


В.В. КЛЕПИКОВ, В.Ф.СОЛДАТОВ

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО  МГУ

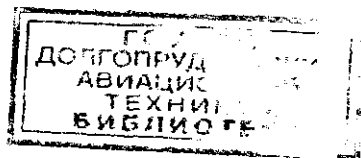
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**В.В. КЛЕПИНОВ, В.Ф.СОЛДАТОВ**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ**

Учебно-методическое пособие по выполнению  
курсовой работы по дисциплине  
«Технологическая оснастка»

122398



Москва 2008

УДК 621.71  
ББК 34.5  
К 48

*Рецензенты:*

В.Г. Якухин, т. д. н. проф. АМО «ЗиЛ»,  
К.Д. Спанакис начальник технологического отдела «НИИТ Автопром».

**К48**      **Клепиков В.В., Солдатов В.Ф.**  
Проектирование технологической оснастки: Учебно-методическое пособие. – М.: МГИУ, 2008. – 128 с.

ISBN 978-5-2760-1200-1

Приводится методика проектирования станочных приспособлений, раскрываются конструктивные и технологические решения, рассматриваются примеры выполнения расчетов и оформления результатов разработки станочных приспособлений. Уделяется внимание анализу путей совершенствования технологической оснастки с целью повышения качества обрабатываемых изделий.

Предназначено для выполнения курсовой работы по этой дисциплине, а также может быть использовано при дипломном проектировании студентами ИДО.

Приводится пример расчетно-пояснительной записки и варианты заданий на проведение курсовой работы.

**УДК 621.71**  
**ББК 34.5**

ISBN 978-5-2760-1200-1

© В.В. Клепиков, 2008  
© В.Ф. Солдатов, 2008  
© МГИУ, 2008  
© ИДО, 2008

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ВЫБОР ТЕМЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	6
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	8
2.1. Анализ базового технологического процесса.....	8
2.2. Техническое задание.....	8
2.3. Анализ технического задания.....	10
2.4. Обоснование выбора схемы приспособления.....	10
2.5. Анализ приспособлений, применяемых в аналогичных условиях обработки заготовок.....	12
2.6. Разработка схемы базирования заготовки.....	12
2.7. Схемы установки заготовки.....	19
2.8. Расчет величины силы зажима заготовки.....	20
2.9. Разработка схемы технологической наладки.....	24
2.10. Формирование и описание работы спроектированного приспособления.....	25
ГЛАВА 3. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТОВОЙ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТЕЙ РАБОТЫ.....	25
3.2. Оформление графической части работы.....	27
ГЛАВА 4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	31
4.1. Методика расчета винтового элемента зажимного механизма приспособления.....	31
4.2. Методика расчета эксцентриковых зажимных механизмов.....	32
4.3. Методика расчета клиновых и клино-плунжерных зажимных механизмов приспособлений.....	33

4.4. Методика расчета рычажных механизмов зажимных приспособлений .....	34
<b>ГЛАВА 5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ .....</b>	<b>35</b>
5.1. Пример расчета винтового механизма.....	35
5.2. Пример расчета эксцентрикового механизма .....	37
5.3. Пример расчета клино-плужерного механизма .....	39
5.4. Пример расчета рычажно-шарнирного механизма .....	51
<b>ГЛАВА 6. ПРИМЕР ВАРИАНТА ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....</b>	<b>62</b>
6.1. Задание на проектирование станочного приспособления для токарной обработки шестерни .....	62
6.2. Анализ технического задания .....	65
6.3. Определение свободного пространства зоны обработки заготовки .....	66
6.4. Обоснование выбора схемы базирования заготовки.....	66
6.5. Расчет погрешности базирования заготовки.....	67
6.6. Выбор установочной базы заготовки.....	67
6.7. Расчет составляющих сил резания на токарной операции .....	68
6.8. Разработка схемы приложения сил зажима заготовки.....	68
6.9. Расчет величин сил зажима заготовки .....	69
6.10. Выбор зажимного приспособления.....	70
6.11. Расчет погрешности установки заготовки.....	70
6.12. Общие выводы.....	71
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>72</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ .....</b>	<b>73</b>

## Введение

В современном машиностроительном производстве, технологическая оснастка обеспечивает расширение возможностей оборудования, повышение точности и качества обработки, производительности и безопасности работ. В крупносерийном производстве на каждый вид обрабатываемой детали приходится использовать несколько десятков единиц технологической оснастки.

Станочные приспособления составляют значительную часть технологической оснастки, поэтому при изучении дисциплины «Технологическая оснастка» данному разделу уделяется наибольшее внимание. Степень оснащённости станков приспособлениями и их выбор в каждом отдельном случае оценивается условиями производства и программой выпуска изделий.

Применение приспособлений позволяет значительно снизить себестоимость изделий. Поэтому целесообразность использования того или иного приспособления в конкретных условиях производства может быть подтверждена только экономическими расчетами.

На современном этапе развития каждая отрасль машиностроения нуждается в быстром техническом перевооружении, в оснащении новейшим оборудованием, позволяющим быстро и активно перестраивать производство на выпуск разнообразной продукции. Этому в большой степени способствует сокращение сроков подготовки производства новых объектов техники.

Изучение студентами курса «Технологическая оснастка» и выполнение курсовой работы по данной дисциплине имеет большое значение в их общей конструкторско-технологической подготовке. Целью курсовой работы является более глубокое освоение студентами теоретического курса и использование полученных знаний для формирования навыков самостоятельного проектирования технологической оснастки.

## ГЛАВА 1. ВЫБОР ТЕМЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа по дисциплине «Технологическая оснастка» начинается с выбора темы. Практика показывает, что правильно выбрать тему – это значит наполовину обеспечить правильное ее выполнение. Поэтому тему и план работы необходимо согласовывать с руководителем (преподавателем).

Тема курсовой работы может быть предложена не только преподавателем, но и студентом. При этом студент основывается на материалах, имеющихся на том предприятии где он работает, материалах по курсовому или дипломному проектированию. Целесообразно, чтобы тема курсовой работы по дисциплине «Технологическая оснастка» являлась составной частью курсового или дипломного проекта. Студент, основываясь на технологической карте (или маршруте) обработки детали может выбрать одну из технологических операций на базе которой будет разрабатывать приспособления для механической обработки, или сборки изделия.

Тема курсовой работы по проектированию технологической оснастки может быть посвящена разработке новых или модернизацию действующих видов технологической оснастки с целью повышения производительности, точности обработки, сборки или контроля изделий, надёжности, снижения материало- и энергоёмкости оснастки, а также проведению теоретических или экспериментальных работ по анализу точности, надёжности, производительности конкретных приспособлений. Тема и форма отчета по курсовой работе может отличаться от стандартной.

