1,5	При износе по задней поверхности до 0,5 мм

Таблица 2.3 –Значения коэффициентов K_3 – K_6

Обозначение коэффициента	Условия обработки, учитываемые коэффициентом	Значение коэффициента	Примечание
K_3	Увеличение сил резания при прерывистом резании	1,2	При торцевом фрезеровании
K_4	Вид привода приспособления	1,0 1,3	Для пневматических, гидравлических и других приводов прямого действия Для ручных зажимов
K_5	Удобство расположения рукояток в ручных зажимах	1,0 1,2	Удобное положение рукоятки с малым диапазоном угла ее поворота При большом диапазоне угла поворота рукоятки (более 90°)
K_6	Наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку на опорах	1,0 1,5	Установка опоры с ограниченной поверхностью контакта (опоры постоянные) Установка на опоры с большой поверхностью контакта (пластины опорные)

2.3 Расчёт сил зажима

Эффективность зажима в значительной степени зависит от направления и места приложения силы. При выборе направления силы зажима необходимо учитывать ряд правил.

1. Сила зажима должна быть направлена перпендикулярно плоскостям установочных элементов, чтобы обеспечить надёжный контакт с базовыми поверхностями и исключить сдвиг заготовки при зажиме.

2. При базировании заготовки по нескольким базовым плоским поверхностям сила зажима должна быть направлена к тому установочному элементу, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта.

3. Направление силы зажима и силы тяжести заготовки должны совпадать (это повысит эффективность использования зажимного устройства).

4. Направление силы зажима по возможности должно совпадать с направлением силы резанья.

На практике после анализа различных вариантов выбирают наиболее приемлемое направление силы зажима. Выбору рационального направления сила зажима способствует введению в силовую схему закрепления заготовки упоров. Которые воспринимают действующие на заготовку силы и способствуют уменьшению необходимых сил зажима или изменяют их направления.

При выборе места приложения сил зажима необходимо придерживаться следующих правил:

1. Сила зажима не должна приводить к опрокидыванию заготовки или ее сдвигу по установочным элементам. Для этого необходимо чтобы точка приложения силы зажима проецировалась:

- а) как можно ближе к центру установочного элемента или к центру тяжести треугольника, образованного линиями, соединяющими центры установочных элементов, расположенных в одной плоскости;

б) на участок поверхности заготовки параллельной поверхности плоских установочных элементов, воспринимающих силу зажима.

2. Действие силы зажима и вызываемых ею реакции опор не должно приводить к созданию изгибающих моментов, способных снизить точность обработки не жестких заготовок.

3. Место приложения силы зажима должно находиться как можно ближе к месту обработки, особенно для не жестких заготовок:

2.4 Расчет на прочность элементов станочных приспособлений

После выполнения силовых расчетов и расчета точности изготовления приспособления необходимо выбрать конструкционные материалы для деталей приспособления, назначить химико-термическую обработку или вид покрытия и рассчитать размеры элементов из условий прочности.

Рекомендации по применению конструкционных материалов для различных элементов приспособлений, применяемая химико-термическая обработка, достигаемая твердость и технологические свойства материалов в состоянии поставки представлены в приложении.

Покрытия деталей станочных приспособлений применяются в защитных (от коррозии, старения, биоповреждения) и защитно-декоративных целях. Они подразделяются на лакокрасочные, металлические и неметаллические неорганические. В зависимости от условий эксплуатации покрытия делятся на легкие (Л) - для работы в закрытых сухих помещениях, средние (С) - в закрытых помещениях с относительной влажностью не выше 80%, жесткие (Ж) - на открытом воздухе или в помещениях с относительной влажностью свыше 80%.

При работе приспособлений в масляной среде, не вызывающей коррозии, можно не применять покрытий.

Виды, обозначения и область применения лакокрасочных покрытий регламентируются ГОСТ 22133. - 86.

Общие требования к выбору металлических покрытий определены ГОСТ 14623 - 69, а виды, ряды толщин слоев и обозначения покрытий приведены в ГОСТ 9.073 - 77.

2.5 Предпроектный анализ

Целью предпроектного анализа является разработка наиболее эффективного варианта компоновки приспособления для конкретных условий производства. Достижение указанной цели предполагает изучение условий производства-«Среды обитания» объекта проектирования. При этом важно установить границы среды и состав определяющих ее элементов. Выбор компоновок станочных приспособлений будет зависеть от подлежащих обработке деталей и выполняемых технологических операций, используемого оборудования, типа производства и его организационной формы. Логика такой модели строится на том, что первичным является конкретная технологическая операция или операции обрабатываемой детали, которые могут выполняться на различных типах станков, станках разных поколений, с разной степенью автоматизации, а число и трудоемкость операций обрабатываемых деталей будет определять тип производства и в значительной степени его организационные формы.

Последующие действия предпроектного анализа должны достаточно полно раскрыть факторы «Среды обитания» объекта проектирования, чтобы обеспечить обоснованный выбор системы станочных приспособлений пользуясь общепринятыми рекомендациями.

2.6 Проектирование станочных приспособлений

2.6.1 Задачи проектирования

Задача проектирования приспособления тесно связана с разработкой технологического процесса обработки конкретной детали или группы деталей.

В работе по проектированию приспособлений в задачи технолога входят:

- выбор технологических баз;
- установление маршрута/обработки;
- уточнения содержания технологических операций с разработкой эскизов обработки, дающих представление о базировании и закреплении заготовки;
- установление режима обработки и определение сил, действующих на заготовку в процессе обработки;
- выбор типа и модели станка;
- определение штучного времени на операцию по элементам;
- предварительная разработка схемы приспособления.

В задачи конструктора входят:

- конкретизация предложенной технологом схемы базирования и закрепления заготовки;
- выбор типа, конструкции, количества и месторасположения установочных элементов;
- определение необходимой силы (сил) зажима;
- выбор схемы, размеров и расчет параметров зажимных устройств и приводов к ним;
- при необходимости, выбор, определение размеров и расчет элементов для направления и контроля инструмента, поворотных и делительных устройств;
- общая компоновка приспособления с установлением допусков на его сборку и изготовление деталей.

2.6.2 Исходные данные для проектирования.

При проектировании приспособления конструктор получает следующие исходные данные.

1. Краткое техническое задание на проектирование приспособления, подготовленное технологом с указанием схемы базирования и закрепления заготовки.

2 Чертеж заготовки (детали), поступающей на операцию, для которой проектируется приспособление.

3 Чертеж детали, получаемой после обработки с техническими требованиями по ее приемке.

4 Программу выпуска изделий.

5 Технологический процесс обработки деталей, содержащий последовательность и содержание операций; операционные эскизы на предшествующую и выполняемую операции; используемые станки и инструменты; режимы резания, закрепление и снятие обрабатываемой детали.

6 Сведения о станке, связанные с установкой приспособления (размеры стола, размеры и расположения Т-образных пазов и координатно-фиксирующих отверстий, наименьшее расстояние от стола до шпинделя, размеры конуса шпинделя и т.д.) и его состоянии.

7 Справочные данные, включающие стандарты и нормали на детали и узлы приспособлений; каталоги; номенклатурные справочники прогрессивного технологического оборудования и оснастки; альбомы нормализованных конструкций приспособлений и другие.

8 Руководящие и методические материалы по конструированию и расчету приспособлений.

Перед проектированием приспособления конструктору необходимо ознакомиться со станком, чтобы выявить особенности приспособления, связанные с оборудованием, и установить наиболее целесообразное размещение отдельных компонентов компоновки, в частности, привода, органов управления и другого.

Целесообразно также изучить конструкции и опыт эксплуатации аналогичных приспособлений.

При тщательной проработке исходной информации конструктор может выбрать другую схему приспособления и предложить технологу наиболее рациональное построение операции. Такие изменения после согласования с технологом вносят в карту технологического процесса.

2.6.3 Последовательность проектирования

Проектирование любого изделия включает разработку технической документации, содержащей чертежи, расчеты, технико-экономические обоснования, пояснительную записку и другие материалы, необходимые для производства изделий.

ГОСТ 2.103-68 (Ст. СВЭ 208-75) устанавливает следующие стадии разработки конструкторской документации: техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочую документацию.

На практике при проектировании приспособлений, как правило, ограничиваются разработкой технического проекта и конструкторской рабочей документации.

Непосредственно процессу проектирования предшествуют:

1 выбор системы, типа и степени автоматизации приспособления в зависимости от типа производства, производительности и точности обработки, условий многостаночного обслуживания и других факторов.

Например, в условиях массового и крупносерийного производства используются специальные приспособления, в средне-, мелкосерийном и индивидуальном (единичном) - переналаживаемые (СРП, СНП, УНП, УСП). Переналаживаемым приспособлениям отдается предпочтение и в гибком автоматизированном производстве. Применение многоместных, многопозиционных типов приспособлений позволяет многократно повысить производительность обработки на одном и том же станке.

