

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

**СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ МНОГОСТОРОННЕЙ  
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для лабораторной работы  
по дисциплинам «Проектирование автоматизированных систем»,  
«Проектирование систем автоматизации и управления»  
для студентов очной и заочной форм обучения направлений  
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,  
27.03.04 «Управление в технических системах»

Курган 2017

Кафедра автоматизации производственных процессов

Дисциплины: «Проектирование автоматизированных систем»  
«Проектирование систем автоматизации и управления»

Составили: профессор, к.т.н. А.С. Пухов

Утверждены на заседании кафедры 21 декабря 2017г.

Рекомендовано методическим советом университета « 12» декабря 2016г.

## Содержание

Введение.....	4
1 Общие сведения о методе и средствах автоматизации многосторонней обработки вращающихся деталей .....	4
2 Особенности базирования деталей при многосторонней обработке .....	6
3 Варианты комплектации поворотных патронов различными приводами .....	7
4 Конструкция поворотных патронов с клиновым и винтовым механизмами зажима деталей .....	8
5 Конструкция и принцип работы поворотного механизма .....	10
6 Синтез геометрических параметров поворотного устройства .....	11
7 Силовой расчет механизмов поворота и закрепления детали .....	14
7.1 Определение усилия зажима детали в поворотном патроне с клиновым устройством зажима .....	14
7.2 Определение усилия зажима детали в поворотном патроне с винтовым устройством зажима .....	15
7.3 Расчет усилия поворота детали .....	16
8 Задание для оформления отчета.....	18
9 Список литературы.....	18

## **ВВЕДЕНИЕ**

Рост производительности труда и качества продукции возможен в производстве, базирующемся на широком использовании новейшего технологического оборудования, обеспечивающего максимальную готовность деталей на одном рабочем месте, в частности, на многооперационных станках с ЧПУ. Однако многооперационные станки применяются преимущественно для обработки корпусных деталей вращающимся инструментом. Что касается обработки вращающихся деталей на токарных станках, то она остается традиционно односторонней. В результате этого широкий класс деталей с пересекающимися осями типа крестовин, угольников и т.п. обрабатывается на токарных станках за несколько операций, что значительно снижает производительность труда, качество изделий свидетельствует о необходимости реализации методов, позволяющих вести обработку таких деталей с двух, трех и четырех сторон за один установ.

Для реализации метода многосторонней обработки вращающихся деталей на кафедре «Автоматизация производственных процессов» Курганского государственного университета разработаны средства автоматизации, значительно расширяющие технологические возможности токарных станков с ЧПУ, с целью автоматизации малооперационных ресурсосберегающих технологий.

### **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ И СРЕДСТВАХ АВТОМАТИЗАЦИИ МНОГОСТОРОННЕЙ ОБРАБОТКИ ВРАЩАЮЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ**

Применение метода многосторонней обработки является перспективным направлением повышения производительности и расширения технологических возможностей токарных станков с ЧПУ. Сущность метода заключается в том, что закрепленная в патроне деталь автоматически, без останова шпинделя, многократно вводится в зону обработки поверхностями, расположенными соосно с противоположных сторон детали и под углом  $90^\circ$  друг к другу, в результате чего обеспечивается ее максимальная готовность на одной технологической операции.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема автоматического комплекса многосторонней обработки (АКМ О). В комплексе средств автоматизации многосторонней обработки деталей входят: исполнительное устройство (поворотный патрон) - 1; приводы - 2; устройство управления - 3 положением вращающейся детали - 4.

На следующем, втором уровне эти устройства разделяются на функциональные элементы (механизмы, блоки):

- механизм 1.1 закрепления заготовки 4, механизм 1.2 связи поворотного механизма с приводом, поворотный механизм 1.3, поворотное звено 1.4;

- привод 2.1 механизма закрепления заготовки 4, привод 2.2 поворотного механизма;

- датчик 3.1 вращающейся детали, блок 3.2 управления положением детали, связанный с устройством ЧПУ 3.3 станка и элементами электроавтоматики станка 3.4, распределители 3.5 жидкости или сжатого воздуха, блок 3.6 индикации углового положения вращающейся детали 4.

Поворотный механизм представляет собой два клиновых толкателя, кинематически связанных посредством реечной шестерни, воздействующих на четырехгранник цапфы поворотного звена, несущей обрабатываемую деталь. Для обеспечения возможности самоцентрирования заготовки в базирующих элементах поворотного патрона создано синхронное в радиальном направлении перемещение несущих их кулачков, в одном из которых размещен поворотный механизм 1.3 (рис. 2, разрез А-А).

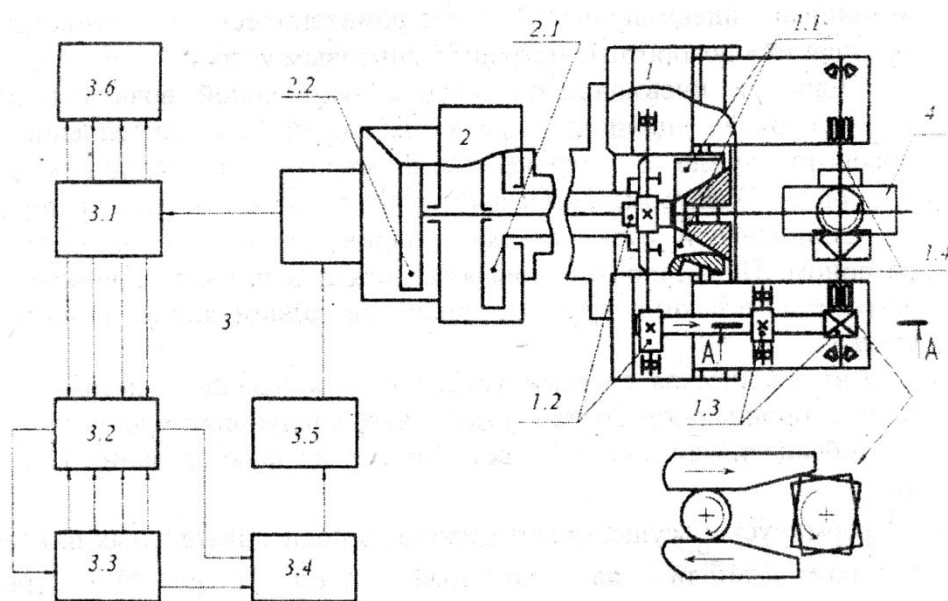


Рисунок 1 - Конструктивно-структурная схема автоматического комплекса многосторонней обработки (АКМО)

Разработана гамма поворотных патронов. Исходная размерная характеристика гаммы - наружный диаметр патрона: 160, 200, 250, 315, 400, 500 и 630мм. В патронах гаммы могут обрабатываться детали с наибольшей длиной 180...450мм и диаметром 40...200мм. Поворотный патрон выполняется либо с клиновым, либо с винтовым устройством зажима (винтовое устройство обеспечивает больший ход кулачков патрона).

