

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и
комплексов

А.А. Серегин

ИЗУЧЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 151900.62 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и специальности 151002.65 Металлообрабатывающие станки и комплексы

Оренбург
2012

УДК 621.941.2

ББК 34.63-5

С 32

Рецензент – доцент, кандидат технических наук А.С. Килов

Серегин, А.А.

- С32 Изучение универсальных приспособлений металло-
обрабатывающего оборудования: методические
указания к лабораторным работам по дисциплине
«Станочная технологическая оснастка»/ А.А. Серегин;
Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 23 с.

В методических указаниях представлены основные материалы для выполнения лабораторных работ по разделу «Универсальная оснастка» лекционного курса. В материалах даны сведения о наиболее распространённой оснастке металлорежущих станков.

Рассмотрены вопросы анализа конструкций оснастки, расчёта усилия закрепления и точности основных элементов. Содержатся необходимые справочные материалы.

Методические указания предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 151900.62 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и специальности 151002.65 Металлообрабатывающие станки и комплексы.

УДК 621. 941.2

ББК 34.63-5

© Серёгин А.А., 2012

© ОГУ, 2012

Содержание

1	Трёхкулачковый самоцентрирующий патрон.....	4
1.1	Цель работы.....	4
1.2	Общие положения.....	4
1.3	Расчёт усилия закрепления.....	6
1.4	Порядок выполнения работы.....	11
1.5	Содержание отчёта.....	12
1.6	Контрольные вопросы.....	12
2	Поворотные столы и делительные устройства.....	13
2.1	Цель работы.....	13
2.2	Общие положения.....	13
2.3	Расчёт точности делительных устройств.....	16
2.4	Содержание отчёта.....	17
2.5	Контрольные вопросы.....	17
3	Приспособления для сверления отверстий в одной или нескольких деталях.....	18
3.1	Цель работы.....	18
3.2	Общие положения.....	18
3.3	Расчёт точности направляющих элементов.....	18
3.4	Содержание отчёта.....	21
3.5	Контрольные вопросы	21
	Список использованных источников.....	22
	Приложение А Величины полей допусков на детали приспособлений с габаритными размерами от 5 до 50 мм	23

1 Трёхкулачковый самоцентрирующий патрон

1.1 Цель работы

Ознакомление с конструкцией и принципом действия самоцентрирующего трёхкулачкового патрона со спирально-реечным механизмом. Выработка навыков по производству расчёта усилия закрепления заготовки в трёхкулачковом патроне.

1.2 Общие положения

Самоцентрирующий трёхкулачковый патрон со спирально-реечным механизмом был изобретен в Германии, в 1842 г. [3]. Его конструкция показана на рисунке 1.

Самоцентрирующий патрон содержит следующие основные элементы:

- 1 – гайка для крепления патрона к шпинделю;
- 2 – шпилька для крепления патрона к шпинделю;
- 3 – фланец;
- 4 и 5 – винты крепления кожуха 6 и фланца 3;
- 6 – кожух;
- 7 – корпус патрона;
- 8 – спиральный диск;
- 9 и 10 – кулачки патрона (3 шт.);
- 11 – место клеймения;
- 12 – коническая шестерня;
- 13 – ограничитель конической шестерни.

Конструкция подобного самоцентрирующего трёхкулачкового патрона, содержащего плоскую спираль, начиная с 1842 г. претерпела незначительные изменения (описание принципа действия, технические эскизы и вариации

конструктивных решений по спирально-реечным токарным патронам широко и подробно изложены в литературе [4]).