Выбор наиболее экономически целесообразного типа приспособления должен производиться на основе соответствующих экономических расчетов;

2 выбор способа установки приспособления на станке, от которого зависит общая компоновка приспособления, а также схемы закрепления заготовки, конструкция зажимных устройств и привода.

Последовательность проектирования и содержание отдельных этапов при разработке технического проекта приспособления следующие.

На первом этапе уточняют принятую в технологическом процессе схему базирования и закрепления заготовки, а в случае ее отсутствия конструктор выбирает схему базирования сам. Далее, исходя из принятой схемы базирования, зная форму, шероховатость и точность базовых поверхностей, а также требуемую точность обработки на данной операции, определяют тип, конструкцию, количество и место расположения установочных элементов.

При недостатке опыта работы на первом этапе следует проводить в определенной последовательности

1 Вычертить контуры заготовки, желательно в трех проекциях на достаточном расстоянии для последующего конструирования элементов компоновки.

2 Выбрать на заготовке базовые поверхности.

3 Разработать теоретическую схему базирования заготовки с учетом выбранных баз.

4 Выбрать типы и конструкции установочных элементов и нанести их на поле чертежа вокруг заготовки.

5 Определить величину возможных погрешностей базирования и сделать выводы о целесообразности принятой схемы и конструкций установочных элементов.

На втором этапе составляют общую схему сил, действующих на заготовку в процессе обработки, и определяют величину сил зажима.

Работа на втором этапе выполняется в такой последовательности

1 Выбрать место и направления действия составляющих силы резания, исходя из работ, выполненных на первом этапе, метода обработки, используемого режущего инструмента, размеров обрабатываемой поверхности, и определить их величину (в случае, если их значения отсутствуют в исходных данных).

2 Уточнить направления действия и места приложения сил зажима. Направления действия сил зажима целесообразно выбирать перпендикулярно к плоскостям установочных элементов, в случае, когда плоскостей несколько - к установочному элементу с наибольшей площадью. Желательно, чтобы направление силы зажима совпало с силой тяжести заготовки и направлением силы резания.

Место приложения силы зажима выбирается как можно ближе к месту обработки. При выборе места приложения силы зажима, последняя не должна приводить к опрокидыванию или сдвигу установочных элементов, а также изгибу заготовки.

3 Выбрать начало координат. Это целесообразно сделать в точке контакта заготовки с установочным элементом, наиболее удаленной от места обработки. Одной из осей координат обычно является ось симметрии детали.

4 Составить общую схему сил, действующих на заготовку в процессе обработки, исходя из условий обеспечения ее равновесия под действием пространственной системы сил.

5 Составить уравнения статики для расчета сил зажима и с учетом коэффициента запаса определить ее величину.

На третьем этапе выбирают тип и конструкцию зажимного устройства и его привода, учитывая величину сил зажима; время, регламентированное в технологическом процессе на закрепление и раскрепление заготовки; тип приспособления. Разрабатывают компоновку, определяют основные размеры зажимного устройства и параметры привода.

На четвертом этапе, в случае необходимости:

1 Выбирают тип, конструкцию и определяют размеры элементов для направления и контроля положения инструмента.

2 Выбирают и обосновывают конструкцию поворотных и делительных устройств в многопозиционных приспособлениях, исходя из условий и точности обработки.

3 Выбирают конструкции и определяют размеры вспомогательных устройств, исходя из массы заготовки, выполняемой операции и требуемой точности обработки.

При выборе конструкций и размеров элементов и устройств максимально используют стандартные разработки.

На пятом этапе разрабатывают общий вид компоновки приспособления. Разработку общего вида приспособления начинают с нанесения на лист контура заготовки, выполняемой тонкими штрих пунктирными линиями или красным карандашом. В зависимости от сложности приспособления вычерчивают несколько проекций заготовки на расстоянии друг от друга достаточном для вычерчивания компоновки приспособления.

Разработку общего вида ведут методом нанесения отдельных элементов приспособления вокруг контура заготовки в последовательности рассмотренной в первом-четвертом этапах. После этого вычерчивают корпус приспособления, который объединяет все перечисленные элементы в общую компоновку. Основные этапы проектирования приспособления показаны на примере разработки компоновки для фрезерования шпоночного паза.

На шестом этапе оценивают точность конструкции приспособления, сравнивают ее с требуемой точностью обработки заготовки на данной операции и делают заключение о правильности принятых конструкторских решений.

На седьмом этапе выполняют кинематические и прочностные расчеты элементов и узлов приспособлений. Эти расчеты необходимы при обработке заготовок со значительными усилиями резания (5000 Н и более), при разработке механизированных и автоматизированных быстродействующих приспособлений и в других случаях.

Все они выполняются по методикам, изложенным в учебниках по общетехническим дисциплинам.

На восьмом этапе рассчитывают экономическую целесообразность применения сконструированного приспособления. Этими расчетами заканчивается разработка технического проекта приспособления. Если расчеты подтвердили правильность принятых конструкторских решений, то приступают к разработке рабочей документации, в частности, оформлению сборочного чертежа.

2.6.4 Оформление сборочного чертежа

В большинстве случаев выполненная опытным конструктором компоновка после согласования и корректировки оформляется как сборочный чертеж приспособления. При этом учитываются требования ГОСТ 2.109-73 "Правила выполнения чертежей деталей, сборочных, общих видов, габаритных и монтажных" и рекомендации по выполнению сборочных чертежей приспособлений, которые приведены ниже.

Сборочные чертежи приспособлений рекомендуется выполнять в масштабе 1:1. Исключение составляют приспособления для особо крупных или особо мелких деталей. Обрабатываемую заготовку следует изображать на них во всех проекциях (а в ряде случаев - и режущий инструмент). Эти рекомендации продиктованы стремлением предотвратить возможные ошибки при конструировании приспособлений из-за выбора несоразмерных элементов конструкции, недоучета требований удобства и снятия заготовки и другого.

Сборочный чертеж должен содержать необходимое число видов, разрезов и сечений, достаточных для получения полного представления об устройстве и принципе действия приспособления. Необходимо помнить, что на чертеже за главный вид принимают вид приспособления, установленного на станке и наблюдаемого со стороны рабочего места.

При оформлении сборочного чертежа необходимо указать позиции и составить спецификацию.

На сборочном чертеже должны быть указаны размеры: габаритные; посадочных поверхностей приспособлений с отклонениями; опорных поверхностей установочных элементов с отклонениями; определяющие

положение опорных элементов относительно посадочных поверхностей приспособления с отклонениями; определяющие расположение рабочих поверхностей направляющих элементов относительно опорных элементов с отклонениями.

Далее необходимо составить технические требования к конструкции, в которых указываются:

- необходимая точность выверки и проверки (если они требуются) отдельных элементов и узлов приспособления при сборке;
- предельные отклонения формы и расположения поверхностей, не показанные на чертеже;
- необходимая регулировка и отладка приспособления;
- требования к испытаниям;
- методы проверки при установке на станок;
- маркировка приспособления;
- окраска поверхностей;
- условия транспортировки и хранения;
- допустимый износ отдельных элементов;
- периодичность контроля тех или иных размеров, проставленных на сборочном чертеже;
- особые условия, обеспечивающие безопасное выполнение операций с использованием приспособления.