Для реализации метода многосторонней обработки из разработанной гаммы выбирается поворотный патрон, соответствующий размерам обрабатываемой детали и условиям ее закрепления. Тип привода (гидравлический, пневматический, электромеханический) зависит от оснащённости станка, гидросистемой. При наличии заводской пневмосети возможна установка пневмопривода. Электромеханическими приводами оснащаются поворотные патроны с винтовым устройством.

Гидро- и пневмопривод представляют собой вращающийся совмещенный цилиндр, предназначенный для закрепления и поворота детали в патроне, установленный на заднем конце шпинделя. Электромеханический привод зажима детали крепится на шпиндельной бабке станка в непосредственной близости с патройом. Пневмопривод поворота детали в патроне с винтовым устройством зажима крепится также на заднем конце шпинделя станка.

Автоматическая система управления положением детали при многосторонней обработке [3] выполняет следующие функции: - обеспечивает цикл поворота детали на фиксированный угол  $90^\circ$ ;

- формирует и осуществляет несколько последовательных циклов поворота детали на заданный угол (через  $90^\circ$ ) для многократного ввода поверхностей детали в зону обработки;

- обеспечивает прямой и непрерывный контроль положения обрабатываемой детали в устройстве поворота.

Вопросы проектирования систем управления рассмотрены в части 2 методических указаний.

Таким образом, комплекс средств автоматизации многосторонней обработки содержит: поворотный патрон, привод поворота и зажима детали, автоматическую систему управления положением детали.

## 2 ОСОБЕННОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МНОГОСТОРОННЕЙ ОБРАБОТКЕ

При многосторонней обработке наиболее благоприятным является случай, когда оси всех обрабатываемых поверхностей детали пересекаются в одной точке. Тогда ось поворота детали в патроне должна проходить через эту точку (рис.2а).

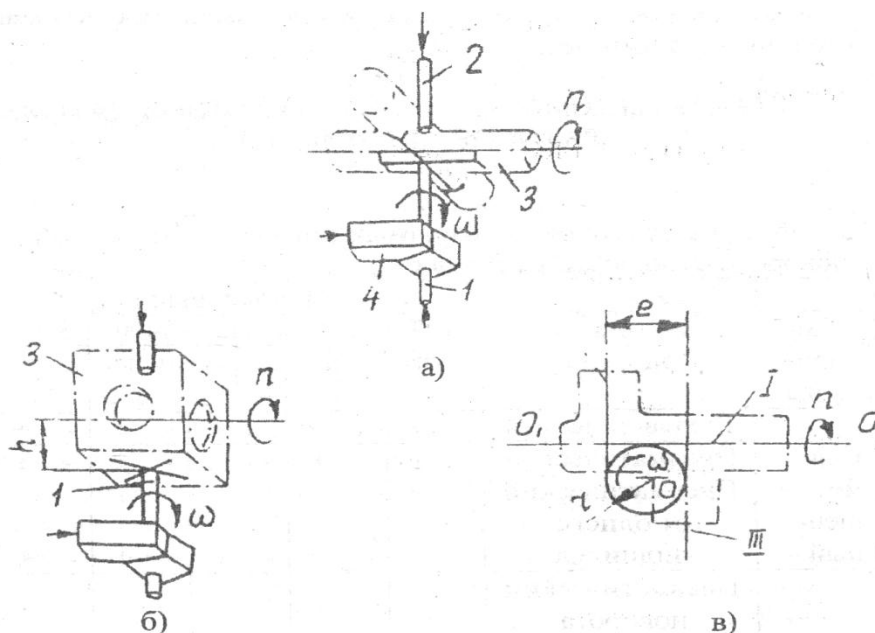


Рисунок 2 - Схемы установки (базирования) и фиксации в угловом положении деталей при многосторонней обработке на токарных станках: а)

установка детали с самоцентрированием; б) установка детали по плоскости без самоцентрирования; в) определение положения оси поворота детали со смещенными осями (л - вращение шпинделя, со - поворот детали).

В случае пересечения осей поверхностей не в одной точке (рис. 2в) ось поворота должна проходить на расстоянии  $r=e/2$  от них. Конструкция поворотных патронов позволяет смещать ось поворота при настройке станка на обработку конкретной детали. Для этого корпус патрона смещается относительно планшайбы.

Для устранения появившегося при этом дисбаланса на патрон со стороны противоположной направлению смещения должен быть установлен противовес.

### 3 ВАРИАНТЫ КОМПЛЕКТАЦИИ ПОВОРОТНЫХ ПАТРОНОВ РАЗЛИЧНЫМИ ПРИВОДАМИ

Различные условия производства и многообразие оборудования с ЧПУ приводят к необходимости создания различных сочетаний поворотных патронов и приводов к ним. Варианты возможных сочетаний этих компонентов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Варианты сочетаний поворотных патронов с приводом зажима и поворота вращающейся детали.

Привод		Поворотный патрон											
Тип привода	Источник энергии	200		250		315		400		500		630	
		вз	кз	вз	кз	вз	кз	вз	кз	вз	кз	вз	кз
Совместный	Гидравлическая	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	Пневматический	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	Пневматический от одного цилиндра	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Раздельный	Пневматический поворот Электромеханический зажим	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
	Электромеханический поворот Электромеханический зажим	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
	Пневматический поворот ручного зажима	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
	Электромеханический поворот ручного зажима	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

Примечание: вз – винтовой зажим; кз – клиновой зажим.