В заданиях на курсовые работы могут быть рассмотрены вопросы разработки и проектирования:

- технологической оснастки (кроме режущего инструмента), применяемой на предприятии где работает студент;
- учебной технологической оснастки, применяемой для выполнения лабораторных работ на кафедре;
- исследовательской оснастки, применяемой в научных центрах;

- экспериментальной оснастки, применяемой для решения конкретных научных или производственных задач;
- перспективной оснастки, применение которой позволит решить какие-либо производственные задачи в будущем;
- установочно-зажимного приспособления для механической обработки детали;
- вспомогательного инструмента для закрепления режущего инструмента;
- контрольного приспособления;
- приспособления для сборки сборочных единиц и изделий;
- приспособления для захвата, перемещения или транспортировки детали или собираемых изделий;
- силовых приводов приспособлений;
- оригинального инструмента для измерений;
- дополнительных механизмов для металлорежущих станков (насадок, коробок и т.д.);
- настроечных приспособлений и устройств;
- специального режущего инструмента и приспособлений для фиксации и направления режущего инструмента;
- приспособлений для испытаний;
- расчетных схем основных механизмов приспособлений;
- методик расчета технологической оснастки на ЭВМ и т.д.

Графические разработки для любой из тем должны выполняться в соответствии с ЕСКД, а чертежи и схемы должны содержать достаточное количество видов, разрезов и сечений, по которым можно было бы выявить новизну предлагаемого решения. В случае необходимости общий вид оснастки может быть представлен в масштабе 1:1. На общий вид наносят габаритные, присоединительные (к станку, загрузочным и транспортным устройствам) и посадочные размеры.

Тонкими линиями указывают контуры положения подвижных частей и контуры обрабатываемых деталей.

Приводятся технические условия на изготовление и сборку данного приспособления и его техническая характеристика. Технические условия должны содержать сведения о допустимых отклонениях расположения наиболее ответственных деталей и их поверхностей (установочных, направляющих, и др.).



В технической характеристике указываются основные параметры приспособления (оснастки): диапазон вращения шпинделя, мощность, скорость перемещения, требуемая сила закрепления, давление в системе, величина хода подвижных элементов и т.п.

Для контрольных устройств указываются контролируемые параметры детали или сборочной единицы.

## **ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

### **2.1. Анализ базового технологического процесса**

Критический анализ существующего технологического процесса или его отдельных операций позволяет сделать вывод о необходимости устранения определенных недостатков их выполнения. После анализа недостатков и особенностей технологического процесса обработки изделия выявляется необходимость в разработке новой технологической оснастки и намечается цель разработки нового решения.

Целью разработки может являться повышение точности обрабатываемой на данной операции поверхности детали, производительности обработки, удобства обслуживания, износостойкости, надежности технологической оснастки, снижение себестоимости изготовления изделий и др.

### **2.2. Техническое задание**

Основой для выполнения курсовой работы являются технические задания и исходные данные.

Техническое задание может быть сформулировано следующим образом:

«Спроектировать станочное приспособление для обработки... (с указанием наименования детали)», а также номера операции, наименования и модели оборудования). Например: спроектировать станочное приспособление для обработки шестерни второй передачи КПП автомобиля ВАЗ 2123 или ведущей шес-

терни эскалатора метрополитена, или ведомой шестерни индуктора лифта и т.д.) на зубофрезерном станке модели 5К324А (операция 010).

*Исходными данными для выполнения работы являются:*

- чертеж обрабатываемой детали и заготовки (в приложении);
- технологический маршрут процесса изготовления детали (в приложении);
- чертеж (эскиз) заготовки, поступающей на проектируемую операцию. На эскизе заготовки должны быть представлены размеры (с допусками) и величины параметров шероховатости поверхностей, подлежащих обработке на данной операции (эти размеры заключаются в прямоугольные рамки);
- оборудование: наименование, модель и паспортные данные станка;
- инструмент: наименование, материал и геометрия его режущей части, размеры, условия крепления;
- технологические базовые поверхности обрабатываемой заготовки: наименование, размеры и технические требования к ним;
- режимы резания (скорость резания, подача, глубина резания) и нормы времени на обработку;
- энергоносители цеха или участка;
- программа выпуска, число смен, условия автоматизации или механизации работ на операции, наличие дополнительных устройств контроля, переверточных устройств, условия подачи и состав СОЖ, а также другие дополнительные сведения, касающиеся условий обработки заготовки на данной операции.

В задании на проектирования станочного приспособления для мелкосерийного производства указывается диапазон возможных параметров для обрабатываемых деталей данного типа.

Основными источниками исходных данных могут являться: курсовой проект по курсу «Технология машиностроения»; дан-

ные, полученные на промышленном предприятии или сведения из справочной, учебной и научно-технической литературы.

Выполнение курсовой работы производится решением нижеследующих последовательных и взаимосвязанных вопросов.

### **2.3. Анализ технического задания**

В начале проводится ознакомление с рабочим чертежом детали и заготовки, поступающей на проектируемую операцию или анализируется достаточность исходных данных для проектирования: определение числа одновременно обрабатываемых поверхностей; достаточность размеров и технических требований; определенность технологических и измерительных баз; последовательность выполнения технологических переходов на данной операции; направление сил резания; равножесткость и условия обеспечения устойчивого положения заготовки, распределение центров тяжести и т.д.

Затем определяется объем рабочего пространства, в котором располагается приспособление с закрепляемой в нем заготовкой, исходя из конструктивных особенностей станка, инструмента и элементов его крепления, наличия дополнительных устройств, например в виде кондукторной плиты, средств активного контроля и т.д.

Принимаемые решения сопровождаются эскизами или схемами одного или нескольких возможных вариантов с обоснованием их выбора.

### **2.4. Обоснование выбора схемы приспособления**

Поиск рабочего принципа (схемы) приспособления начинают с формулирования конструкторской идеи, основной функции и структуры приспособления.

Первичное решение изображается в виде схемы, содержащей необходимый минимум рабочих элементов.

После этого уточняется соотношение основных элементов конструкции, силовые воздействия базовых и зажимных поверхностей. Оценивается возможность неустойчивости (сложности, не надежности и т.д.) работы приспособления по рассматриваемой

схеме. Вносятся корректировки к устранению замеченных недостатков.

Переход от схемы к эскизному (компоновочному) проекту сводится к оценке размеров, формы, материалов и термообработке составных частей приспособления.

На полученную в масштабе компоновку приспособления наносят схему распределения сил, с указанием реакций опор, наличие изгибающей, крутящей и растягивающей нагрузок. При этом фиксируется их взаимное влияние. По этим данным выстраивается общая компоновка приспособления.

После того, как цель и задача разработки уточнены, приступают к оценке исходных данных и составлению технического задания (ТЗ).