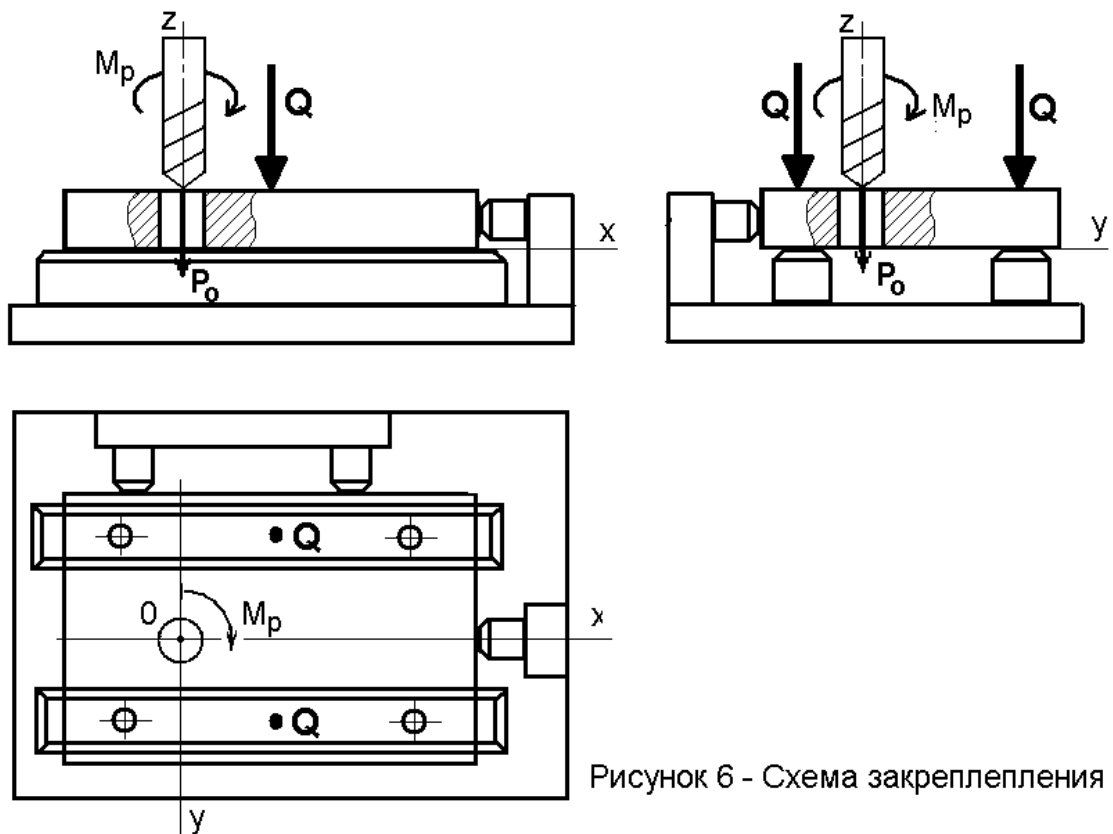


Рисунок 6 - Схема закрепления

2.6.5 Обеспечение точности

Для обеспечения заданной точности обработки заготовок, проектируемое приспособление должно быть достаточно жестким, в первую очередь, в направлении действия сил зажима и резания. Для этого желательно применять конструкции с наименьшим количеством стыков и исключать вне центровое приложение нагрузки.

Детали приспособлений должны быть жесткими при работе на изгиб и кручение и прочными при всех видах нагружения в эксплуатационных условиях. Корпусные детали приспособлений не должны деформироваться при закреплении заготовок и деформировать стол или другой элемент станка, на котором они закреплены.

Уменьшение контактных деформаций стыков, работающих на сжатие, возможно за счет снижения шероховатости контактирующих поверхностей, повышения твердости поверхностей и предварительной затяжки соединяемых элементов приспособления. В работающих на изгиб стыках рекомендуется располагать болты неравномерно, смещая их по возможности на большее

расстояние от нейтральной оси. В этом случае целесообразно также сокращать поверхность контактирования сопрягаемых деталей в области нейтральной оси.

Жесткости стыков деталей с поверхностями, обработанными шабрением и притиркой, со шлифованными поверхностями мало отличаются.

Достаточно высокая жесткость стыков с поверхностями, обработанными строганием, при совпадении рисок обработки. Контактную жесткость стыков можно повысить путем предварительной термической (закалки) или химико-термической (например, цементации с последующей закалкой) обработки деталей.

По точности выполнения все размеры, проставляемые на сборочном чертеже приспособления, можно разделить на три группы.

К первой группе относят размеры элементов и сопряжении, непосредственно определяющих точность обработки, в частности, отклонение от параллельности рабочей плоскости установочных элементов и плоскости основания корпусов приспособления, контактирующей со столом станка, расстояние между осями кондукторных втулок и другое.

Во вторую группу входят размеры элементов и сопряжении приспособлений, погрешности которых не оказывают влияния на точность обработки, размеры сопряжении зажимных устройств и приводов, выталкивателей и других вспомогательных устройств.

В третью - размеры несопрягаемых обработанных и необработанных поверхностей деталей приспособлений.

Допуски размеров первой группы принимают обычно в 2...3 раза меньшими допусков на размеры обрабатываемых поверхностей заготовки с использованием проектируемого приспособления. В ряде случаев это обеспечивает требуемую точность обработки заготовок. Вместе с тем допуски размеров первой группы не следует определять только руководствуясь указанными рекомендациями. Более целесообразно с методической и экономической точек зрения устанавливать допуски, пользуясь расчетно-аналитическими методами.

Допуски размеров второй группы назначают при конструировании в зависимости от характера и условий работы рассматриваемых сопряжений и назначения механизма. Преимущественно допуски размеров сопрягаемых деталей принимаются по 6-му...8-му квалитетам точности.

Свободные размеры выполняют по 14-му квалитету точности для обработанных и по 16-му - для необработанных поверхностей деталей приспособлений.

Пример 1 Определить (в общем виде) силу закрепления при точении наружной цилиндрической поверхности проходным резцом. Обрабатываемая заготовка базируется и закрепляется в токарном патроне.

Решение

Рассмотрим действие внешних возмущающих сил. Окружная сила P_z – имеет наибольшую абсолютную величину при точении и действует по касательной к заготовке. Она пытается повернуть заготовку вокруг ее оси. Радиальная сила P_y – в зависимости от условий обработки составляет 0,3...0,9 P_z и действует по нормали к обрабатываемой поверхности от периферии к центру заготовки. Ей противодействуют реакции со стороны кулачков. Так как радиальная сила не вызывает смещения заготовки то, обычно, на расчетной схеме реакции не показываются. Осевая сила P_x – в зависимости от условий обработки составляет 0,1...0,7 P_z и действует на заготовку в направлении подачи инструмента. При этом она пытается сместить заготовку вдоль оси.

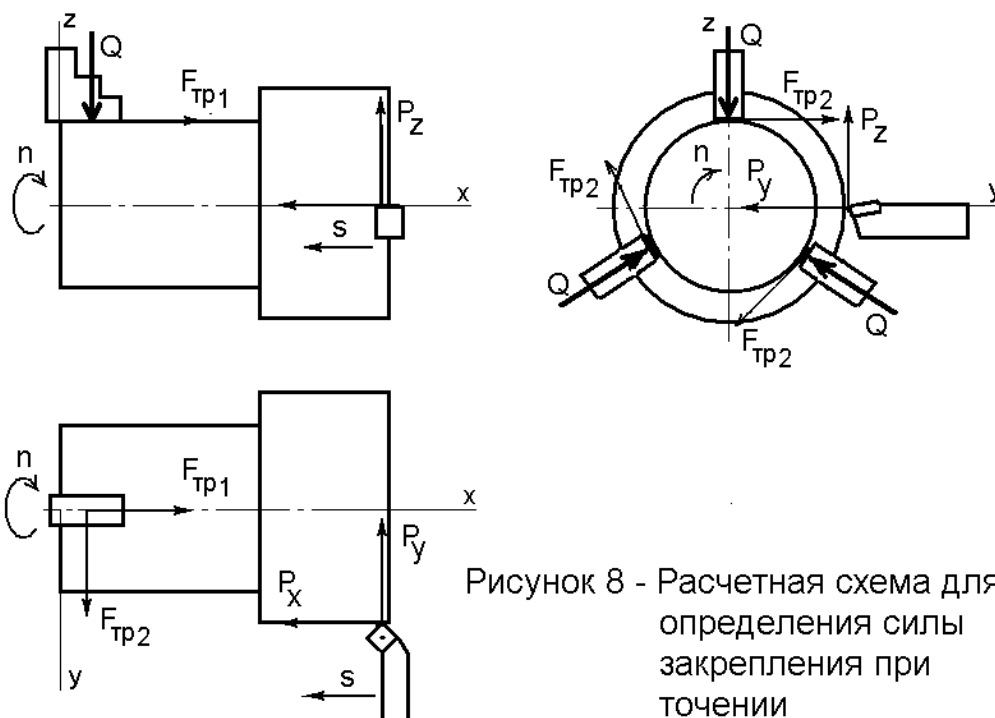


Рисунок 8 - Расчетная схема для определения силы закрепления при точении

Закрепление заготовки осуществляется силой закрепления Q , прикладываемой к заготовке от кулачков патрона. При этом значение силы закрепления должно быть таким, чтобы исключалась возможность поворота заготовки в патроне от действия окружной силы, ее смещение вдоль оси, вызываемое осевой силой.

Возможность поворота заготовки вокруг оси OX в патроне и ее смещение вдоль оси OX исключается благодаря действию сил трения F_1 и F_2 . Они возникают в результате действия силы закрепления в месте контакта кулачков патрона с базовой поверхностью заготовки. Причем ее часть Q_1 противодействует повороту заготовки вокруг ее оси, а Q_2 противодействует смещению заготовки вдоль оси. Тогда,

$$Q = k \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2}, \quad (1)$$

где Q_1 – часть силы закрепления противодействующая повороту заготовки вокруг оси;

Q_2 – часть силы закрепления противодействующая смещению заготовки вдоль оси;

k – коэффициент запаса.

Для обеспечения неподвижности заготовки под действием всех внешних

сил составим уравнения статического равновесия

$$\sum M_{OX} = nF_{\text{тр}1} \frac{D_2}{2} - P_Z \frac{D_1}{2} = 0; \quad (2)$$

$$\sum P_{OX} = nF_{\text{тр}2} - P_X = 0, \quad (3)$$

где n - число кулачков патрона, для трехкулачкового патрона $n=3$;

D_1 - диаметр обрабатываемой поверхности;

D_2 - диаметр базовой поверхности.