#### 4 КОНСТРУКЦИЯ ПОВОРОТНЫХ ПАТРОНОВ С КЛИНОВЫМ И ВИНТОВЫМ МЕХАНИЗМАМИ ЗАЖИМА ДЕТАЛЕЙ

Поворотный патрон включает в себя поворотное устройство и устройство зажима детали. Конструкция и принцип работы поворотного устройства всех патронов гаммы одинаковы и рассмотрены в п.5.

Поворотный патрон может быть выполнен или с клиновым, или с винтовым механизмом зажима, обеспечивающими центрирование детали относительно оси шпинделя станка.

Патрон с клиновым устройством зажима (рис. 3) снабжен радиально - подвижными кулачками 5 и 6, установленными в Т - образных пазах корпуса 2, состоящего из собственно корпуса и двух планок 3 и 9.

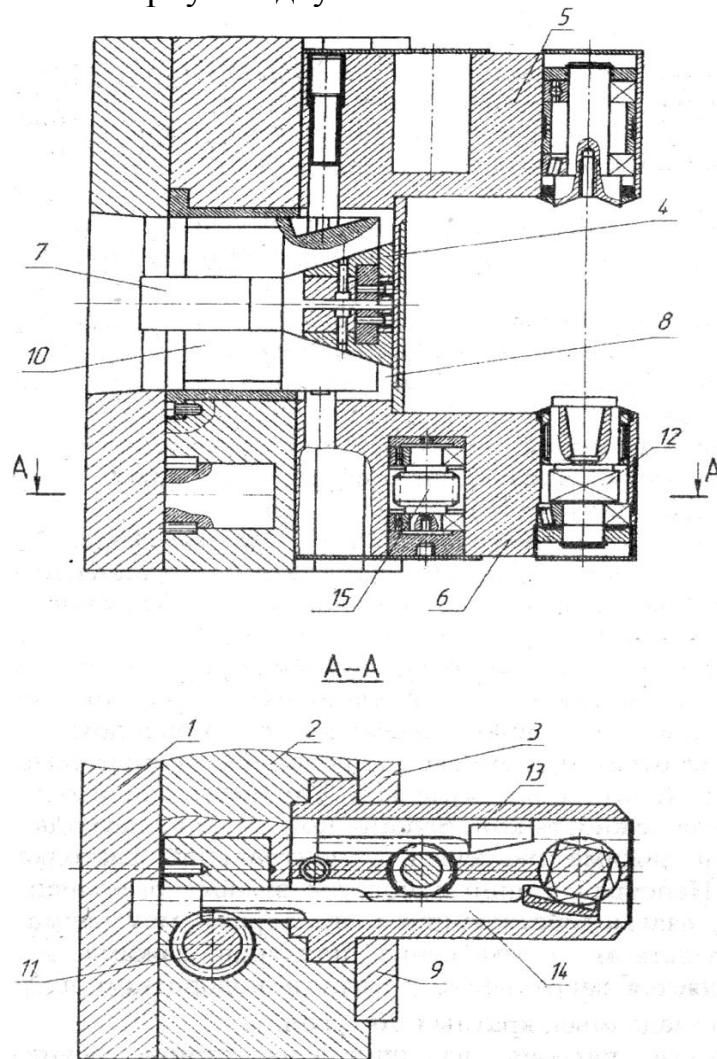


Рисунок 3 - Конструкция поворотного патрона с клиновым устройством зажима

В цилиндрических расточках кулачков установлены накладки 4 и 8, взаимодействующие с 2 клиновым ползуном зажима 10, соединенным в свою очередь с приводом. Накладки изготавливаются из высоколегированной цементуемой стали. Составная конструкция кулачков упрощает их изготовление и повышает надежность конструкции поворотного патрона.