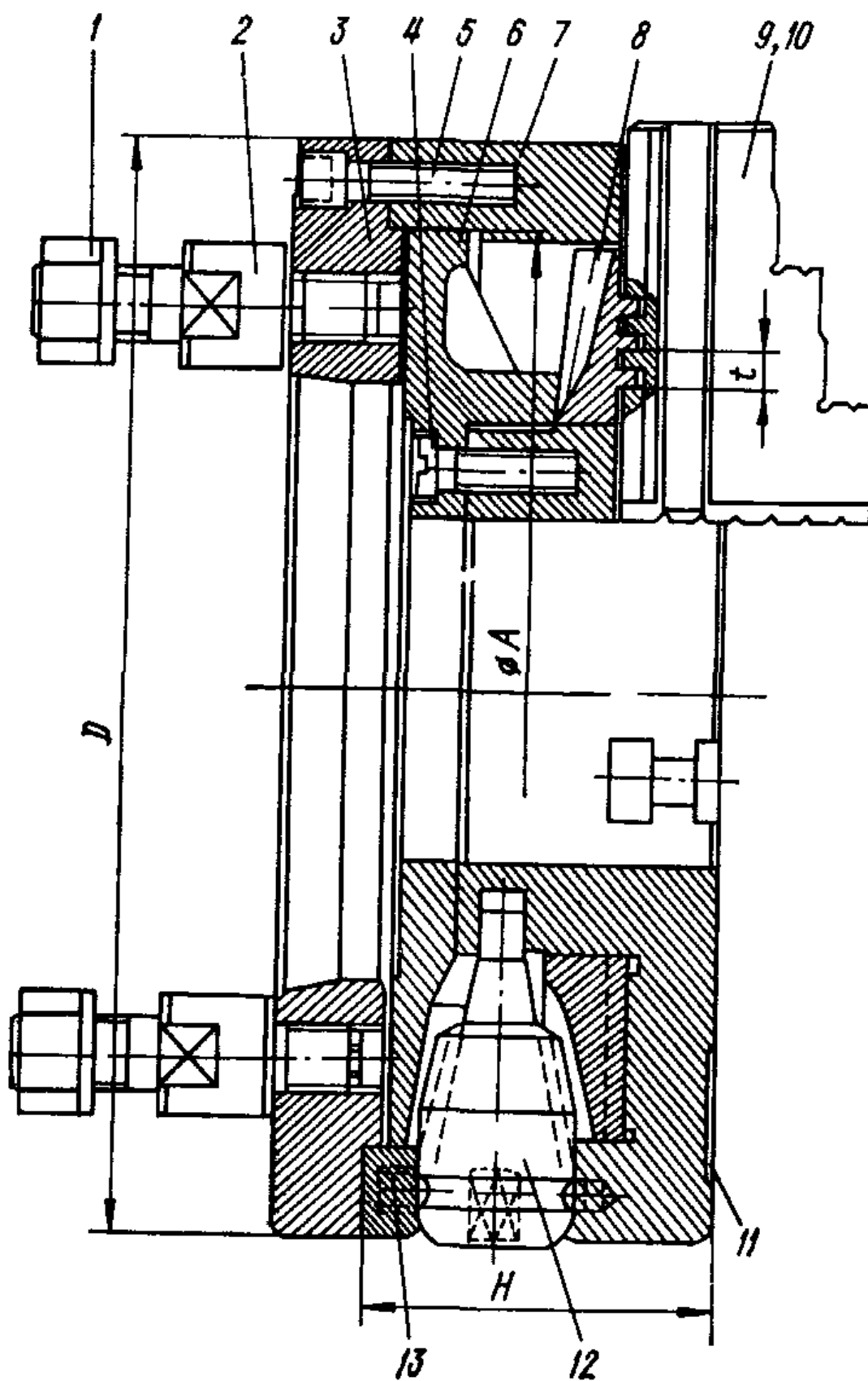


Рисунок 1 – Патрон самоцентрирующий трёхкулачковый спирально-реечный

Однако технология изготовления, качество используемых материалов, виды термообработки, точность и качество обработки деталей патрона с того времени существенно изменились. Так, на территории бывшего СССР, до 1958 года, детали спирально-реечного механизма токарного патрона изготавливали без придания твёрдости взаимодействующим поверхностям посредством закалки, шероховатость этих поверхностей была высока.

Действующий ныне на территории России ГОСТ 1654-86 регламентирует твёрдость сопрягаемых деталей, шероховатость их поверхностей, выходную точность и прочность патронов.

В настоящее время конструкции трёхкулачковых самоцентрирующих патронов регламентирует ГОСТ 2675-80. Этот стандарт устанавливает значения наружного диаметра патрона, но не отражает значений внутренних характеристик отдельных деталей.