Как видим, в двух уравнениях полностью компенсировано действие всех внешних возмущающих сил (составляющих силы резания). Из объемных сил действует только вес заготовки, который имеет несоизмеримо меньшую величину чем другие внешние силы.

Подставим в уравнения (2) и (3) значение силы трения.

$$F_{\text{тр}} = fQ, \quad (4)$$

где f – коэффициент трения.

Тогда

$$\sum M_{OX} = 3fQ_1 \frac{D_2}{2} - P_Z \frac{D_1}{2} = 0, \quad (5)$$

$$\sum P_{OX} = 3fQ_2 - P_X = 0, \quad (6)$$

Из уравнений (5) и (6) находим:

$$Q_1 = \frac{P_Z D_1}{3fD_2}, \quad (7)$$

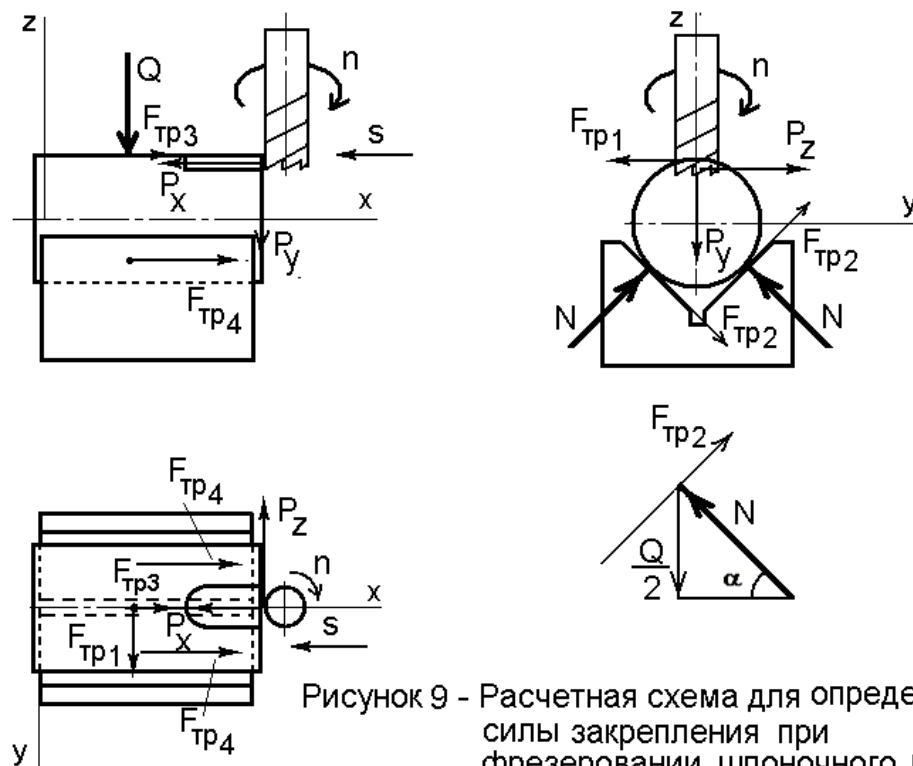
$$Q_2 = \frac{P_X}{3f}. \quad (8)$$

Подставляя значения сил трения из уравнений (4) и (5) в уравнение (1), получим формулу для расчета силы закрепления:

$$Q_1 = k \sqrt{\left(\frac{P_Z D_1}{3fD_2} \right)^2 + \left(\frac{P_X}{3f} \right)^2} \quad (9)$$

Пример 2. Определить (в общем виде) силу закрепления при фрезеровании шпоночного паза. Обрабатываемая заготовка базируется на одной призме и закрепляется прихватом.

Решение Расчетная схема представлена на рисунке 9. Из схемы видно, что окружная составляющая сила резания P_z стремится повернуть заготовку вокруг ее оси. Ей противодействуют две силы трения на линии контакта заготовки с поверхностями призмы и одна сила трения под прихватом направленные против действия силы P_z . Сила подачи фрезы P_x стремится сместить заготовку в направлении ее оси. Этому противодействуют две силы трения на линии контакта заготовки с поверхностями призмы и одна сила трения под прихватом направленные против действия силы P_x .



По аналогии с примером 1 можно не без основания предположить, что наибольшая сила закрепления потребуется для исключения поворота заготовки вокруг оси в результате действия силы P_z и ее смещения вдоль этой оси от силы P_x .

$$Q = k\sqrt{Q_1^2 + Q_2^2} \quad (10)$$

Для определения величины этой силы составим два уравнения:

$$\sum_{i=1}^n M_{ox} = P_Z \frac{D}{2} - F_{тр1} \frac{D}{2} - 2F_{тр2} \frac{D}{2} = 0, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ox} = -P_X + F_{тр3} + 2F_{тр4} = 0, \quad (12)$$

где: $F_{тр1} = Q_1 f_{т1}, F_{тр2} = \frac{Q_1 f_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$

$$F_{тр3} = Q_2 f_2, F_{тр4} = \frac{Q_2 f_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}};$$

α – угол призмы.

Подставив значения $F_{тр1}, F_{тр2}, F_{тр3}, F_{тр4}$ в уравнения (11) и (12), получим:

$$\sum_{i=1}^n M_{ox} = P_Z \frac{D}{2} - \frac{Q_1 f_1 D}{2} - \frac{Q_1 f_1 D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = 0, \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ox} = -P_X + Q_2 f_2 + \frac{Q_2 f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 0. \quad (14)$$

Решая уравнение (13) относительно Q_1 и уравнение (14) относительно Q_2 и учитывая, что диаметр базовой поверхности заготовки равен диаметру поверхности, на которой обрабатывается паз, получим:

$$Q_1 = \frac{P_Z}{f_1 + \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}}}, \quad Q_2 = \frac{P_X}{f_2 + \frac{f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}}},$$

Подставим значения Q_1 и Q_2 в уравнение (10), получим:

$$Q = k \sqrt{\left(\frac{P_Z}{f_1 + \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \right)^2 + \left(\frac{P_X}{f_2 + \frac{f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \right)^2} \quad (15)$$

Пример 3. Определить (в общем виде) силу закрепления при фрезеровании поверхности призматической заготовки. Обрабатываемая заготовка установлена в тисках.

Решение Расчетная схема приведена на рисунке 10. Заготовка базируется в губках (направляющая база) и основанию (опорная база). Длина заготовки больше длины губок. Фреза расположена в точке где она создает наибольший крутящий момент, а наибольшая составляющая силы резания P_z действует в направлении неподвижной губки. Из схемы видно, что сила P_z стремится повернуть заготовку вокруг вертикального ребра неподвижной губки. На уравнивание этой силы будет затрачиваться часть силы закрепления Q_1 . Сила P_x вызывает перемещение заготовки вдоль губок тисков ей противодействуют две силы трения расположенные в плоскости контакта заготовки с губками. Сила P_y вызывает поворот заготовки вокруг ребра основания. Противодействуют повороту две силы трения расположенные в плоскости контакта заготовки с губками.

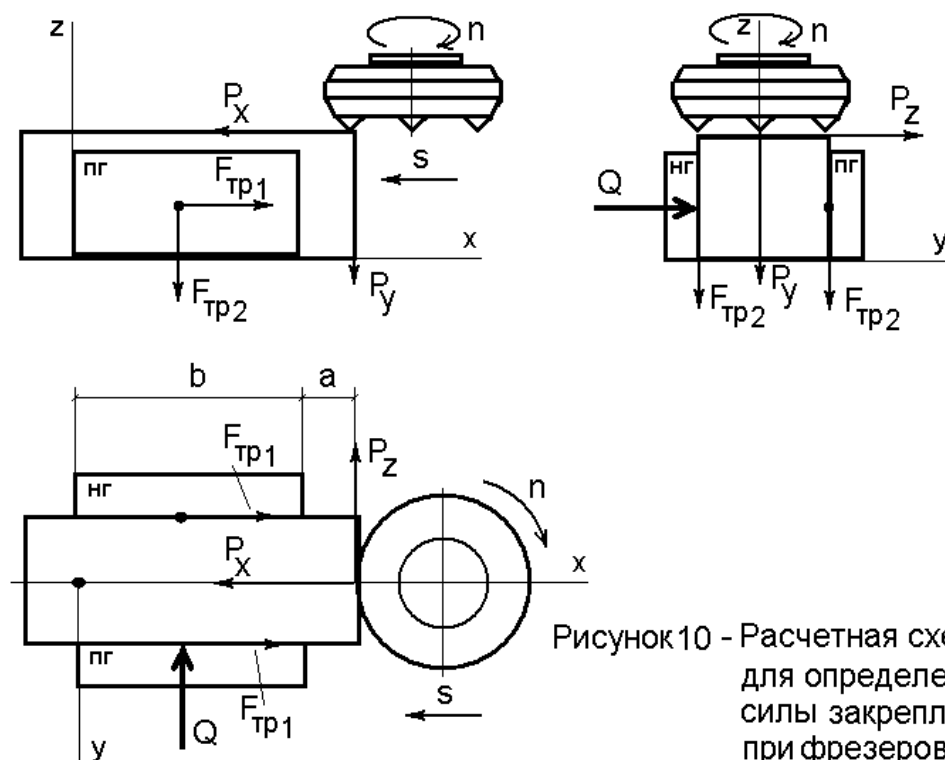


Рисунок 10 - Расчетная схема для определения силы закрепления при фрезеровании

Таким образом, необходимо уравновесить три внешние возмущающие силы. Поэтому расчетное уравнение будет иметь следующий вид.