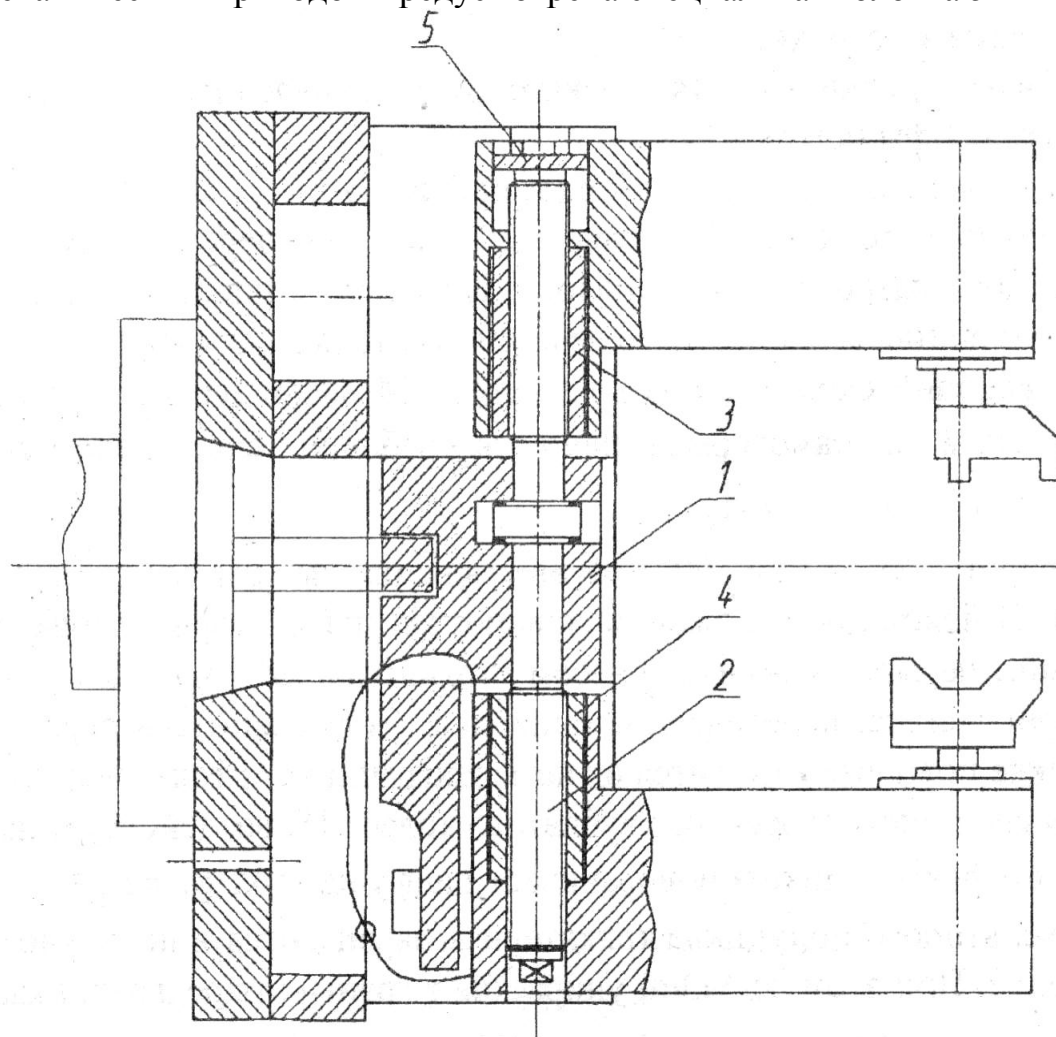


Ползун зажима размещен в центральной расточке корпуса патрона. Непосредственно в ползуне зажима размещен ползун 7 поворота, взаимодействующий с шестерней механизма поворота 11. Посредством перемещения ползун зажима и поворота осуществляется закрепление детали в поворотном патроне и ее поворот на заданный, кратный  $90^\circ$  угол.

Установка патрона на шпиндель станка осуществляется посредством планшайбы 1, разрабатываемой для конкретного станка.

Конструкция патрона с винтовым механизмом зажима отличается тем, что на месте ползуна зажима устанавливается колодка 1 для установки винта 2 (рис. 4) с левой и правой трапецеидальной резьбой. Винт 2 связан с кулачками посредством гаек 3 и 4 завинченных в кулачки поворотного патрона.

Зажим заготовки в патроне осуществляется вручную или посредством электромеханического привода. Для стыковки винтового устройства зажима с электромеханическим приводом предусмотрена специальная головка 5 винта.



*Рисунок 4 - Конструкция поворотного патрона с винтовым устройством зажима*

## 5 КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПОВОРОТНОГО МЕХАНИЗМА

Поворот детали, зажатой в кулачках патрона, на угол, кратный  $90^\circ$ , осуществляется поворотным механизмом, размещенным в расточках одного из кулачков и содержащем следующие элементы:

- цапфа поворотная 12 (рис. 3), на которой закреплены элементы базирования заготовки;
- зубчатые рейки 13 и 14 (толкатели), установленные по обеим сторонам цапфы поворота;
- зубчатое колесо 15, связывающее рейки.

Ведущий толкатель соединен с приводом через ползун 7 поворотного патрона и тягу привода. Поворотная цапфа снабжена четырехгранником квадратного сечения. На толкателях выполнены скосы. Рабочий скос ведущего толкателя 14 выполнен под углом  $\alpha_1$ , близким к самотормозящему, а рабочий скос ведомого толкателя 13 под углом  $\alpha_2$ .

Поворот детали на  $90^\circ$  осуществляется за два полуцикла (рис.5).

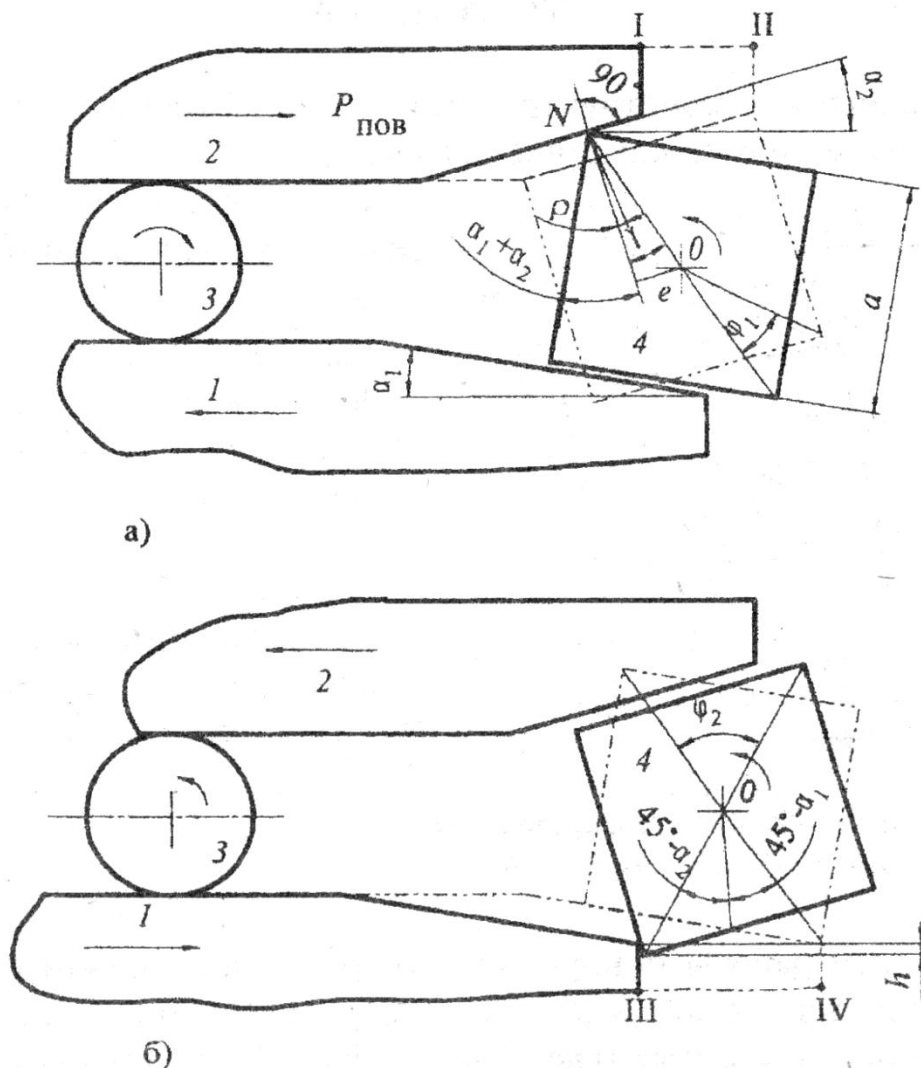


Рисунок 5 - Схема поворота детали на  $90^\circ$ : а - первый полуцикл поворота; б - второй полуцикл поворота

В исходном положении поворотная цапфа зафиксирована за грань четырехгранника скосом толкателя 14, на который действует усилие, передаваемое приводом. Толкатель 13 в первом полуцикле поворота отводится от четырехгранника, а толкатель 14, перемещающийся от реечного зубчатого колеса 15, воздействует на ребро четырехгранника и поворачивает цапфу на угол  $\varphi_1 = \alpha_1 + \alpha_2$ .