Собранную информацию обобщают и систематизируют, оценивая при этом:

- объем и глубину разработки, например, «Разработать эскизный проект и пояснительную записку по техническому предложению»;
- основные и эксплуатационные показатели, например, «Повысить производительность, точность обрабатываемых поверхностей заготовок, надежность приспособления»;
- требования техники безопасности, эргономические требования, условия технологической безопасности, например, «Обеспечить удобства, надежность и безопасность приспособления»;
- функциональные ограничения, которыми могут быть, например, величина перемещений штока гидроцилиндра, перемещение рабочих элементов приспособления и др.;
- технологические ограничения, которыми могут быть, например, материал и методы сборки составных частей приспособления, точность и качество их изготовления и др.

По результатам изучения технического задания и эскиза варианта взаимного расположения приспособления, инструмента, условий установки и снятия заготовки, наличия дополнительных устройств и конструктивных особенностей станка проводится анализ конфигурации и максимальных габаритных размеров приспособления и способы его установки на станке.

## **2.5. Анализ приспособлений, применяемых в аналогичных условиях обработки заготовок**

На основе изучения патентов, обзора научно-технической литературы, проспектов и опыта промышленного предприятия производится анализ приспособлений применяемых в аналогичных условиях обработки (сборки или контроля) заготовок. Эти источники исходной информации приводятся в списке литературы и в приложении расчетно-пояснительной записки. По результатам данного сравнительного анализа делается вывод о преимуществах и недостатках рассмотренных конструкций приспособления. На основании этого определяется наиболее оптимальный вариант конструкции для заданных условий обработки (сборки или контроля).

## **2.6. Разработка схемы базирования заготовки**

Далее проводится анализ возможных вариантов базирования заготовки. Приведем пример выполнения работ по анализу схемы базирования.

Множество обрабатываемых деталей можно разделить на 3 группы:

- корпусные, в том числе призматические и фланцевые;
- длинные цилиндрические (длина более диаметра);
- короткие цилиндрические.

Отсюда следует, что существуют и три основных разновидности схем базирования. Схемы базирования представляют собой пространственную 3-осевую систему. Группа деталей сложной формы, в частности рычаги и стержни, не выделены в отдельную группу, так как представляют собой отдельную комбинацию фигур перечисленных выше групп.

Основные требования к станочным приспособлениям сводятся к следующему:

- обеспечению должной ориентации обрабатываемой заготовки относительно рабочих органов станка (3-осевая схема координатных осей);
- обеспечению зажима обрабатываемой заготовки с усилием, не допускающим, каких либо перемещений в про-

цессе обработки. При этом в процессе зажима не должно быть нарушено достигнутое ранее ориентирование заготовки.

С целью необходимого ориентирования и восприятия сил зажима обрабатываемая заготовка устанавливается на опорные (установочные) элементы (пластины, штыри, установочные пальцы, призмы и т.д.).

Опорные (установочные) элементы надежно закрепляются в корпусе приспособления (рис. 2.1).

Выполнив эскизы нескольких конструктивных исполнений схем базирования заготовки, производят расчет величин погрешности базирования.

Для корпусных деталей погрешности базирования могут быть по 3-м прямолинейным и угловым направлениям.

Следует иметь в виду, что погрешность базирования зависит от положения измерительной (конструкторской) поверхности, оси или точки. При совпадении измерительной поверхности с технологической погрешность базирования равна нулю. В противном случае погрешность базирования неизбежна. (Исключением является обработка методом пробных проходов и измерений).

Рассчитав величины погрешностей погрешности базирования, следует оценить их допустимость. На основании опыта работы машиностроительных предприятий погрешность базирования меньше 30% допуска на обрабатываемый размер – допустима.

**Долгопрудненский авиационный техникум**  
**Электронная библиотека**



**Козловский Александр Юрьевич**



141702 Россия Московская обл.  
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1

Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109  
E-mail: [dat\\_te@mail.ru](mailto:dat_te@mail.ru)  
Site: [godat.ru](http://godat.ru)

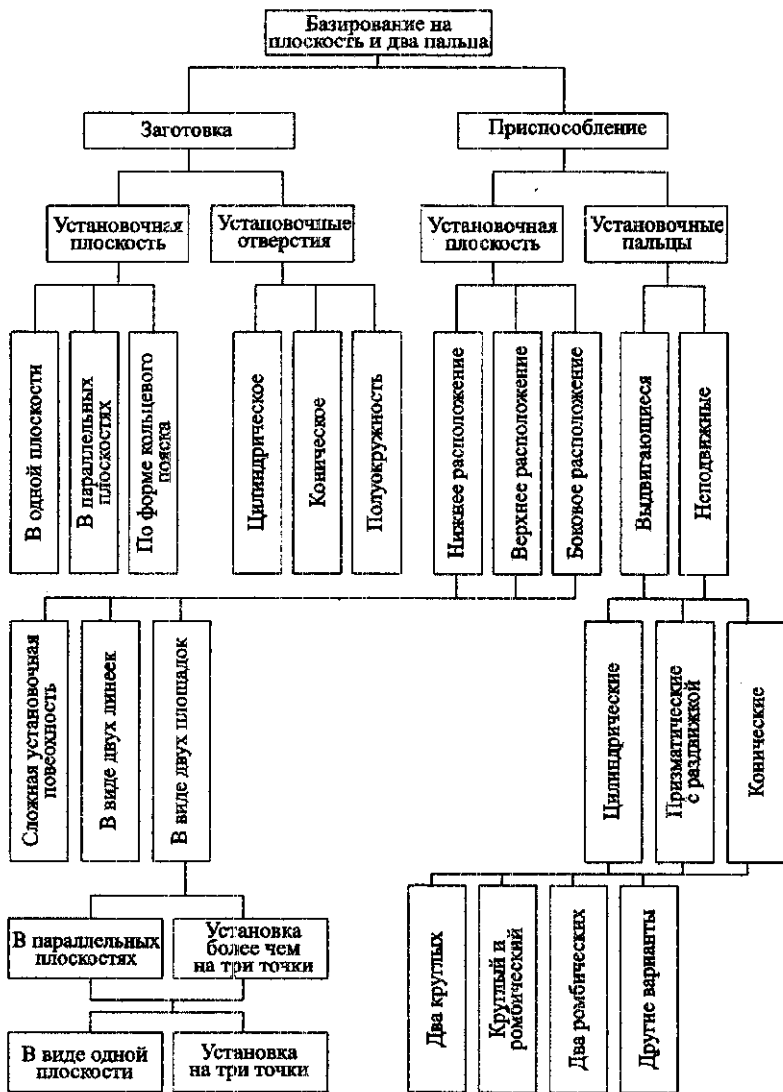
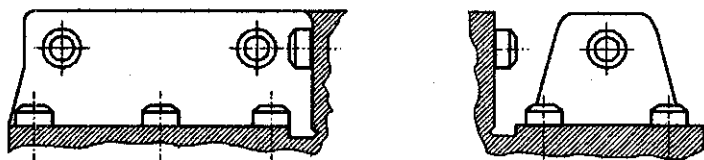
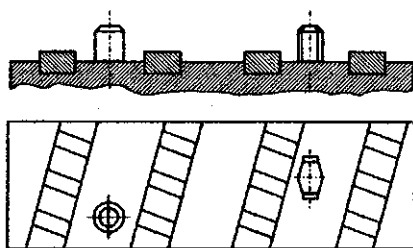


Рис. 2.1. Схема анализа вариантов базирования заготовки

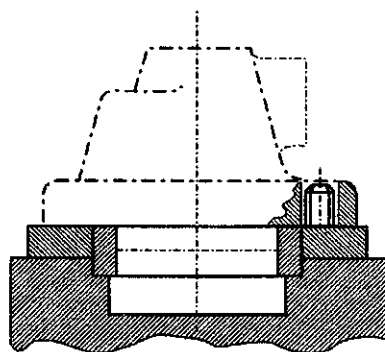
Рассмотрим примеры эскизов конструктивного исполнения распространенных схем базирования (рис. 2.2).