Наружные диаметры патронов равны:

- 1) модель 7100-0001 – 80 мм;
- 2) модель 7100-0002 – 100 мм;
- 3) модель 7100-0003 – 125 мм;
- 4) модель 7100-0005 – 160 мм;
- 5) модель 7100-0007 – 200 мм;
- 6) модель 7100-0009 – 250 мм;
- 7) модель 7100-0011 – 315 мм;
- 8) модель 7100-0015 – 400 мм.

Угол наклона образующей конуса, посредством которого патрон крепят к шпинделю станка, равен $7^{\circ}7'30''$.

1.3 Расчёт усилия закрепления

Определим статическую силу зажима T от каждого, отдельно взятого кулачка [1], [2], [4]. При зажиме заготовки к ключу патрона прикладывают

силу Q , как показано на рисунке 2, порядка от 200 до 300 Н. Плечо ключа L обычно равно габариту патрона D , либо на 100 – 150 мм более его диаметра. Из условия равновесия конической шестерни, имеем

$$\sum M_i = 0, \quad QL - F'r_1 - F_c \left(\frac{d_m}{2} \right) = 0 ,$$

где F' – тангенциальная сила, действующая по среднему радиусу r_1 делительной окружности конической шестерни;

F_c – суммарная сила трения в контакте;

d_{uu} – диаметр шестерни в верхней опоре (рисунок 2).

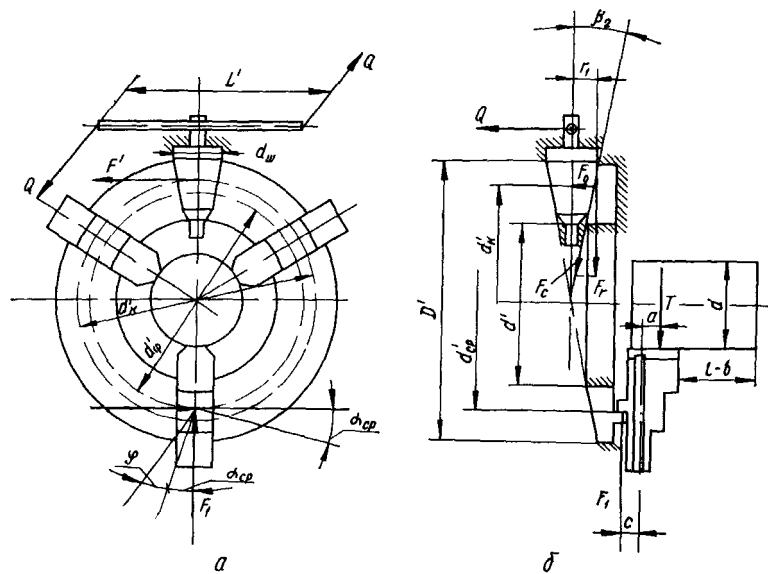


Рисунок 2

Для определения F_c необходимо определить действующие в контакте диска и шестерни радиальную F_r и осевую F_o силы

$$F_r = F_c \cos \beta_2 ,$$

$$F_o = F_c \sin \beta_2 .$$

В тоже время

$$F_c = f \operatorname{tg} \alpha ,$$

где α - нормальный угол зубчатого зацепления;

f - коэффициент трения;

β_2 – половина угла конуса по делительной окружности шестерни;

F_R – суммарная сила от составляющих F' и F_o .

$$F_R = \sqrt{|F'|^2 + |F_o|^2} \approx 1.1F'$$

После выполнения всех преобразований получим окончательную зависимость

$$F' = \frac{2QL}{(2r_1 + 1.1fd_m \operatorname{tg} \alpha)}.$$

Разброс значений F' возможен в пределах 10 % от влияния разброса значений коэффициента трения, так же возможен разброс значений от изменения положения точки контакта зуба шестерни с зубом диска d_k (d_k – радиус точки контакта), но так как привод диска осуществляется от одной конической шестерни разброс значений F' не оказывает существенного влияния на точность центрирования.