Во время второго полуцикла толкатели возвращаются в первичное положение. При этом ведущий упирается в грань четырехгранника, поворачивает цапфу на угол  $\varphi_2 = 90^\circ - \varphi_1$ , и фиксирует ее за следующую грань.

Поворот детали может быть осуществлен как при неподвижном, так и при вращающемся шпинделе.

## 6 СИНТЕЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА

Основными конструктивными параметрами поворотного устройства являются следующие (рис. 6):

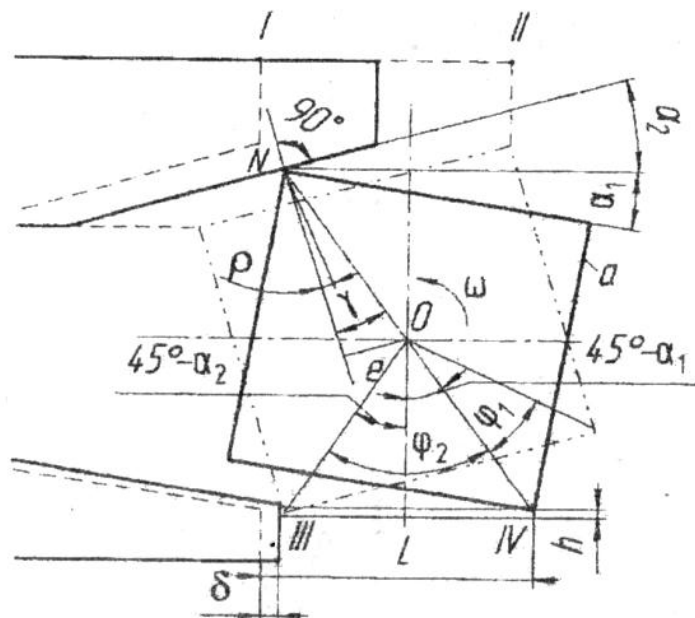


Рисунок 6 - Конструктивные параметры поворотного устройства:  $a$  - сторона квадратного сечения четырехгранника;  $\alpha_1, \alpha_2$  - углы скосов толкателей;  $h$  - величина зацепления ведущим толкателем четырехгранника;  $L$  - величина хода толкателей;  $\delta$  - добавочная величина хода толкателей, гарантирующая работу устройства 2.., 5мм.

Условием работы поворотного устройства в первом полуцикле поворота детали является обеспечение угла давления  $\gamma$ , большего угла трения  $\rho = \arctg f$  (где  $f$  - коэффициент трения), а также своевременный отвод толкателя, фиксирующего цапфу в первоначальном положении. При втором полуцикле поворота необходимо обеспечить зацепление толкателем четырехгранника (величина зацепления  $h$ ).

При проектировании параметры  $\alpha_1, \alpha_2, h$ , задаются или могут быть вычислены аналитическим путем. Для обеспечения работоспособности

поворотного устройства недостающие его параметры  $\alpha_2$  и  $L$  следует также определить аналитическим путем.

Очевидно, что при уменьшении угла скоса  $\alpha_2$  толкателя, угол давления  $\gamma$  будет увеличиваться, однако при этом уменьшается величина зацепления ведущим толкателем четырехгранника.

Поэтому нужно стремиться к максимальному углу давления  $\gamma$  при минимальной величине  $h$ . Величина угла скоса ведущего толкателя может быть принята  $\alpha_1 = 9^\circ$ , близким к самотормозящему.

Работоспособность и надежность предложенного поворотного механизма обеспечивается параметрами, указанными на рис.6.

Согласно схемам (рис.5а и рис.6), поворот четырехгранника в первом полуцикле возможен при

$$\gamma > \arcsin \frac{f}{\sqrt{1+f^2}}$$

$$e > \frac{fa}{\sqrt{2(1+f^2)}}$$

где  $\gamma$  - угол давления;  $e$  - эксцентриситет;  $f$  - коэффициент трения;  $a$  - сторона квадрата четырехгранника.

Следовательно, для поворота в первом полуцикле углы давления и трения должны соотноситься  $\gamma \gg \rho = \arctg f$ .

Согласно рисунку 5,  $a$  определяется угол давления, наибольшее значение которого вычисляется по формуле

$$\max \gamma = 45^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2)_{min},$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - углы скоса ведущего и ведомого толкателей соответственно.

Для обеспечения поворота четырехгранника в первом полуцикле необходимо минимизировать сумму углов скосов толкателей  $\alpha_1 + \alpha_2$ . Наименьшее значение угла  $\alpha_1$ , можно определить экспериментально или аналогично известным (клиновым) механизмам, исходя из условия достаточно жесткого заклинивания четырехгранника при фиксации без самоторможения (например, принять в области значений  $\alpha_1 = 8^\circ - 10^\circ$ )

Минимизация угла скоса  $\alpha_2$  связана с определением величины  $h$  зацепления грани четырехгранника толкателем 1 во втором полуцикле поворота. Согласно схеме на рисунке 5, б значение  $h$  определится по формуле

$$h = \frac{a}{\sqrt{2}} [\cos(45^\circ - \alpha_2) - \cos(45^\circ - \alpha_1)]$$

Зависимость величины угла  $\alpha_2$  от параметров  $a$ ,  $h$  и величины угла  $\alpha_1$  имеет вид:

$$\alpha_2 = 45^\circ - \arccos\left(\sqrt{2} \cdot \frac{h}{a} + \cos(45^\circ - \alpha_1)\right)$$

где  $a$  и  $h$  - выбираются в зависимости от типоразмера поворотного патрона. В таблице 2 приведены их рекомендуемые величины.