$$Q = k \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2 + Q_3^2} \quad (16)$$

Для определения величины этой силы составим три уравнения:

$$\sum_{i=1}^n M_{oz} = P_z a - Q_1 b = 0, \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ox} = -P_x + 2F_{тр1} = 0, \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{oy} = P_y a - 2F_{тр2} b = 0. \quad (19)$$

Подставим значения силы трения в уравнения (18) и (19).

$$F_{тр} = fQ, \quad (20)$$

Так как условия контакта заготовки с губками тисков одинаковы то коэффициенты трения в формулах (18) и (19) одинаковы.

После подстановки получим.

$$\sum_{i=1}^n M_{oz} = P_z a - Q_1 b = 0, \quad (21)$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ox} = -P_x + 2fQ_2 = 0, \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^n M_{oy} = P_y a - 2bfQ_3 = 0. \quad (23)$$

Решая три уравнения относительно Q_i получим.

$$Q_1 = \frac{P_z a}{b}, \quad Q_2 = \frac{P_x}{2f}, \quad Q_3 = \frac{P_y a}{2bf}.$$

Подставим значения Q_1 , Q_2 и Q_3 в уравнение (20), получим.

$$Q = k \sqrt{\left(\frac{P_z a}{b}\right)^2 + \left(\frac{P_x}{2f}\right)^2 + \left(\frac{P_y a}{2bf}\right)^2}. \quad (24)$$

Изменение схемы закрепления приводит к изменению уравнения для расчета силы закрепления. Выведите самостоятельно формулу силы закрепления для случая, когда заготовка короче длины губок тисков.

Пример 4

Изучить конструкцию токарного патрона с электромеханическим приводом и рассчитать силу закрепления заготовки в патроне.

Общие сведения

Наиболее универсальными и распространенными на токарных станках зажимными устройствами являются трехкулачковые патроны. Для станков с ЧПУ к зажимным патронам предъявляются следующие требования: быстродействие; механизация закрепления; высокая точность и стабильность базирования и закрепления; быстрая переналаживаемость при переходе закрепления от одной детали к другой; универсальность, т. е. возможность закрепления в одном патроне деталей различных форм и размеров.

Краткие сведения о конструкции токарного патрона

На рис. 1 представлен быстродействующий механизированный патрон типа ПКС (патрон клиновой самоцентрирующий) с клиновым зажимным механизмом. В радиальных пазах корпуса 1 патрона помещают три основных кулачка 2, с рифленой поверхностью которых сопрягаются сменные кулачки 5. Сменные кулачки закрепляют сухарями 3 и винтами 4. При осевом перемещении муфты 7 кулачки 2, сопрягающиеся с муфтой по наклонным (угол наклона 12°) Т-образным пазам, получают радиальное перемещение и зажимают или освобождают заготовку. Муфта 7 связана тягой с силовым приводом, размещенным на заднем конце шпинделя. Крышка 6 предохраняет патрон от проникновения в него грязи и стружки.

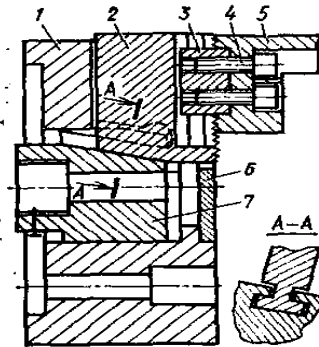


Рис. 1 Патрон типа ПКС с клиновым зажимным механизмом

Расчет формул для определения усилия закрепления заготовки

Таблица 1 – Задание для определения усилия закрепления заготовки

№ вар.	$D_{\max}$ мм	$D_{\min}$ мм	t	Материал инструмента	Обрабатываемый материал	Механические характеристики
0	160		10	T14K8	сталь	$G_{вр} = 750 \text{ МПа}$
		15	0,6	T15K6	сталь	$G_{вр} = 700 \text{ МПа}$

Современные режущие инструменты, оснащенные пластинами из твердых сплавов или сверхтвердых материалов, допускают высокую скорость резания.

Поэтому для увеличения производительности обработки современные станки с ЧПУ обеспечивают высокие частоты вращения шпинделя (до 6000—10000 мин⁻¹).

Однако с увеличением частоты вращения шпинделя станка увеличивается действие на кулачки центробежных сил, которые уменьшают силу зажима кулачков почти в квадратной зависимости, лимитируя режимы резания, при этом снижается производительность станков и сокращает возможность максимального использования их мощности.

Центробежная сила рассчитывается по нижеприведенной формуле:

$$F_{ц} = MR \omega^2 = MRn^2 / 100$$

где:

- > M - масса кулачков; $M=1.5$ кг.
- > R - расстояние от оси патрона до центра тяжести кулачка;
 $R=110 \text{ мм} = 11 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;
- > ω - угловая скорость;
- > n - частота вращения шпинделя.

Для дальнейших вычислений необходимо рассчитать частоту вращения шпинделя станка (n). Она вычисляется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

где:

- > V – скорость резания;
- > d – максимальный диаметр заготовки, которая закрепляется в патроне;

Расчет скорости резания производится по формуле:

$$V = \frac{C_v d^{Z_v}}{T^{M_v} t^{X_v} S^{Y_v}} K_u K_l,$$

где:

- > C_v, Z_v, m, X_v, Y_v – поправочные коэффициенты и показатели системы. (приведены в таблице 3.2);
- > T – период стойкости инструмента, зависит от его диаметра: для $d=(31...40...40)$ мм, $T=70$ хв;
- > K_u – поправочный коэффициент на инструментальный материал, для конструкционных сталей $K_u = 1.0$;
- > K_l – поправочный коэффициент на глубину обработки, при сверлении отверстий глубиной до $3d$, $K_l = 1.0$.
- > S – величина подачи. (приведена в таблице 2).

Таблица 2

Обрабатываемый материал	Условия обработки мм/об	Коэффициент и показатели степени				
		C_v	Z_v	X_v	Y_v	M_v
Конструкционная углеродистая сталь 45	$S=0.3$	9.8	0.4	0	0.8	0.2

$$V = \frac{9.8 \cdot 40^{0.4}}{70^{0.2} \cdot 1 \cdot 0.3^{0.8}} \cdot 1 \cdot 1 = 48.01 \text{ мм/с};$$

Подставляя данное значение в формулу нахождения частоты оборотов шпинделя, получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 48.01}{\pi \cdot 160} = 95.56 \text{ об/с} = 5733,6 \text{ об/мин.}$$

Рассчитаем центробежную силу, которая действует на патрон:

$$F_{ц} = \frac{1.5 \cdot 11 \cdot 10^{-3} \cdot 5733 \cdot 6^2}{100} = 5424 \cdot 24 \text{ Н} = 5.42 \text{ кН}.$$

Таким образом, при высоких частотах вращения шпинделя (свыше 2000 мин⁻¹) фактической силой зажима заготовки будет не статическая сила $Q_{ст}$, а динамическая сила $Q_{дин}$. Для определения при заданной частоте вращения

шпинделя требуемой статической силы зажима необходимо алгебраически суммировать динамическую силу зажима с центробежной силой $F_{ц}$:

$$Q_{ст} = Q_{дин} \pm F_{ц}$$

где

(+) - знак - относится к заготовке, зажимаемой по наружной поверхности,

(-) - знак относится к заготовке, зажимаемой по внутренней поверхности.