Сила F' создает на короне крутящий момент

$$M_{кр} = F'd_k,$$

который вращает спираль, и на радиусе d_{cp} реализует силу F , передвигающую кулачек в радиальном направлении. Силу F определяют из условия

$$F'd_k = Fd_{cp} \quad ,$$

где d_{cp} – радиус точки контакта зуба рейки кулачка с витком спирали диска, для каждого кулачка может иметь свое значение.

Даже при контакте по одному витку d_{cp} отличается, для каждого кулачка, на величину

$$\Delta d_{cp} = \frac{2\pi a_0}{3} \quad ,$$

где a_0 – номинальное значение эволюты эвольвенты, профилирующей спираль диска

$$a_0 = S/2\pi,$$

где S – шаг спирали диска.

При контакте по разным виткам, что является более вероятным событием, эта разность увеличивается. В этом случае сила $F = F'd_k/d_{cp}$. Данная сила F , действуя на спираль, создаёт осевую силу (рисунок 2)

$$F_1 = F \operatorname{ctg}(\beta_{cn} + \sigma) \quad ,$$

где β_{cn} – угол подъёма спирали в точке контакта зуба и витка спирали;

σ - угол трения сталь по стали.

Значения приведённых величин можно определить из следующих уравнений

$$\sigma = \arctg f ,$$

$$f = 0,1,$$

$$\beta_{cn} = \arctg \left(\frac{a_0}{r} \right) ,$$

где r – радиус-вектор спирали.

В настоящем расчёте берём его текущее значение для исследуемой точки контакта

$$r = d_{cp}.$$

Рассмотрим возможные отклонения величины силы F_1 , непосредственно воздействующей на зуб кулачка. При нахождении точки контакта конической шестерни и зубчатой короны диска в максимально удалённой от центра вращения точке сила F_n , действующая на зуб рейки, находящийся в зацеплении с последним витком спирали, будет равна тангенциальной силе F' . Сила F_o , действующая на зуб рейки, находящийся в зацеплении с первым витком спирали диска, будет равна

$$F_o = \frac{F'D}{(D - nS)},$$

где D – наружный диаметр спирального диска;

n – число витков спирали на диске;

S – шаг спирали.

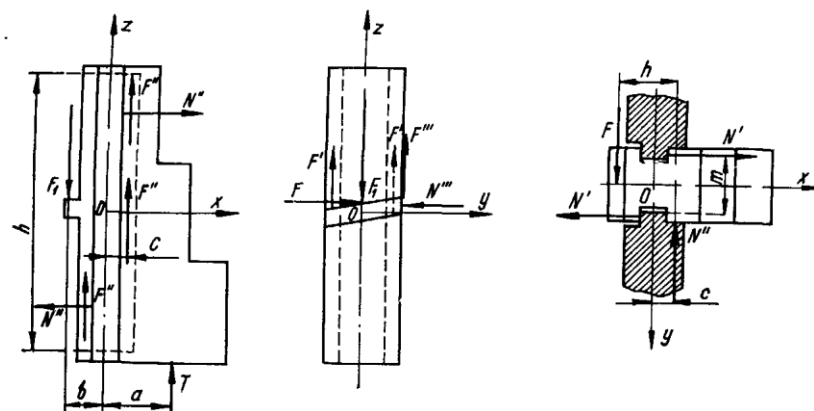


Рисунок 3

Для определения сил трения воспользуемся ортогональной системой координат, связанной с кулачком (рисунок 3). Из условия равновесия сил и моментов

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0, & -F''' &= Ff, \\ \sum M_y &= 0, & -F'' &= \frac{1.5f}{n(T + Flb + F'c)}; \\ \sum M_z &= 0, & -F' &= F\left(\frac{n}{m}\right)f; \\ \sum F_z &= 0, & -T &= F_1 - 2(F' + F'' + F''').\end{aligned}$$

Все приведённые выше физические силы являются производными от коэффициента трения.

1.4 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 2 Разобрать патрон.
- 3 Произвести измерения размеров основных деталей патрона:
 - а) измерить внутренний и наружный диаметр спирального диска;
 - б) сосчитать число зубьев короны диска;

- в) измерить шаг спирали диска;
 - г) измерить шаг зубьев рейки толкателя кулачка;
 - д) измерить длину рукоятки ключа;
 - е) измерить габариты и сосчитать число зубьев конической шестерни.
- 4 Произвести расчёт угла образующей конуса конической шестерни.
 - 5 Собрать патрон и проверить его работоспособность.
 - 6 Произвести расчёт усилия закрепления.