Таблица 2 - Рекомендуемые величины  $a$  и  $h$

	Диаметр поворотного патрона, мм					
	200	250	315	400	500	630
Сторона квадрата $a$ , мм	25	30	30	40	60	60
Величина зацепления $h$ , мм	1,2	1,4	1,4	1,9	2,8	2,8

Величина хода толкателей  $L$  определяется согласно схеме (рис.6), при этом в первом полуцикле поворота необходимо, чтобы толкатель, фиксирующий цапфу в первоначальном положении, вышел из зоны поворота четырехгранника на величину  $\delta$ .

$$L = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \left( 2 \sin(45^\circ - \alpha_1) + \left( \cos(45^\circ + \alpha_1) - \frac{\cos(45^\circ + \alpha_2)}{\operatorname{tg} \alpha_2} \right) - \sin(45^\circ + \alpha_2) + \sin(45^\circ + \alpha_2) \right) + \delta$$

где  $\delta$  - добавочная величина хода толкателей, гарантирующая работу поворотного устройства ( $\delta=2-5\text{mm}$ ). Набор всех параметров поворотного механизма приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты параметрического синтеза механизма поворота вращающейся детали

Параметр	Обозначение	Способ получения	Значение параметров
Диаметр поворотного патрона	$D$	К	в табл. 2
Сторона квадрата четырехгранника поворотного звена	$a$	К	$0,1 D$
Коэффициент трения между толкателем и четырехгранников	$f$	С	0,1
Угол трения	$\rho$	Р	$5^\circ 43^f$
Угол давления	$\gamma$	Р	$25^\circ$
Эксцентриситет	$e$	Р	$0,3 a$
Угол скоса ведущего толкателя	$\alpha_1$	Э	$9^\circ$
Угол скоса ведомого толкателя	$\alpha_2$	Р	$16^\circ$
Угол поворота в первом полуцикле	$\varphi_1$	Р	$20^\circ$
Угол поворота во втором полуцикле	$\varphi_2$	Р	$70^\circ$
Величина зацепления грани четырехгранника ведущим толкателем	$h$	К	$0,05 a$
Ход толкателя	$L$	Р	$1,15 a$

Примечание: С - справочные данные; Р - расчетные; Э - экспериментальные; К - принятые конструктивно.

## 7 СИЛОВОЙ РАСЧЕТ МЕХАНИЗМОВ ПОВОРОТА И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Одной из силовых характеристик поворотного патрона является усилие зажима детали в кулачках, развиваемое приводом. Для подбора привода нужно определить это усилие и сравнить его с требуемым по условиям обработки детали. При проектировании привода к конкретному поворотному патрону необходимо также исходить из требуемого усилия зажима детали.

### 7.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ЗАЖИМА ДЕТАЛИ В ПОВОРОТНОМ ПАТРОНЕ С КЛИНОВЫМ УСТРОЙСТВОМ ЗАЖИМА

Усилие, развиваемое гидравлическим или пневматическим приводом, определяется из выражения

$$P = \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta / 4$$

где  $D$  - диаметр поршня;  $d$  - диаметр штока;  $\rho$  - давление масла или воздуха (принимается 2,5 - 6,3 МПа; 0,4 - 0,6 МПа соответственно);  $\eta$  - коэффициент, учитывающий потери на трение ( $\eta$  принимается 0,85 - 0,9).

Усилие зажима  $Q$  детали, развиваемое клиновым устройством (рис.7), находится из выражения

$$Q = \frac{P}{2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

где  $\alpha$  - угол скоса клина;  $\varphi$  - угол трения,  $\varphi = \operatorname{arctg} f$ ,  $f$  - коэффициент трения (0,1 - 0,15).

Далее необходимо найти усилие зажима детали в невращающемся патроне, учитывая потери на трение. В направляющих кулачков (рис. 7а) возникают реакции  $N$  от усилия зажима  $P_3$ . Поэтому устройство зажима частично «работает» на преодоление возникающих при зажиме сил трения  $P_{\text{тр}}$ . Составим два уравнения:

уравнение проекций сил на ось X,

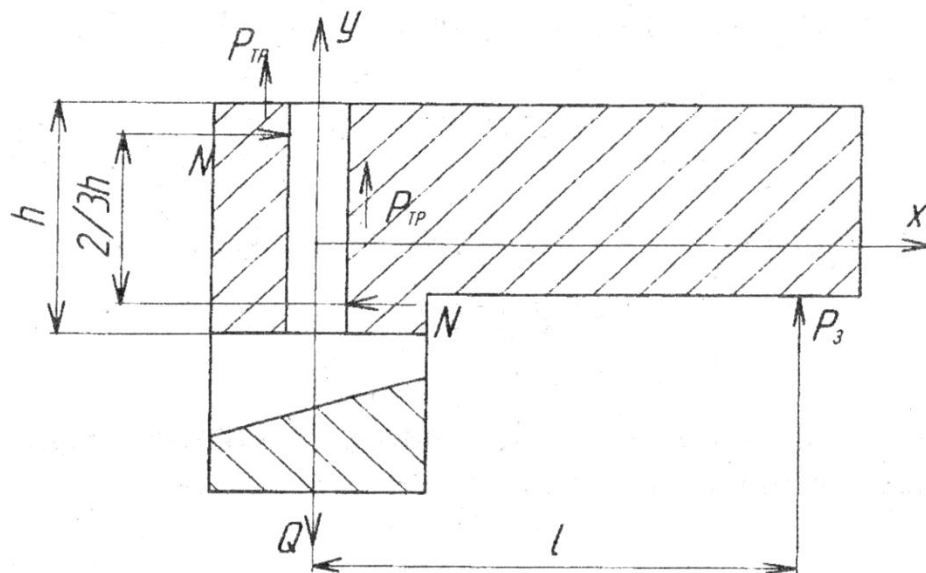
$$Q = P_3 + 2 \cdot P_{\text{тр}}, \quad (P_{\text{тр}} = f \cdot N)$$

уравнение моментов относительно точки O

$$2/3 \cdot h \cdot N = P_3 \cdot l.$$

После соответствующих подстановок получаем выражение для определения усилия зажима

$$P_3 = \frac{Q}{(1+3 \cdot f \cdot 1/h)}.$$



a)