Динамическая сила зажима может быть определена по формуле

$$Q_{дин} = \frac{1,2kP_z d}{fd_1} \pm \frac{MRn^2}{100}$$

$$Q_{дин} = \frac{1,2 \cdot 2,5P_z d}{fd_1} \pm \frac{MRn^2}{100}$$

где:

- > 1,2 - коэффициент, учитывающий влияние осевой P_x и радиальной P_y составляющих силы резания;
- > k - коэффициент надежности, принимаемый 2,5;
- > d - диаметр обработки; $d = 100$ мм.
- > d_1 - диаметр заготовки в месте закрепления ее кулачками; $d_1 = 100$ мм.
- > f - коэффициент трения между заготовкой и кулачками (при закреплении стальных заготовок гладкими кулачками $f = 0,1 \dots 0,15$, кулачками с мелкими зубьями, учитывая, что $P_x = P_y = 0,25P_z$, где P_z - главная составляющая силы резания.

$$Q_{дин} = \frac{1,2 \cdot 2,5P_z d}{fd_1} \pm \frac{MRn^2}{100}$$

Определим P_z :

$$P_z := 10C_{pz} \cdot t \cdot S^{0,75} \cdot v_{pr}^{0,75} \cdot K_p$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 3^{0,75} \cdot 3^{0,75} \cdot 1,3 = 1000 \text{ Н}$$

где:

- > $C_{pz} = 300$;
- > $t = h/i = 2$;

> $x_{pz} = 1;$
 > $y_{pz} = 1;$
 > $n_{pz} = 1;$
 > $S = 0.3$
 > $V_{pr} = 48.01 \text{ мм/с}$

>

где:

> $K_{\varphi p} = 1;$
 > $K_{\lambda p} = 1;$
 > $K_{\gamma p} = 1;$
 > $K_{rp} = 0.93$
 > $K_{mp} = \left(\frac{\sigma}{750}\right)^{np} = 0.846$

$$K_p = 0.846 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.93 = 0.787 ;$$

Значит: $P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 0.3 \cdot 48.01 \cdot 0.787 = 1.071 \cdot 10^3 \text{ (Н)}.$

Рассчитаем динамическую силу зажима заготовки $Q_{дин}$:

$$Q_{дин} = \frac{1,2 \cdot 2,5 \cdot 1.071 \cdot 10^3 \cdot 100}{0.15 \cdot 100_1} + 5424 \cdot 24 = 26844 \cdot 24 \text{ Н} = 26.84 \text{ кН}.$$

Если расчетная сила зажима превышает силу зажима, обеспечиваемую конкретным патроном (указанную в его технической характеристике), то нужно либо уменьшить глубину резания и подачу, либо снизить частоту вращения шпинделя, уменьшив тем самым центробежную силу.

Более эффективным является снижение частоты вращения, поскольку из-за квадратичного увеличения центробежной силы влияние ее на допустимую частоту вращения является доминирующим. Лимитирующим числом оборотов патрона считается не абсолютное число оборотов, а то, при котором

динамическая сила зажима составляет $1/3$ статической. Принято считать надежной частоту вращения патрона, при которой для удержания заготовки стандартными кулачками остается $1/3$ от максимально достижимой статической силы зажима. Эта частота вращения для стандартных патронов с кулачками, не выступающими за наружный диаметр патрона, указывается в технической характеристике патрона.

Для уменьшения влияния центробежных сил можно уменьшить массу кулачков, например, посредством карманов и выборок или изготавливать кулачки из ковкого алюминиевого сплава с твердосплавными или закаленными вставками, контактирующими с зажимаемой заготовкой. Для компенсации влияния центробежных сил на силу зажима (повышения $Q_{дин}$) увеличивают статическую силу зажима $Q_{ст}$. Однако такой способ возможен лишь при закреплении жестких сплошных заготовок и неприемлем для закрепления кольцевых заготовок.

Пример 5

Разработать компоновку станочного приспособления для обработки отверстия $\varnothing 10$ мм в пластине (рисунок 1) в условиях массового производства.

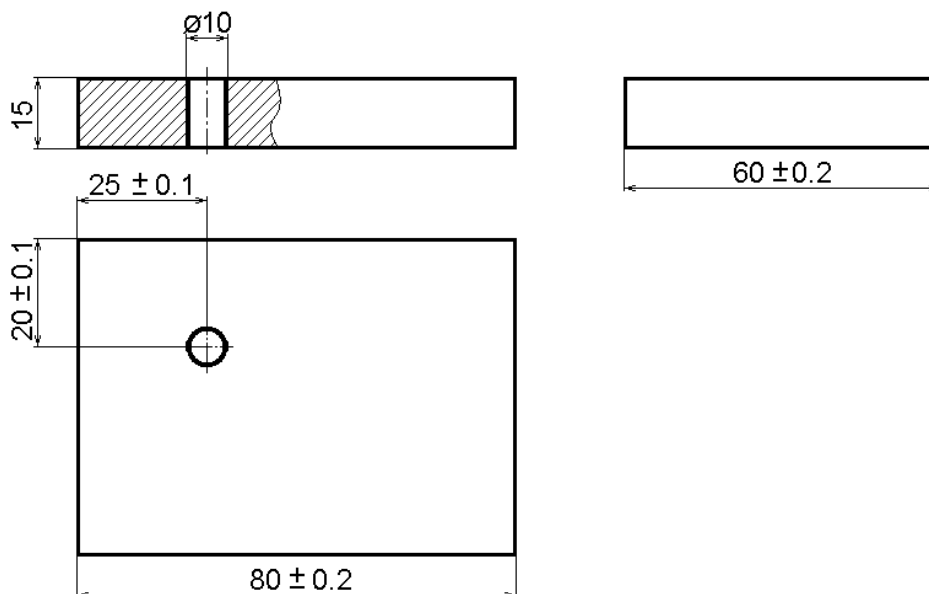


Рисунок 1 – Чертеж обрабатываемой детали

Исходные данные:

1 У пластины (рисунок 1) предварительно обработаны все плоские поверхности.

2 Обработка отверстия осуществляется на агрегатном станке с вертикальным расположением шпинделя, спиральным сверлом 10 мм. Материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5. Режимы резания: $t=5\text{мм}$, $S=0,19\text{мм/об}$, $V=27,5\text{ м/мин}$.

Для условий массового производства проектируем неразборное специальное приспособление.

Разработка компоновки приспособления:

1 Выбор и обоснование схемы базирования:

а) в качестве технологических баз целесообразно использовать поверхности 1(2), 3 и 5 (рисунок 2), обеспечивающие наибольшую устойчивость детали (поверхности 1,2) и наименьшую погрешность базирования (поверхности 3, 5);

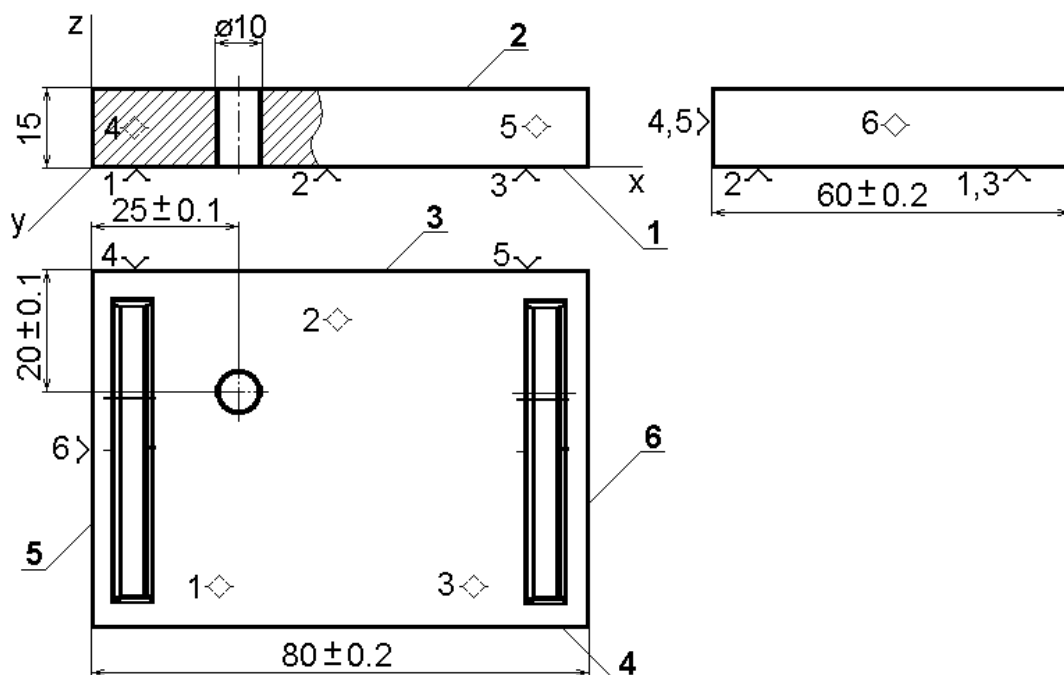


Рисунок 2 – Выбор базовых поверхностей и теоретическая схема базирования детали

б) установочная база, в данном случае – поверхность 1, лишает деталь трех степеней свободы, а именно – перемещения относительно оси OZ и поворотов вокруг осей OX и OY. Направляющая база (поверхность 3) лишает деталь двух степеней свободы – перемещения относительно оси OY и поворота вокруг оси OZ; и опорная база лишает деталь одной степени свободы – перемещения относительно оси OX;

в) для реализации установочной базы используем две пластины опорные, направляющей базы – две опоры постоянные с плоской рабочей поверхностью и опорной базы – одну опору постоянную с плоской рабочей поверхностью;

г) погрешности базирования для размеров $25 \pm 0,1$, определяющих положение оси отверстия в пластине, равны нулю, т. к. измерительные базы в обоих случаях совпадают с технологическими базами;

д) вследствие отсутствия погрешностей базирования принятые схему базирования и установочные элементы, обеспечивающие ее реализацию, следует считать обоснованными.