1.5 Содержание отчёта

- 1 Наименование работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Модель изучаемого патрона.
- 4 Результаты измерений.
- 5 Результаты расчётов.

1.6 Контрольные вопросы

- 1 Расскажите о назначении основных деталей патрона.
- 2 Доложите о порядке расчёта усилия закрепления заготовок в патроне.
- 3 Расскажите какова градация размеров патронов согласно требованию ГОСТ 2675-80.

2 Поворотные столы и делительные устройства

2.1 Цель работы

Изучение конструкций делительных и поворотных устройств.
Ознакомление с порядком проведения расчетов на точность при конструировании делительных устройств.

2.2 Общие положения

Поворотные столы обеспечивают круговую подачу при фрезеровании и позиционный поворот установленных на них с помощью приспособления обрабатываемых заготовок. Столы подразделяют на одноосевые (рисунок 4) и двухосевые (рисунок 5) [1], [2], [3].

Одноосевые столы служат для установки заготовок с целью их дальнейшего поворота во время обработки вокруг горизонтальной или вертикальной осей (в зависимости от конструкции поворотного стола). На рисунке 4 показан модернизированный стол станка 400V. Модернизация поворотного стола заключается в оснащении его пьезоэлектрическим приводом микроперемещений (обратный пьезоэффект), для осуществления точного позиционирования выходного органа оборудования (планшайбы), в осевом направлении. А также системой слежения за совершаемыми перемещениями, основанной на прямом пьезоэффекте.

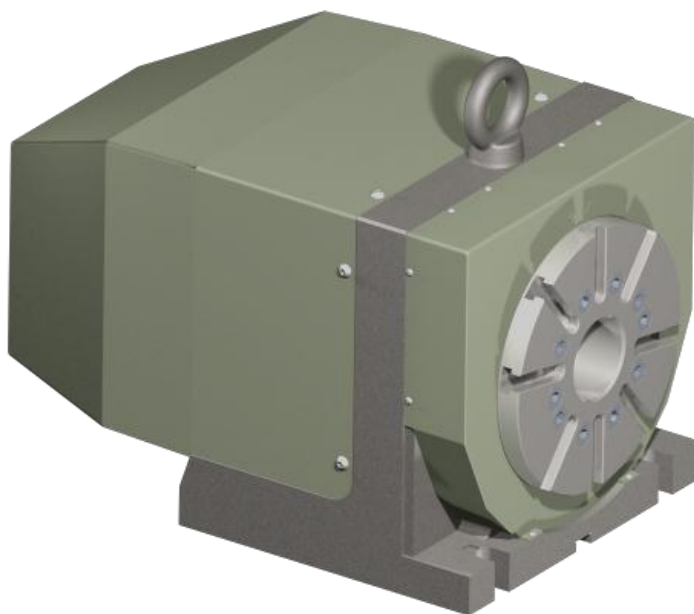


Рисунок 4 – Вид модернизированного одноосевого поворотного стола

Конструкцию и принцип действия модернизированного поворотного стола изучают по чертежам электронного приложения.

Двухосевые поворотные обеспечивают автоматическую ориентацию относительно осей координат станка.

По виду привода зажима поворотные столы подразделяют на:

- 1) с ручным приводом;
- 2) с пневматическим приводом;
- 3) с гидравлическим приводом.

Порядок работы на поворотном столе.

Перед началом работы с использованием горизонтально-поворотного стола необходимо проверить:

- а) параллельность плоскости планшайбы плоскости стола и направлением его перемещений;
- б) плоскость планшайбы на осевое биение;
- в) положение геометрической оси вращения планшайбы относительно оси центрального отверстия.

Для обработки отверстий или других поверхностей, положение которых задано в полярной системе координат, нужно совместить ось вращения планшайбы горизонтально-поворотного стола с началом координат (полюсом) детали и осью вращения шпинделя. Такое совмещение осей можно выполнить двумя способами.