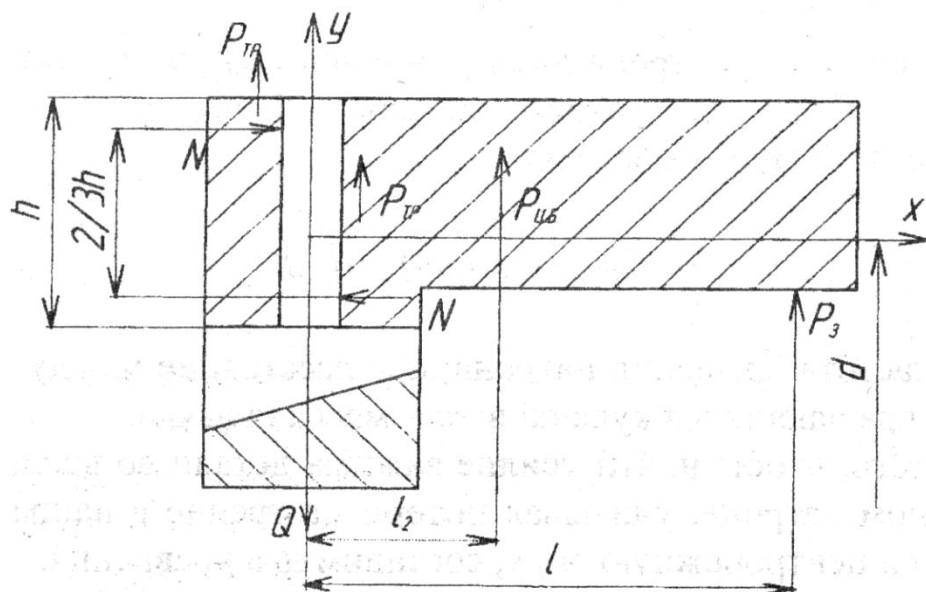


Рисунок 7 - Расчетная схема для определения усилия зажима детали в патроне

При вращении патрона на его кулачки действует центробежная сила, ослабляющая зажим детали. Формула для расчета центробежной силы имеет вид

$$P_{цб} = 2 \cdot (\pi \cdot n)^2 \cdot d \cdot m$$

где  $n$  - частота вращения патрона;  $d$  - расстояние между центрами тяжести вращающихся кулачков;  $m$  - масса кулачка.

Для того, чтобы найти усилие зажима детали во вращающемся поворотном патроне, учитывая потери на трение в направляющих кулачков и центробежную силу, составим два уравнения: уравнение проекции сил на ось X (рис. 76)

$$Q = P_3 + P_{цб} + 2 \cdot P_{тр};$$

$$(P_{TP} = f * N);$$

уравнение моментов относительно точки О

$$2/3 \cdot h \cdot N = P_3 \cdot l_1 + P_{цб} \cdot l_2.$$

После соответствующих подстановок получаем выражение для определения усилия зажима:

$$P_3 = \frac{Q - P_{цб}(1 + 3 \cdot f \cdot l_2/h)}{1 + 3 \cdot f \cdot l_1/h}.$$

## 7.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ЗАЖИМА ДЕТАЛИ В ПОВОРОТНОМ ПАТРОНЕ С ВИНТОВЫМ УСТРОЙСТВОМ ЗАЖИМА

В качестве привода к винтовому устройству зажима применяется электромеханический ключ с крутящим моментом М.

Расчет усилия зажима  $Q$  проводится по схеме, приведенной в п.7.1, согласно выражению

$$Q_h = \frac{M}{2 \cdot r_{cp} \cdot tg(\alpha + \varphi_{пр})}$$

где  $r_{cp}$  - средний радиус трапецеидальной резьбы;  $\alpha$  - угол подъема резьбы  $tg\alpha = S/2 \cdot \pi \cdot r_{cp}$ ;  $S$  - шаг резьбы;  $\varphi_{пр}$  - приведенный угол трения.

У механизмов с трапецеидальной резьбой гайка перемещается по V - образному желобу, а трение в желобе, при прочих равных условиях, больше, чем на плоскости. В этом случае используется приведенный коэффициент трения  $f_{пр}$ , выраженный через коэффициент трения при плоском контакте

$$f_{пр} = f / \cos \beta,$$

где  $\beta$  - половина угла при вершине профиля резьбы ( $\beta = 15^\circ$ ).

Приведенный угол находится по формуле

$$\varphi_{пр} = \arctg f_{пр},$$

где  $f = 0,1$ ,  $\varphi_{пр} = 6^\circ 16'$ .

## 7.3 РАСЧЕТ УСИЛИЯ ПОВОРОТА ДЕТАЛИ

При проектировании или подборе привода поворотного устройства патрона необходимо знать усилие для осуществления поворота детали. Усилие определяется при первом полуцикле поворота в тот момент, когда ведущий толкатель, расфиксировав цапфу поворота, отходит назад, а второй толкатель находит своим скосом на ребро четырехгранника.

При повороте зажатой в патроне детали привод преодолевает момент трения, возникающий в подшипниках поворотного устройства, и трение между скосом толкателя и четырехгранником цапфы поворота. Некоторыми потерями на трение в поворотном устройстве пренебрегаем.

Выражение для расчета усилия поворота детали имеет вид:

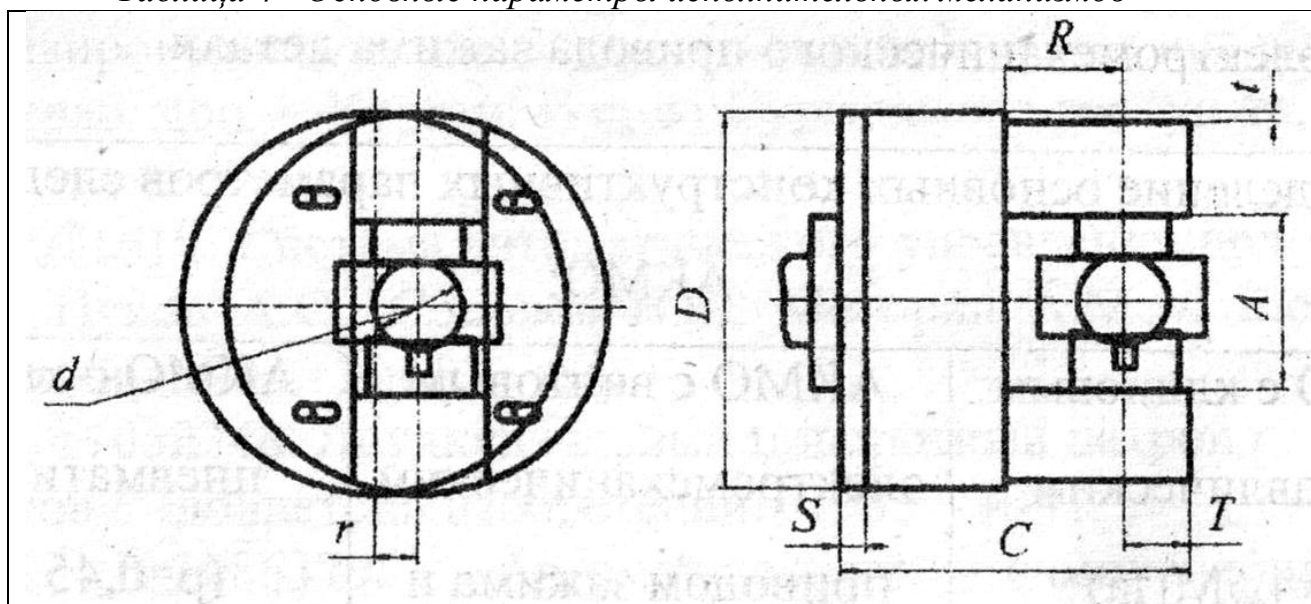


$$P_{\text{пов}} = \frac{\sqrt{2} \cdot P_3 \cdot f_n \cdot d \cdot \sin(\alpha_2 + \varphi)}{a \cdot \sin(45^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2 + \varphi))}$$

где  $P_3$  - усилие зажима детали в патроне;  $f_n$  - коэффициент трения в подшипниках (можно принять  $f_n = 0,02 \dots 0,05$ );  $d$  - диаметр вала цапфы под подшипник;  $a$  - сторона квадратного сечения цапфы;  $\alpha_1, \alpha_2$  - углы скосов толкателей;  $\varphi$  - угол трения;  $\varphi = \arctg f$  (при  $f = 0,1$ , ( $\varphi = 5^\circ 43'$ ));  $f$  - коэффициент трения между скосом рейки и ребром четырехгранника цапфы поворота.

Основные параметры и характеристики поворотных патронов приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Основные параметры исполнительных механизмов



Параметр	Модель исполнительного механизма					
	200.01-1	250.01-1	315.01-1	400.01-1	500.01-1	630.01-1
D, мм	200	250	315	400	500	630
A, мм	63	80	150	190	240	300
R, мм	70	90	130	160	200	250
T, мм	20	26	31	31	55	55
d, мм	35	45	100	130	160	220
C, мм	220	284	300	390	500	600
S, мм	30	40	40	40	50	50
t <sub>1</sub> /t <sub>2</sub> , мм	7/20	9/25	9/30	12/40	20/50	20/50
r, мм	12	18	18	25	35	40
G, кг	26	50	80	200	320	480
Q, кН	10	22	22	40	40	40
n, мин	2000	1600	1000	750	660	600

Примечание:  $t_1, t_2$  - величина хода кулачка для ИМ, соответственно, с клиновым и винтовым механизмами зажима детали;  $G$  - масса патрона;  $Q$  - усилие зажима детали;  $n$  - максимальная частота вращения.

## 8 ЗАДАНИЕ ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

В отчете дается краткое описание конструкции и принципа действия механизмов АКМО и приводится расчет: усилий поворота  $P_{пов}$  и параметров силовых элементов приводов: диаметров цилиндров зажима и поворота ( $D_з, D_{пов}$ ) и крутящего момента  $M_з$  (Н·м) электромеханического привода зажима детали.

Таблица 5 - Основные конструктивные параметры АКМО

АКМО с клиновым гидравлическим ( $p=4,5$ МПа) приводом зажима и поворота детали		АКМО с винтовым электромеханическим приводом зажима и пневматическим ( $p=0,45$ МПа) приводом поворота детали		АКМО с клиновым пневматическим ( $p=0,45$ МПа) приводом зажима и поворота детали от одного силового цилиндра	
1	D=200 мм	7	D=200 мм	13	D=200 мм
2	D=250 мм	8	D=250 мм	14	D=250 мм
3	D=315 мм	9	D=315 мм	15	D=315 мм
4	D=400 мм	10	D=400 мм	16	D=400 мм
5	D=500 мм	11	D=500 мм	17	D=500 мм
6	D=630 мм	12	D=630 мм	18	D=630 мм

## 9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. Пухов. Автоматизация многосторонней обработки вращающихся деталей. - М.:ВНИИТЭМР. Сер.6. «Технология металлообрабатывающего производства». 1986. Вып.4. - 64с., 21 ил.

2. А.С. Пухов. Синтез решений при создании автоматизированных технических объектов: Учебное пособие. - 2-е изд. перераб. доп. - Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. - 142с.

3. А.с. 971619. Система автоматического управления положением детали / Пухов А.С., Сбродов Н.Б., Моторин А.М. // Бюллетень изобретений.- 1982,- №41.

4. А.с. №1052348. Двухкулачковый поворотный патрон / А.С. Пухов // Бюллетень изобретений.- 1983. - №41.

5. А.С. №1986379. Автоматический самоцентрирующий поворотный патрон / А.С. Пухов // Бюллетень изобретений. — 1988.- №13.

6. Патент (РФ) №2070502. Автоматический поворотный самоцентрирующий патрон / А.С. Пухов // Бюллетень изобретений. - 1996. - №35.

7. Пухов А.С., Свидунович Д.Н. Конструктивно - параметрический синтез автоматических поворотных устройств// Автоматизация и современные технологии.- 2007. - №11.

Пухов Александр Семенович

## **СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ МНОГОСТОРОННЕЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для лабораторной работы  
по дисциплинам «Проектирование автоматизированных систем»,  
«Проектирование систем автоматизации и управления»  
для студентов очной и заочной форм обучения направлений  
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,  
27.03.04 «Управление в технических системах»

Авторская редакция

---

Подписано в печать 26.01.18	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ.л.1,25	Уч.-изд.л.1,25
Заказ №16	Тираж 25	Не для продажи

---

БИЦ Курганского государственного университета.  
640020, г.Курган, ул.Советская, 63, строение 4.  
Курганский государственный университет.