2 Силовой расчет:

а) на рисунке 3 показана схема внешних сил, действующих на деталь в процессе обработки отверстия в пластине. Из рисунка видно, что возмущающее действие на деталь оказывает крутящий момент (момент резания) при сверлении. Для заданных условий обработки его величина составляет порядка 10 Нм.

б) место приложения и направления действия силы закрепления выбираем из условия обеспечения надежного контакта базовых поверхностей детали с установочными элементами, как показано на схеме рис. 3

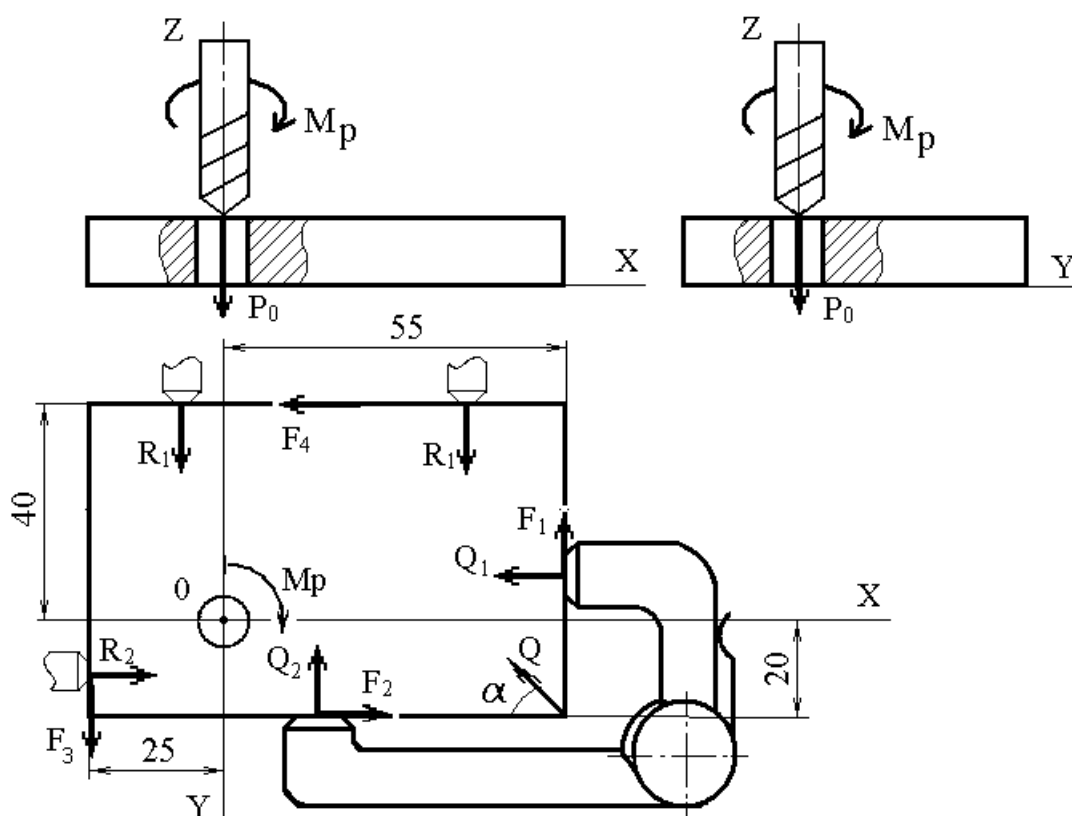


Рисунок 3 - Схема для расчета силы закрепления

в) за начало системы координат принимаем ось обрабатываемого

отверстия, относительно которой происходит действие всех моментов сил, действующих на деталь в процессе обработки отверстия.

Тогда, рассматривая равновесие детали относительно оси OZ, будем иметь:

$$\sum M_{OZ} = 0; \quad M_p - 55F_1 - 20F_2 - 25F_3 - 40F_4 = 0. \quad (1)$$

Моменты сил Q_1 и R_1 , а также Q_2 и R_2 взаимно уравновешиваются, поэтому в уравнении (1) не указаны. После подстановки в уравнение (1) значений F_1, F_2, F_3, F_4

$$F_1 = -F_3 = Q_1 f, \quad \text{и} \quad F_2 = -F_4 = Q_2 f,$$

$$\text{а} \quad Q_1 = Q \cos \alpha, \quad Q_2 = Q \sin \alpha,$$

и проведения преобразований, получим

$$Q = \frac{1000 M_p}{f(80 \cos \alpha + 60 \sin \alpha)} k, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения в местах контакта рабочих поверхностей прихвата с поверхностями детали, для обработанных стальных поверхностей принимаем $f=0,15$ [3];

α – угол отклонения силы закрепления от горизонтали определяется соотношением плеч рычага, размеры которых кратны длине и ширине пластины, тогда $\alpha=37^\circ$;

k – коэффициент запаса, учитывающий динамику процесса резания, для сверления принимаем $k=1,5$ [3].

Подставляя численные значения в уравнение (2), получим

$$Q = \frac{10 \cdot 1000 \cdot 1.5}{0.15 \cdot (0.8 \cdot 80 + 0.6 \cdot 60)} = 1000 \text{ Н};$$

г) с учетом требований, предъявляемых к механизмам закрепления и их приводам, целесообразно применить компоновку представленную на рисунке 4.

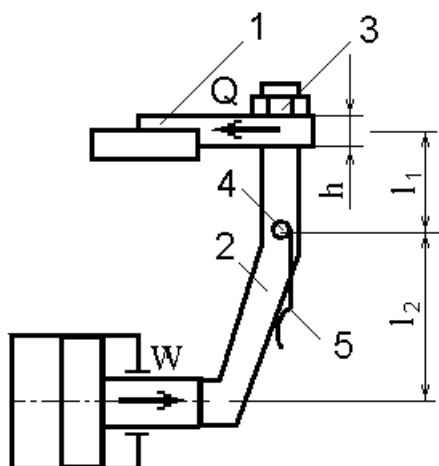


Рисунок 4 - Схема механизма закрепления

При такой конструкции компоновки необходимо:

- выполнить установку и крепление прихвата 1 на рычаге 2 шарнирно, что обеспечивает контакт рабочих поверхностей обоих плеч прихвата с деталью;

- обеспечить расположение прихвата в верхней половине заготовки, а его ширина

должна быть больше высоты, что позволит повысить жесткость прихвата и уменьшить длину хода штока привода при раскреплении детали;

- предусмотреть возможность контакта длинного плеча прихвата (на котором меньшая составляющая силы зажима) с заготовкой раньше, чем короткого, что обеспечит во всех случаях надежный контакт базовых поверхностей детали с установочными элементами

В проектируемом приспособлении предпочтительнее пневмопривод, вследствие малой величины требуемой силы зажима, доступности внешнего источника энергии и быстродействия привода. Связь рабочего органа (штока) привода с прихватом 1 целесообразно осуществить посредством рычага 2. Прихват зафиксирован на рычаге гайкой 3. Возврат рычага в исходное положение производится при помощи плоской пружины 5;

д) для определения силы на штоке пневмопривода необходимо выбрать

соотношение плеч рычага. При этом должно соблюдаться условие $\frac{l_1}{l_2} > 1$, что позволит использовать рычаг как механизм – усилитель.

Исходя из условия равновесия системы имеем следующее уравнение:

$$Ql_1 = Wl_2,$$

откуда

$$W = Q \frac{l_1}{l_2}. \quad (4)$$

В реальном механизме необходимо учитывать потери на трение в шарнире 3 и оси прихвата 4. Тогда:

$$W = Q \frac{l_1}{l_2} k_1 k_2, \quad (5)$$

где $\frac{l_1}{l_2}$ - соотношение плеч рычага, принимаем $\frac{l_1}{l_2} = \frac{1}{1,5}$;

k_1, k_2 - потери на трение, $k_1 = k_2 = 1,05$ [3]

Подставив численные значения в уравнение (5), получим

$$W = 1000 \frac{1}{1,5} 1,05 \cdot 1,05 = 741 \text{ Н.}$$

Диаметр пневмоцилиндра (D) определяем из зависимости

$$W = \frac{\pi D^2}{4} P \eta - N, \quad (6)$$

откуда

$$D = \sqrt{\frac{4(W + N)}{\pi P \eta}}, \quad (7)$$

где N – сила, затрачиваемая на деформацию пружины, обеспечивающей возврат поршня в исходное положение, принимается $N = 0,2W = 150$, Н;

P – рабочее давление воздуха в системе, $P = 0.4$ МПа;

η - КПД пневмоцилиндра, $\eta = 0.8 \dots 0.9$, принимаем $\eta = 0.8$.