Если ось поворота планшайбы точно совпадает с осью центрального отверстия, то, совместив ось вращения шпинделя с осью центрального отверстия планшайбы, на неё устанавливают обрабатываемую заготовку и ось базового отверстия (начало координат) заготовки совмещают с осью шпинделя с помощью индикаторного центроискателя при застопоренном столе.

При несовпадении геометрической оси поворота планшайбы с осью центрального отверстия её совмещают по цилиндрической поверхности базового отверстия детали, установленной на планшайбе, с осью базового отверстия детали вращением планшайбы при неподвижном индикаторе, закрепленном на шпинделе станка.

Если при вращении планшайбы стрелка индикатора не будет показывать отклонений при контакте с цилиндрической поверхностью детали, совмещение оси поворота стола с осью симметрии детали достигнуто. Ось вращения шпинделя с осью симметрии детали совмещают с помощью индикаторного центроискателя с последующей проверкой этого положения по измерительным устройствам станка.

При обработке отверстий, равномерно расположенных по окружности необходимо разделить окружность на равные части, что можно выполнить путём непосредственного отсчёта угловых значений между осями отверстий по углоизмерительным устройствам поворотного стола или с помощью делительных приспособлений, прилагаемых к столам с механической системой отсчёта.

При обработке на горизонтально-поворотных столах деталей, расположение обрабатываемых поверхностей которых задано в прямоугольной системе координат, необходимо перевести прямоугольные координаты в полярные.

Делительные устройства обеспечивают деление обрабатываемой заготовки. Поворотные устройства состоят из двух частей: неподвижной, закреплённой на станке, и поворотной, на которой непосредственно или с помощью рабочего приспособления крепится заготовка.

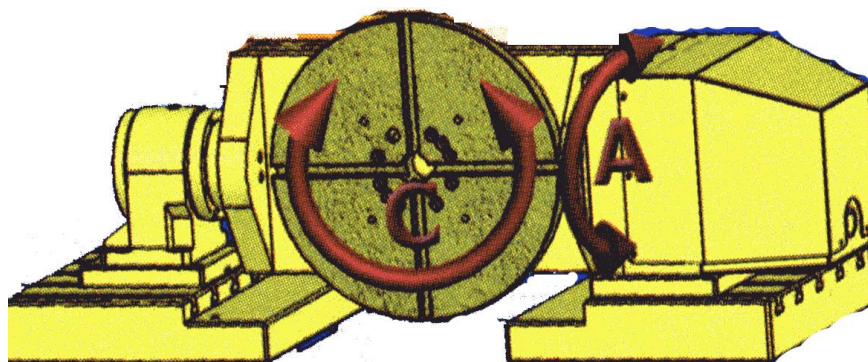


Рисунок 5 – Двухосевой поворотный стол

Для осуществления фиксации поворота в неподвижной части располагают фиксатор, а в подвижной части делительный диск. Отдельные виды фиксаторов стандартизованы (ГОСТ 13160 – 67 – ГОСТ 13162 – 67).

2.3 Расчёт точности делительных устройств

При работе с делительными и поворотными устройствами имеют место погрешности деления Σ . Вероятные отклонения по шагу делительного диска зависят от зазора ξ между пальцем фиксатора и втулкой делительного диска, зазора между направляющей частью пальца фиксатора φ и его втулкой, эксцентриситета ϵ втулок и погрешности размещения отверстий в делительном диске θ

$$\Sigma = \xi + \varphi + \epsilon + \theta. \quad (1)$$

Пример расчёта. Необходимо спроектировать делительное приспособление нормальной точности с фиксатором с цилиндрической фиксирующей частью пальца диаметром 12 мм и направляющей частью диаметром 22 мм, которые соединяются втулками по посадке $H7/g6$. Требуется определить вероятную точность деления.