а)



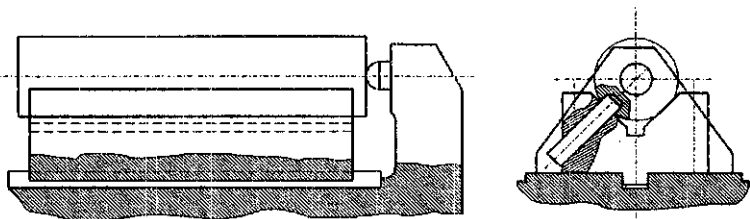
б)



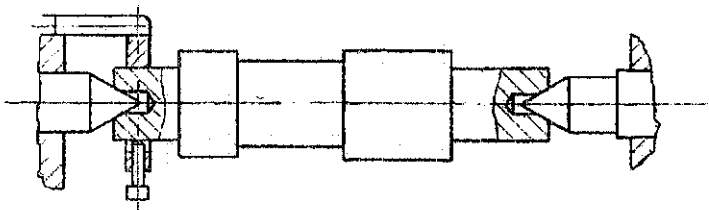
в)

Рис. 2.2, а, б, в. Схемы конструктивного исполнения схем базирования

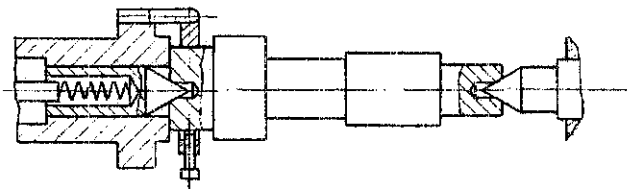




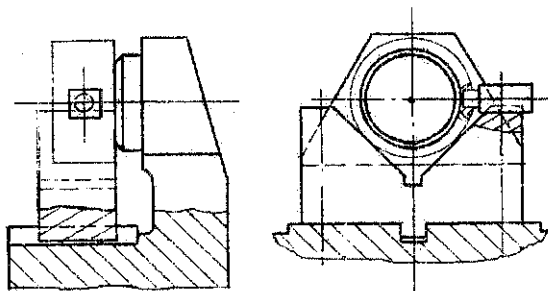
г)



д)

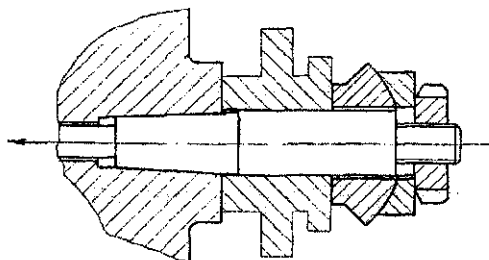


е)



ж)

Рис. 2.2, г, д, е, ж. Схемы конструктивного исполнения схем базирования



з)

Рис. 2.2, з. Схемы конструктивного исполнения схем базирования

На схеме базирования указываются базовые поверхности и точки, измерительные и обрабатываемые поверхности с соответствующими размерами.

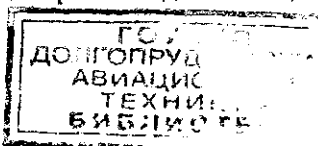
На *рисунке 2.2а* представлена схема установки корпусных призматических заготовок, которые базируются по трем опорным штырям основной технологической поверхностью, по двум опорным штырям – направляющей боковой технологической поверхностью и на один опорный штырь – торцевой поверхностью или точкой. На *рисунке 2.2б* приведена схема установки корпусных призматических заготовок, которые базируются основной технологической поверхностью на опорные пластины.

Опорные пластины имеют косые прорезы, которые улучшают условия удаления стружки с технологической поверхности.

Кроме опорных пластин в отверстия корпусной детали вводятся два пальца. Один из них круглый, а второй ромбический. Геометрические параметры и допуски на них рассчитываются по известным методикам научно-технической литературы. [1-5]

На *рисунке 2.2в* представлена схема установки корпусных фланцевых заготовок. Они базируются на опорное кольцо технологической поверхностью фланца. Кроме того, заготовка центрируется своим замковым выступом по внутреннему диаметру кольца приспособления.

Если необходимо угловое ориентирование в отверстие пальца вводится ромбический установочный палец. На *рисунке 2.2 г-е* даны конструктивные исполнения схем базирования длинных цилиндрических деталей.



122398

Длинная цилиндрическая деталь устанавливается в двоякую установочную призму приспособления. Правым торцом деталь поджимается к установочному штырю. При необходимости углового ориентирования детали в ее отверстие вводится фиксатор. Для данной схемы погрешность базирования неизбежна и зависит от допуска на наружный диаметр и угла призмы.

На *рисунке 2.2,д* приведена установка длинной цилиндрической детали в центрах. Левый центр опорный, правый поджимной. Погрешность базирования в радиальном направлении равна нулю, а в осевом зависит от точности изготовления центрального отверстия детали.

На *рисунке 2.2,е* представлена установка длинной цилиндрической детали в центрах. В отличие от предыдущего решения, левый центр не жесткий, а подпружиненный, и обрабатываемая заготовка левым торцом поджимается к торцу шпинделя. В данном исполнении погрешность базирования как в радиальном, так и в осевом направлениях равна нулю. Но при этом измерительная поверхность (конструкторская база) должна совпадать с левым торцом заготовки. Если это условие не обеспечено, будет иметь место погрешность базирования в осевом исполнении.

На *рисунках 2.2,ж и 2.2,з* представлены конструктивные исполнения схем базирования коротких цилиндрических деталей. Они могут устанавливаться в короткую установочную призму и правым торцом прижиматься к установочному кольцу или к установочному штырю большого диаметра, которые надежно закрепляются в корпусе приспособления. Угловое ориентирование, если оно требуется, осуществляется с помощью фиксатора. Погрешность базирования в этом случае неизбежна и рассчитывается также для длинных цилиндрических деталей (*рис. 2.2,г*).