Подставив численные значения в уравнение (7), получим

$$D = \sqrt{\frac{4(741 + 150)}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8}} = 59,6 \text{ мм.}$$

е) на основании проведенных расчетов и принятой компоновки выбираем пневмоцилиндр $\varnothing 63$ мм [2].

3 Для направления инструмента при сверлении отверстия и исключения разметки целесообразно использовать кондуктор. Это может быть кондукторная планка, в которой запрессована постоянная кондукторная втулка, а в ней устанавливается сменная втулка 8 (рисунок 5).

4 На рисунке 5 приведен общий вид компоновки специального приспособления для сверления отверстия в пластине.

5 Для транспортирования приспособления на корпусе установлены рым-болты, а для ориентации его на столе станка используются призматические шпонки.

6 В расчетах точности приспособления необходимо получить допуски на размеры, определяющие положение оси кондукторной втулки относительно рабочих поверхностей точечных опор, контактируемых с базовыми поверхностями детали. В нашем случае это допуски на размеры 25 и 20мм. Допустимая погрешность приспособления для указанных размеров может быть получена из уравнения

$$[\epsilon]_{\text{пр}} = \sqrt{(\delta - k\Delta_{\text{эк}})^2 - \epsilon_6^2 - \epsilon_3^2}, \quad (8)$$

где δ - допуск на размер обрабатываемой поверхности, указанный на чертеже детали, $\delta_{25} = 0,2; \delta_{20} = 0,2$;

k - коэффициент, выбираемый в зависимости от качества точности обрабатываемой поверхности, для качества 8, 9 и далее $k_{25} = k_{20} = 0,5$;

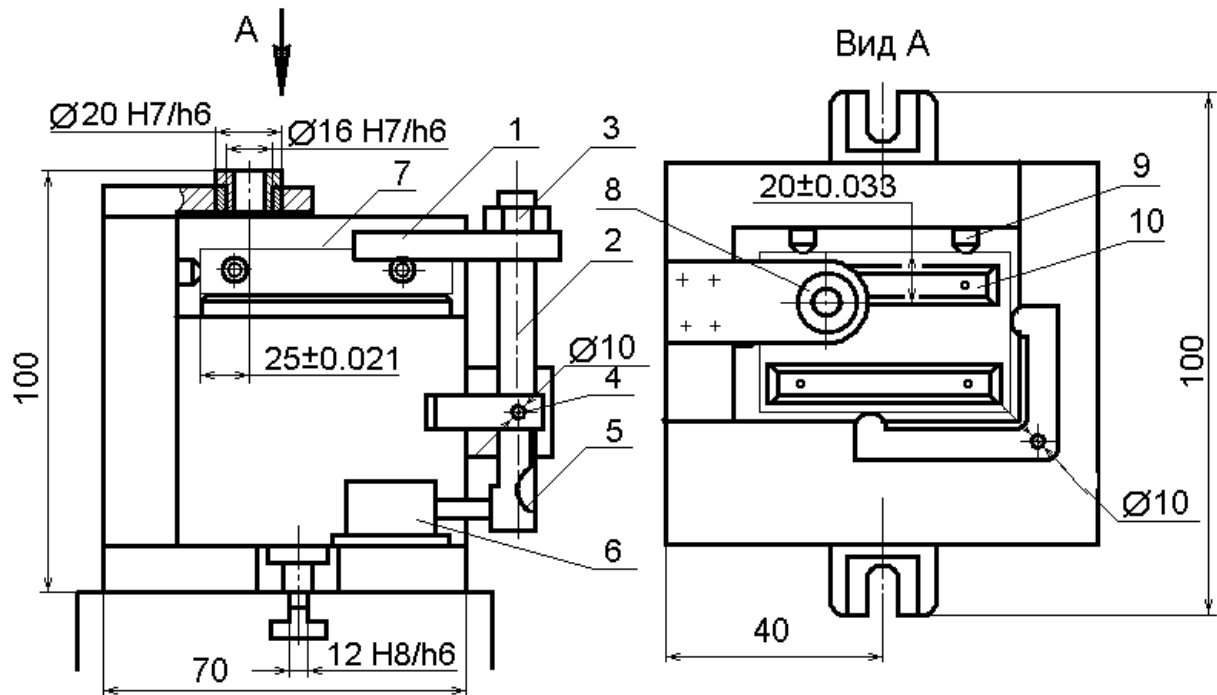


Рисунок 5 – Общий вид компоновки специального приспособления

$\Delta_{\text{эк}}$ - экономическая точность обработки. Равна допуску на размер, получаемый при обработке, $\Delta_{25} = 0,2; \Delta_{20} = 0,2$;

ϵ_6 - погрешность базирования, $\epsilon_{6_{25}} = 0; \epsilon_{6_{20}} = 0$;

ϵ_3 - погрешность закрепления, $\epsilon_{3_{25}} = 0,07 \text{ мм}; \epsilon_{3_{20}} = 0,06 \text{ мм} [4]$.

Подставляя численные значения в уравнение (8), получим

$$[\epsilon]_{\text{пр}_{25}} = \sqrt{(0,2 - 0,5 \cdot 0,2)^2 - 0^2 - 0,07^2} = 0,072 \text{ мм},$$

$$[\epsilon]_{\text{пр}20} = \sqrt{(0,02 - 0,5 \cdot 0,2)^2 - 0^2 - 0,06^2} = 0,080 \text{ мм.}$$

Допуски на размеры, определяющие положение оси кондукторной втулки

относительно опор, т.е. на сборку приспособления, определяем согласно уравнению

$$\delta_{\text{сб}} = [\epsilon]_{\text{пр}} - \Delta_{\text{см}} - \Delta_{\text{у.п}}, \quad (9)$$

где $[\epsilon]_{\text{пр}}$ - допустимая погрешность приспособления, $[\epsilon]_{25} = 0,072 \text{ мм}$, $[\epsilon]_{20} = 0,080 \text{ мм}$;

$\Delta_{\text{см}}$ - погрешность, обусловленная смещением оси сверла в направляющей кондукторной втулки, это половина максимального зазора между сверлом и рабочей поверхностью втулки, для посадки $\varnothing 10 \frac{\text{H7}}{\text{h6}}$ зазор будет **0,029 мм**, а $\Delta_{25} = \Delta_{20} = 0,015 \text{ мм}$;

$\Delta_{\text{у.п}}$ - погрешность установки приспособления на столе станка при ориентации корпуса приспособления на столе призматическими шпонками

$$\Delta_{\text{у.п}} = \frac{Z l_{\text{д}}}{L}, \quad (10)$$

где Z – зазор между шпонкой и пазом, определяемый посадкой;

$l_{\text{д}}$ - длина детали в направлении выполняемого размера;

L – расстояние между шпонками.

Тогда для размера 25 мм при посадке шпонки $12 \frac{\text{H8}}{\text{h6}}$ величина $Z = 0,054 \text{ мм}$,

$l_{\text{д}} = 80 \text{ мм}$, $L = 120 \text{ мм}$

$$\Delta_{25} = \frac{0,054 \cdot 80}{120} = 0,036 \text{ мм}$$

Для размера 20мм при установке приспособления по жесткому упору $\Delta_{20} = 0$.

Подставляя численные значения в уравнение (9), получим

$$\delta_{сб_{25}} = 0,072 - 0,015 - 0,032 = 0,025 \text{ мм},$$

$$\delta_{сб_{20}} = 0,080 - 0,015 - 0 = 0,065 \text{ мм}.$$

Таким образом, получим $25 \pm 0,012$ и $20 \pm 0,036$.

Имея допуски на сборку, целесообразно составить размерные цепи и рассчитать допуски составляющих звеньев.

7 Наиболее слабым звеном в конструкции приспособления является ось рычага. Поэтому целесообразно выполнить проверочный прочностной расчет оси на срез по методике допустимых напряжений.

Технические требования к конструкции:

1 После сборки приспособления должен быть обеспечен поворот прихвата 1 на шарнире и рычага 2 на оси 4 плавно ,без заеданий(см. рис. 5).

2 Предварительный натяг пружины 5 должен обеспечить поворот рычаг 2 на угол, позволяющий снять обработанную заготовку и установить новую.

3 Испытать пневмосистему на герметичность при давлении воздуха 0,8 МПа в течение 7 минут. Утечки воздуха при этом не допускаются.

4 Маркировать обозначение приспособления.

5 Периодичность контрольных проверок и профилактика приспособления один раз в смену.

Список рекомендуемой литературы

- 1 Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
- 2 Станочные приспособления: Справочник: В 2 т./ Под ред. В.Н.Вардашкина, А.А.Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984.- Т1 – 592 с.
- 3 Станочные приспособления: Справочник: В 2 т./ Под ред. В.Н.Вардашкина, А.А.Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984.- Т2 – 656 с.
- 4 Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. А.Ф.Горбачевича.-Минск. Высшейш. шк., 1975. –255 с.