Решение. Подбираем данные для формулы (1). Для определения зазора ξ находим максимальный зазор в соединении диаметра $12H7/g6$.

$$\xi = 0,018 + 0,012 = 0,03 \text{ мм.}$$

Для определения зазора находим максимальный зазор в соединении диаметра $22H7/g6$.

$$\varphi = 0,021 + 0,020 = 0,041 \text{ мм.}$$

Эксцентриситет втулок делительного устройства нормальной точности равен 0,003 мм. Следовательно

$$\epsilon = 2 \cdot 0,003 = 0,006 \text{ мм.}$$

Допустимое смещение осей отверстий втулок делительного приспособления нормальной точности равно: $\Theta = 0,03 \text{ мм.}$

Итого, суммарная вероятная погрешность деления составит

$$\Sigma = 30 + 41 + 6 + 30 = 107 \text{ мкм} = \pm 54 \text{ мкм.}$$

2.4 Содержание отчёта

- 1 Наименование работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Классификация поворотных устройств.
- 4 Расчёт погрешности деления согласно варианту задания.

2.5 Контрольные вопросы

- 1 Расскажите как подразделяют поворотные столы по виду зажима заготовки.
- 2 Объясните порядок расчёта точности делительных устройств.
- 3 Что такое вероятностная погрешность деления?
- 4 Что такое эксцентриситет втулок делительного устройства?
- 5 Расскажите о суммарных составляющих погрешности деления.

3 Приспособления для сверления отверстий в одной или нескольких деталях

3.1 Цель работы

Изучение порядка расчёта допусков на направляющие элементы приспособлений при многопозиционной (многопереходной) обработке.

3.2 Общие положения

К приспособлениям для станков с ЧПУ предъявляют ряд специфических требований, обусловленных особенностью этих станков, несоблюдение которых значительно снижает эффективность применения станков с ЧПУ, особенно требований установки нескольких заготовок в приспособлении, удобным и быстрым их закреплением (рисунок 6).

Унификация зажимных элементов, создание готовых узлов, проведение расчётов точности элементов при проектировании приспособления позволяют сократить продолжительность подготовительного цикла обработки детали (рисунок 7), гарантирует [4]:

- высокое качество обработки;
- полное базирование;
- надежное закрепление заготовки.

3.3 Расчёт точности направляющих элементов

При конструировании приспособлений для обработки нескольких отверстий (или поверхностей) возникает необходимость устанавливать допуски на координаты осевых отверстий кондукторных втулок. Обычно эти допуски в 2 – 5 раз меньше, чем допуски на межцентровые расстояния у

изделия. Для неответственных работ допуск на координаты составляет от $\pm 0,05$ до $\pm 0,01$ мм.