На *рисунке 2.2,з* обрабатываемая деталь устанавливается на жесткую оправку с некоторым гарантированным зазором. Поджим к торцу шпинделя осуществляется с помощью гайки через две сферические шайбы. Жесткая оправка с коническим хвостовиком закрепляется в конической отверстке шпинделя при помощи резбовой тяги. Погрешность базирования имеет место только в радиальном направлении (из-за гарантированного зазора).

Расчеты выполняются только для интересующих нас обрабатываемых размеров. На основании расчета погрешности базирования и допустимости принятого решения определяется вариант конструктивного исполнения приспособления и составляется его схема.

## 2.7. Схемы установки заготовки

При установке заготовок не допускается использование корпуса приспособления в качестве опор. Необходимо определить основные (базировочные) элементы опор, в соответствии с принятым конструктивным решением схемы базирования, а также вспомогательные и дополнительные опоры, если они необходимы. При этом проводится анализ возможности устойчивого положения заготовки на основных установочных элементах. Затем оценивается взаимное расположение опорных поверхностей, сил резания и сил зажима и дается характеристика применяемым опорам (по точности обработки, материалу, твердости, форме) в сравнении с другими возможными вариантами (рис. 2.3)

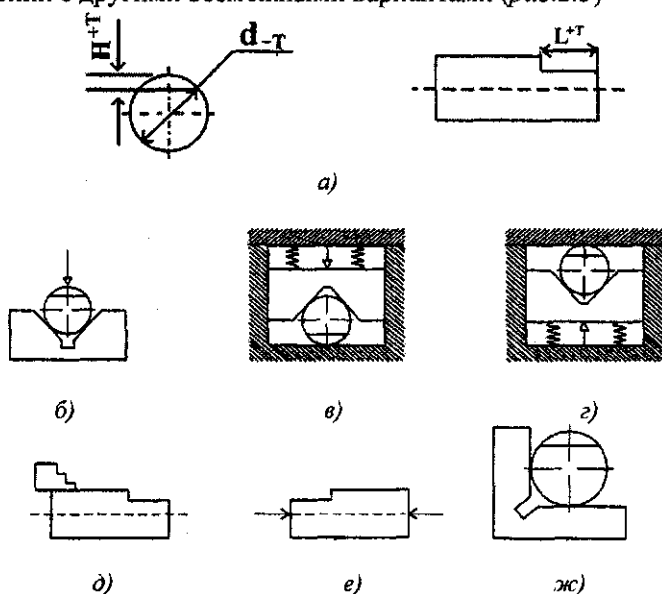


Рис 2.3. Схемы вариантов установки заготовки

Погрешности, возникающие в процессе изготовления деталей машин неизбежны. Но при оценке погрешностей базирования, руководствуясь принципом совмещения баз, погрешность базирования может быть сведена к нулю. Однако из экономических соображений может так же рассматривать и принимать вариант при котором погрешность базирования не равна нулю, но меньше (в 3 раза) чем допуск на выполняемый размер.

## **2.8. Расчет величины силы зажима заготовки**

Для заданных условий обработки определяются составляющие сил резания, расчет величин составляющих и результирующей сил резания действующие на заготовку в процессе ее обработки на данном переходе. Затем оцениваем влияние каждой из составляющих сил резания на возможность отрыва заготовки от установочных баз.

Данный расчет проводят с учетом коэффициента запаса. Приведем пример последовательности анализа и определения сил зажима заготовки приспособлений.

При выполнении расчета необходимых сил закрепления заготовок в любом станочном приспособлении одной из основных задач является правильное составление расчетной схемы на которой должны быть нанесены все силы и моменты действующие на заготовку в процессе обработки с точным указанием мест их приложения и направления их действия. Величина, направление и место приложения сил, действующих на заготовку при обработке, зависит от многих факторов, основными из которых являются:

- вид выполняемой операции,
- выбранная схема установки и закрепления заготовки в приспособлении,
- упругие характеристики материала элементов технологической системы.

Расчет сил закрепления сводится к задаче статики на равновесие заготовки под действием приложенных к ней внешних сил. К обрабатываемой заготовке приложены силы, возникающие при обработке, искомые силы закрепления и реакций опор.

Под действием этих сил заготовка находится в равновесии. Сила закрепления должна быть достаточна для предупреждения смещения и поворота заготовки на опорах приспособления.

В процессе обработки на заготовку действуют силы резания, которые по величине, направлению и месту приложения являются переменными величинами (особенно если при обработке непрерывно перемещается по обрабатываемой поверхности. Поэтому сила резания изменяется, в частности, она увеличивается на 10–30% из-за износа инструмента. При расчетах сила закрепления должна определяться для такой стадии обработки, при которой сила резания и крутящий момент, действующие на заготовку достигают своего максимального значения.

При этом следует учитывать и объемные силы, к которым относятся: сила тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы. Центробежные силы возникают в процессе обработки в результате смещения центра тяжести заготовки относительно ее оси вращения. Их величина сопоставима с силами резания при чистовой обработке. Инерционные силы (моменты) возникают при резкой смене направления движения заготовки. Они имеют место при возвратно-поступательном движении заготовки (например при строгании) или ее резком торможении. Величины инерционных сил и моментов обычно малы по сравнению с силами и моментами резания. Их необходимо учитывать при чистовой обработке заготовок большой массы.

Кроме того изменение сил резания, возникает при отводе режущего инструмента, а так же из-за трения заготовки в центрах, об охлаждающую жидкость и т.п.

В общем случае существует следующая последовательность определения зажимных сил:

– выбирают наиболее рациональную схему обработки заготовки. При этом намечают расположение и вид установочных элементов и устанавливают места приложения зажимных сил. Направления и места резания должны соответствовать самому неблагоприятному моменту времени обработки.

– на выбранной расчетной схеме указывают все приложенные к заготовке силы, нарушающие равновесие положения заготовки (силы резания и зажима) и силы стремящиеся сохра-

нить это положение (силы трения и реакции опор). При необходимости учитывают и силы инерций движущихся масс.

– составляют необходимые уравнения равновесия заготовки, исходя из принятой расчетной схемы ее установки и закрепления. Решая данные уравнения, определяют исходные силы закрепления. При этом предварительно определяются необходимые коэффициенты трения и коэффициент запаса  $K$ .

Для обеспечения надежного закрепления заготовки необходимо обеспечить равенство:

$$M_3 K = M_p,$$

где  $M_3$  – момент от сил закрепления;

$M_p$  – момент от сил резания;

$K$  – коэффициент учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку (коэффициент запаса).

Коэффициент запаса рассчитывается по следующей формуле:

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

где  $K_0 = 1,5$  – коэффициент гарантированного запаса;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на поверхности заготовки: при черновой обработке  $K_1 = 1,2$ ; при чистовой обработке  $K_1 = 1$ .