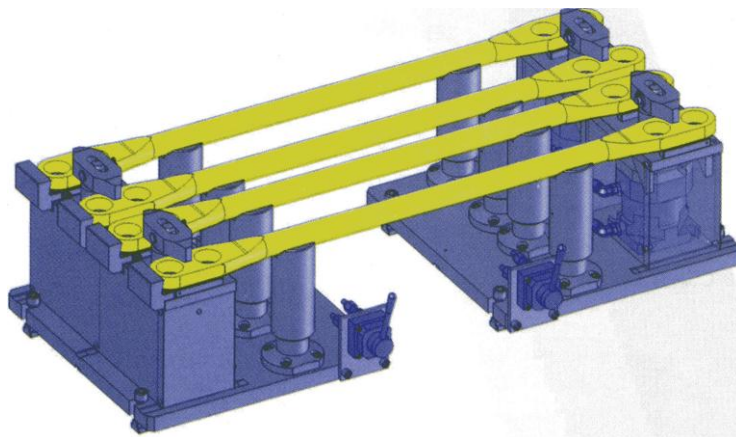


Рисунок 6 – Приспособление для обработки четырех заготовок

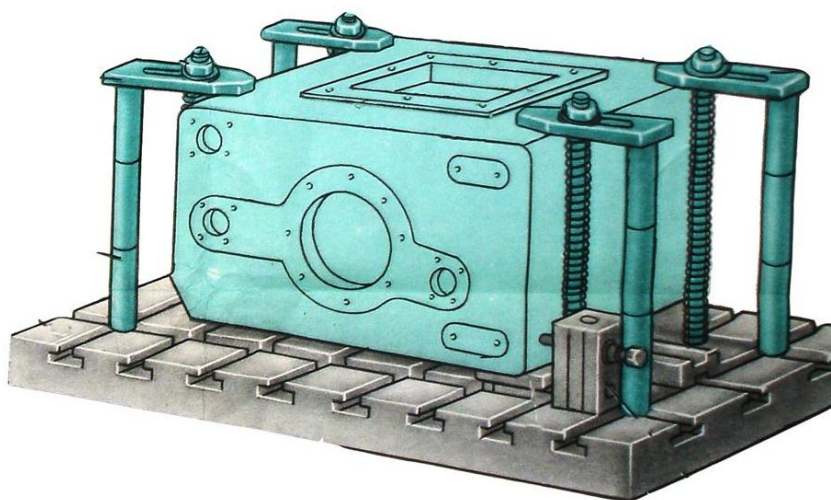


Рисунок 7 - Крепление крупных заготовок для обработки нескольких отверстий

При изготовлении точных изделий с допуском на межцентровое расстояние менее 0,1 мм нужно выполнять расчёт допуска на координаты втулок, в котором учитывают зазоры между инструментами и кондукторными втулками, зазоры между кондукторной и промежуточной втулкой, а также возможный эксцентриситет кондукторных втулок.

Допуски на координаты кондукторных втулок вычисляют по формуле

$$T_j \leq 0,8T_L - 0,25\Sigma S - 0,25\Sigma R, \quad (2)$$

где T_L – допуск межцентрового расстояния изделия;

ΣS – сумма четырёх максимальных зазоров: между инструментом и кондукторной втулкой и между кондукторной и промежуточной втулками;

ΣR – сумма радиальных биений всех четырёх участвующих втулок: двух кондукторных и двух промежуточных.

Пример расчёта. Конструируем приспособление нормальной точности с кондуктором для развёртывания двух отверстий диаметром 30H8. Межцентровое расстояние $L = (150 \pm 0,08)$ мм. Необходимо рассчитать допуск на расстояние между осями отверстий кондуктора.

Решение. Используя для расчёта формулу (2), определим элементы, входящие в неё

$$0,8T_j = 0,8(\pm 0,08) = \pm 0,064 \text{ мм.}$$

Определим зазоры между инструментами и втулкой. Диаметр развёртки с допуском $30_{+0,013}^{+0,022}$, тогда $d_{\text{pmin}} = 30,013$ мм. Диаметр отверстия втулки с допуском равен $30_{+0,029}^{+0,050}$, откуда $D_{\text{отвmax}} = 30,050$ мм. Максимальный зазор: $S = 0,037$ мм.

Максимальные зазоры между промежуточными и кондукторными втулками, соединенными по посадке H7/g6, составляют $S = 0,05$ мм.

Второй член формулы (2) $\Sigma S = 0,0435$ мм.

Определим сумму радиальных биений втулок. Для приспособлений нормальной точности радиальное биение равно: 0,007 мм. Третий член уравнения (2) равен $4 \cdot 0,007 / 4 = 0,007$ мм.

В итоге имеем

$$T_j = \pm 0,0135 \text{ мм.}$$

На основе вышеизложенного, возможно решение обратной задачи - нахождение допусков на втулки и развертки по допуску на межосевое расстояние.

3.4 Содержание отчёта

- 1 Наименование работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Расчёт прямой задачи.
- 4 Расчёт обратной задачи согласно варианту задания.

3.5 Контрольные вопросы

- 1 Перечислите требования, предъявляемые к приспособлениям для станков с ЧПУ.
- 2 Как рассчитать допуск на расстояние между осями отверстий кондуктора?
- 3 В чём преимущество многоместных приспособлений?

Список использованных источников

1 Горохов, В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 432 с.

2 Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений: учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе.- 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2009. – 304 с.

3 Косов, Н. П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы : учеб. пособие для вузов / Н. П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе. - М. : Машиностроение, 2005. – 304 с.

4 Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.

Приложение А

(справочное)

Величины полей допусков на детали приспособлений с габаритными размерами от 5 до 50 мм

Таблица А.1 – Поля допусков на детали приспособлений

Класс точности приспособления	Допустимый эксцентриситет, мм	Допустимое радиальное биение, мм
Нормальная Н	0,003	0,007
Повышенная П	0,002	0,004
Особо точная ОТ	0,001	0,002