$K_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента (при сверлении и резьбонарезании принимаем  $K_2 = 1,15 \dots 1,2$ )

$K_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистых поверхностях обработки при прерывистом резании  $K_3 = 1,2$ ; при не прерывистом резании  $K_3 = 1$

$K_4$  – коэффициент, характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом  $K_4 = 1,0 \dots 1,3$ ;

$K_5$  – коэффициент, характеризующий эргономику механизированного зажима механизма (при неудобном расположении рукоятки и угле поворота больше  $90^\circ$ ,  $K_5 = 1,2$ ; при удобном расположении рукоятки и малых углах поворота  $K_5 = 1$ ).

$K_6$  – коэффициент, учитывающий появление дополнительных моментов при установке заготовки. При известном расположении точек контакта заготовки с опорными штырями  $K_6 = 1$ .

Если в результате расчета коэффициент запаса  $K$  оказывается меньше 2,5 принимают  $K = 2,5$ .

Например, момент от сил закрепления  $M_3$  (рис.2.4) определяется уравнением:

$$M_3 = 3_3 \cdot f_3 \cdot P_3 \cdot f_{on} \frac{D}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \geq K \cdot M_p,$$

где:  $P_3$  – сила зажима ( $H$ );

$D$  – диаметр заготовки ( $M$ );

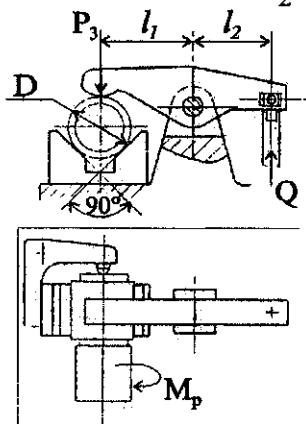
$\alpha$  – угол призмы;

$f_3$  – коэффициент трения в точке контакта зажимного элемента с заготовкой;

$f_{on}$  – коэффициент трения в точках контакта заготовки с опорными элементами приспособления.

Определим силу зажима  $P_3$ :

$$P_3 = \frac{K \cdot M_p}{f_3 \cdot \frac{D}{2} + f_{on} \frac{D}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}}$$



2.4. Схема рычажного приспособления



*Величины коэффициентов трения зависят от состояния контактирующих поверхностей, и принимаются по табл. 2.1*

Таблица 2.1

Состояние контактирующих поверхностей	f
При контакте обработанных поверхностей заготовки с обработанными (нерифлеными) поверхностями зажимных и опорных элементов приспособления	0,16
При контакте необработанных и обработанных поверхностей заготовки с рифлеными поверхностями зажимных и опорных элементов приспособлений	0,7

## 2.9. Разработка схемы технологической наладки

На схеме закрепления заготовки указываются направления сил резания, зажима и реакций в точках опор с размерами до точек их приложения.

В начале составляется эскиз заготовки с указанием всех приложенных к ней сил и определяется их влияние на точность выполняемого размера. Точки приложения сил зажима определяются на основании рекомендаций по обеспечению условий устойчивости заготовки при зажиме (ее неотрывности от установочных элементов).

Зная величину силы зажима и размеры рабочего пространства станка, определяют возможность размещения силового привода. Если силовой привод, работающий от энергоносителя цеха (по исходным данным), при габаритах, позволяющих размещать его в рабочем пространстве станка, не обеспечивает требуемой силы зажима, то необходимо в конструкции применить дополнительно силовой (передаточный) механизм. Выбор типа силового механизма может быть сделан по передаточному отношению сил  $i_c$ :  $i_c = P_{\text{заж}}/Q_{\text{сил.привода}}$ .

В любом случае, при использовании силового механизма или без него, необходимо обеспечить возможность беспрепятственной установки и съема заготовки в приспособление.

Расчет погрешности установки заготовки выполняется с учетом уже известностей погрешности базирования. При этом

необходимо рассчитать погрешность от сил закрепления (смещения измерительной поверхности под действием силы зажима). Погрешность самого приспособления определяется техническими требованиями на спроектированное приспособление.

## **2.10. Формирование и описание работы спроектированного приспособления**

В качестве аналогов могут быть использованы типовые конструкции, а так же конструкции приспособлений из технической и справочной литературы.

Сборочный чертеж выполняется в карандаше или на графопостроителе на листе формата А1 (А3 или А4 по согласованию с руководителем проекта). На основные детали и составные части приспособления составляется спецификация, которая помещается в приложении расчетно-пояснительной записки.

Дается подробное описание работы приспособления, включая все стадии установки и закрепления заготовки. Все пункты указанных разделов излагаются в расчетно-пояснительной записке. Все принимаемые решения в каждом пункте должны заканчиваться соответствующими выводами и при необходимости сопровождаться эскизами вариантов с аргументацией их выбора.

## **ГЛАВА 3. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТОВОЙ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТЕЙ РАБОТЫ**

### **3.1. Оформление текстовой части работы**

Основным документом курсовой работы является расчетно-пояснительная записка, которая оформляется в соответствие с требованиями действующих нормативных документов на листах формата А4. Текст размещается на одной стороне листа. Нумерация страниц должна быть сплошной. Расчетно-пояснительная записка начинается титульным листом (см. приложение 1). Второй страницей записки является бланк задания выданный студенту (см. приложение 2). Затем идут аннотация,

оглавление, введение и разделы записки, согласно утвержденному заданию, список используемой литературы и приложение.

Все рисунки, схемы, таблицы и формулы должны иметь нумерацию, состоящую из номера раздела и порядкового номера. После формулы дается расшифровка величин входящих в формулу, их размерность и наименование (несмотря на то, что эти данные уже внесены в список «Условные обозначения»). Единицы физических величин регламентируются ГОСТ 8.417 – 81. Ссылки на литературные источники обозначаются порядковыми номерами по списку источников, заключенных в квадратные скобки (ГОСТ 7.1 – 84).

Приложение располагается в порядке следования ссылок в тексте. Каждое приложение начинается с новой страницы с указанием в правом верхнем углу слова «Приложение», с соответствующей сквозной нумерацией (Приложение 1, приложение 2 и т.д.)

Все слова в тексте пишутся без сокращений, иллюстративный материал (рисунки, эскизы, схемы) помещаются после ссылки на него в тексте. Список литературы должен содержать все использованные источники (учебники, справочники, пособия, журнальные статьи, альбомы и др.), которые располагаются в порядке появления ссылок. Каждый источник отражается в следующем порядке: порядковый номер в списке, фамилия, инициалы автора, заглавие книг (или статьи), издательство, место и год издания (для статей указываются журналы и сборники), общее число страниц (для книг), или конкретные страницы в первоисточнике (для статьи).

Спецификация на выполнение конструкции приводится на отдельных листах и выносится в приложение. В спецификации указывается наименование сборочных единиц, комплектующих изделий, деталей, соответствующие ГОСТы и нормы, материалы, число однотипных деталей их термическая и защитная обработка.

Объем расчетно-пояснительной записки не должен превышать 40–50 страниц.

### 3.2. Оформление графической части работы

Графическая часть проекта выполняется по правилам ЕСКД черным карандашом или с помощью графопостроителя. Толщина сплошной линии должна быть в пределах 1–1,5 мм, цифры, буквы и знаки соответствовать ГОСТ 2.304–81. Применение масштабов и форматов чертежей общего вида решается в каждом конкретном случае студентом совместно с руководителем курсовой работы. Рекомендуются формат чертежей общего вида 1:1 (бумага формата А1), так как он дает наглядное представление о действительных размерах элементов конструкции (если указано в задании). Схемы и графики размещаются на формате А4 (помещаются в пояснительную записку).

Условные обозначения и знаки (графические символы) на чертежах приспособлений используются часто. Стандартами установлены правила нанесения условных обозначений. Существуют общие требования к формам, бланкам и другим документам (ГОСТ). Информация в них записывается печатающими устройствами, рукописным способом, вычерчивается от руки или на графопостроителях. К графическим документам относятся эскизы, графики и чертежи. Эскизы выполняются с соблюдением или без соблюдения масштаба, но обязательно с примерным соблюдением пропорций. Изображение изделия на эскизе должны содержать размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости, баз, опор, зажимов и установочно-зажимных устройств, необходимых для выполнения операций, для которых разработан эскиз.

Условные обозначения (опор, зажимов, установочно-зажимных устройств и т.д.) следует выполнять в соответствии с действующими на данный период времени государственными и отраслевыми стандартами.

Количество эскизов, а так же видов, разрезов и сечений изделия устанавливает сам разработчик.

При разработке схемы установки изделия на операции допускается применять упрощенное изображение изделия без указания его отдельных конструктивных элементов, которые не влияют на установку и закрепление изделия.

Для всех размеров указываются предельные отклонения. Допускается их не указывать для размеров деталей изделий единичного производства задаваемых с припуском на пригонку, зоны термообработки, покрытия, накатки, насечки и т.д.

Размерные линии следует стремиться наносить вне контура изображения и не пересекать их выносными линиями. Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных.

Если длина размерной линии настолько мала, что размещение стрелок затруднительно, то размерную линию продолжают за выносные линии и стрелки наносят с их внешней стороны. При недостатке места в размерной цепочке для стрелок, их допускается заменять насечками (под углом  $45^\circ$ ) и четкими точками.

На чертеже приспособления и его элементов количество размеров должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля. Часто чертежи приспособлений выполняют на нескольких листах, но не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях.

Справочные размеры обозначаются «\*» и в технических требованиях указывается «Размеры для справок».

Линейные размеры и их предельные отклонения указываются в мм без обозначения единицы измерения. Угловые размеры и их предельные отклонения указываются в градусах, минутах и секундах. Размеры не допускается наносить в виде замкнутой размерной цепи (за исключением случаев, когда один из размеров является справочным).

При нормировании допусков формы и расположения поверхностей используются условные обозначения. В случае необходимости или отсутствия знака вида допуска в технических требованиях указать значение текстом.

В большинстве случаев на чертеже значение допусков проводится с помощью условных обозначений, расположенных в прямоугольной рамке, в которой помещают знак допуска, численное значение допуска, буквенное обозначение (баз) или других поверхностей с которыми связан допуск.

Рамки располагаются горизонтально (в исключительных случаях вертикально) и никогда не пересекаются другими линиями. Если для одной поверхности задается два разных вида допуска, то допускается рамки объединить.

С целью соблюдения технологических норм, соблюдения заданных показателей технологичности и требований современного уровня развития техники необходимо проводить самоанализ конструкторской документации. При котором оценить:

- правильность выбора решения в соответствие с требованием технологичности, простоты изготовления, преемственности конструкции, удобства обслуживания, сборки и регулировки.
- возможность применения рациональных методов обработки, сборки и контроля.
- обеспечения взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц.

Особое внимание следует уделить технологичности конструкции приспособления.

Технологичность конструкции предусматривает взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижения оптимальных трудовых, материальных затрат на сокращение времени на производство, в том числе на монтаж, техническое обслуживание и ремонт приспособления.

Технологичность конструкции оценивается количественно с помощью системы показателей, количество которых должно быть минимальным, но достаточным для оценки.

К показателям технологичности изделия относятся:

- трудоемкость изготовления;
- удельная материалоемкость;
- металлоемкость, энергоемкость удельная и т.д.;
- технологическая себестоимость;
- средняя оперативная трудоемкость, продолжительность и стоимость технического обслуживания и ремонта;
- удельная трудоемкость изготовления и сборки;
- коэффициент унификации конструктивных элементов;
- коэффициент сборности.

Ответственным за отработку конструкции приспособления на технологичность является разработчик конструкторской документации. При проектировании приспособлений следует соблюдать принцип типизации и агрегатирования, унификации и стандартизации.

Выбрав аналогичное приспособление, следует стремиться в своих решениях к простоте и технологичности.

Совершенствовать конструкции следует на базе изучения отечественного и зарубежного опыта, патентной и научно-технической информации, придерживаясь предпочтительных размеров конструкции, прочности и надежности достигая не за счет увеличения массы, а применением коробчатых конструкций. Конструктивное решение должно обеспечить свободный доступ к рабочим поверхностям и защиту от загрязнения.

Надежность приспособлений также является одним из основных принципов проектирования приспособлений. Под надежностью приспособления следует понимать выполнение им заданных функций при сохранении во времени значения эксплуатационных показателей в данных пределах.

Надежность является комплексным показателем, который может включать безопасность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Безотказность наряду с ремонтпригодностью являются свойствами, входящими в состав надежности приспособлений.

Кроме надежности, приспособление обязательно должно быть безопасным. Для решения этих задач необходимо провести анализ следующих материалов:

- чертежа детали и заготовки в процессе их закрепления и обработки;
- технологической карты на выполняемую операцию;
- альбомы конструкций приспособлений и условия безопасности их эксплуатации;
- технического задания и информационно-технического обеспечения безопасности работы с данным приспособлением.

После этого необходимо конкретизировать принятую технологическую схему установки заготовок в приспособление,

установочные элементы, схему, тип и размеры зажимных устройств и разработать общую компоновку приспособления с учетом безопасности по эксплуатации.

Все основные разделы записки заканчиваются выводами. В конце записки приводятся общие выводы.

## ГЛАВА 4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### 4.1. Методика расчета винтового элемента зажимного механизма приспособления

Винтовые элементы зажимных механизмов состоят из винтов, чак, резьбовых втулок и т.д.

Основными конструктивными элементами нажимного винта или гайки является резьба и опора от формы и размера, от которого зависит усилие закрепление заготовки в приспособлении. Обычно используется обычная метрическая резьба *M8...M42*. Резьба с крупным шагом позволяет быстрее закрепить заготовку. Резьба с мелким шагом используется в основном в тех случаях, когда заготовка испытывает вибрации и знакопеременные нагрузки.

Методика расчета винтовых элементов зажимного механизма приспособления при заданном усилии ( $W$ ), состоит из следующих этапов:

- по усилию закрепления ( $W$ ) определяется номинальный диаметр резьбы;
- выбирается материал и термообработка винта (гайки);
- по номинальному диаметру резьбы винта определяется средний диаметр ( $d_{cp}$ ), половина угла при вершине ( $\beta$ ), (для метрической резьбы  $\beta = 30^\circ$ ) и угол подъема винтовой линии ( $\alpha$ );
- вычисляется приведенный угол трения в резьбе ( $\varphi$ ).



## 4.2. Методика расчета эксцентриковых зажимных механизмов

Эксцентриковые механизмы состоят из эксцентриков, рукояток и т.д. Они разделяются на круговые, криволинейные и торцевые.

При заданном усилии закрепления ( $W$ ) методика расчета элементов зажимного механизма с круглым эксцентриком состоит из следующих этапов:

- определяются исходные данные (допуск  $T$ ) на размер заготовки от установочной базы до места приложения усилия закрепления ( $W$ ), угол поворота ( $\gamma$ ), эксцентрика от начального положения (исходя из требований эргономики);
- определяется эксцентриситет ( $e$ ) эксцентрика (гарантированный зазор для свободной установки заготовки под эксцентрик обычно составляет 0,2...0,4 мм);
- определяется радиус ( $r$ ) цапфы эксцентрика (из условия отсутствия смятия);
- выбирается форма рабочей поверхности винта (гайки);
- вычисляется крутящий момент ( $M_{кр}$ ), который необходимо приложить к винту (гайке) для создания усилия закрепления ( $W$ );
- исходя из требований эргономики и  $M_{кр}$  выбирается тип рукоятки;
- вычисляется плечо рукоятки (усилие на рукоятке не должен превышать 200 Н);
- через КПД ( $\eta$ ) винтовой пары определяется эффективность самоторможения резьбы против самоотворачивания (КПД винтовой пары) должно быть меньше 0,4, т.е.  $\eta \leq 0,4$ );
- в случае необходимости резьбу винта проверяют на прочность (на срез);
- рассчитывается наружный диаметр ( $d$ ) эксцентрика (при условии обеспечения его самоторможения);
- определяется ширина ( $B$ ) рабочей поверхности эксцентрика (из условий отсутствия смятия);

Значения  $e$ ,  $\tau$ ,  $d$ ,  $B$  приравниваются к наибольшему стандартному значению:

- рассчитывается крутящий момент ( $M_{кр}$ ), который необходимо приложить к круглому эксцентрику для закрепления заготовки с за данным усилием ( $W$ );
- определяется длина рукоятки эксцентрика;
- проводится проверка эксцентрика на самоторможение. (Эксцентрик является самотормозящим при условии если  $\frac{d}{e} \geq 14$ ).

### 4.3. Методика расчета клиновых и клино-плунжерных зажимных механизмов приспособлений

Основными элементами клино-плунжерных зажимных механизмов является клин, плунжеры (кулачки), корпус с пазами, опорные ролики (у механизмов с элементами качения) и др.

При заданном усилии ( $W$ ) закрепления заготовки расчет клиновых и клино-плунжерных элементов зажимного механизма приспособления осуществляется в следующей последовательности:

- определяется угол скоса клина ( $\alpha$ ). Следует учитывать что с уменьшением угла скоса клина ( $\alpha$ ) увеличивается выигрыш в усилии закрепления заготовки, но возрастает проигрыш в длине перемещения клина и, как следствие, увеличиваются размеры приспособления.

Проигрыш или выигрыш в перемещении клина можно оценить по передаточному отношению перемещений ( $i_n$ ). Следует учитывать, что передаточное отношение сил ( $i_c$ ) зависит от потерь на трение, а передаточное отношение перемещений от угла скоса клина  $\alpha$ :

- рассчитывается потребный ход клина ( $S$ ). При этом гарантированный зазор свободной установки заготовки должен составлять 0,2...0,4 мм;

- определяется сила на приводе;

- проверяется надежность самоторможения для механизмов без роликов. Угол клина ( $\alpha$ ) должен быть меньше суммы

приведенного угла трения, соответствующено на наклонной и горизонтальной плоскостях клина ( $\varphi$  и  $\varphi_1$ ), то есть  $\alpha \leq \varphi$ . Для несамотормозящего клино-плунжерного механизма с элементами качения (роликами) угол клина принимают большим  $10^\circ$ , (то есть  $\alpha > 10^\circ$ )

Следует учитывать, что большинство деталей клино-плунжерных механизмов стандартизованы. Поэтому при проведении расчетов следует придерживаться стандартизованного размерного ряда таких станочных приспособлений.

#### **4.4. Методика расчета рычажных механизмов зажимных приспособлений**

Основными элементами рычажных приспособлений являются рычаги, захваты, втулки и т.д.

При заданном усилии закрепления расчет рычажного приспособления осуществляется в следующей последовательности:

– из чертежа заготовки берутся (определяются) допуск и размер заготовки от установочной базы до места приложения усилия закрепления ( $W$ );

– рассчитывается величина ( $S_w$ ) – перемещение рычага (ход рычага в точке приложения силы на базе выбранной схемы зажимного механизма);

– определяется усилие на приводе ( $Q_p$ ) рычага;

– рассчитывается перемещение рычага в точке приложения силы от привода ( $Q_p$ );

– определяется равнодействующая сила ( $R$ ) от усилий закрепления заготовки ( $W_p$ ) и силы от привода ( $Q_p$ ).

Исходя из условий равновесия.

– рассчитывается радиус ( $r$ ) опоры рычага (исходя из условия отсутствия смятия).

– выбирается привод приспособления (клиновой, винтовой, эксцентриковый, пневматический, гидравлический и т.д.).

## ГЛАВА 5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### 5.1. Пример расчета винтового механизма

Заготовка зубчатого колеса 1 установлена на оправке 2 и закрепляется гайкой 3 через шайбу 4 (рис. 5.1).

Усилия закрепления ( $W$ ) задано или рассчитано исходя из усилий резания и принятого (из расчета) коэффициента запаса ( $K_3 \geq 2,5$ ).

Например, усилие закрепления  $W = 10000$  Н, по таблице (см. приложение) определяем размер шаг резьбы (например метрическая резьба диаметром 18 мм (M18) и шагом 2,5 мм ( $S = 2,5$  мм) и допустимое напряжение растяжения (например,  $[\sigma]_p = 100$  Н/мм<sup>2</sup>).

Затем по табличным данным (см. приложение) определяется материал и термообработка резьбы винта (например для стали 45 осуществляется ее улучшение).

Из справочной литературы [1–3] по известному диаметру резьбы (M18) определяется ее средний диаметр ( $d_{cp}$ ), половина угла при вершине  $\beta$  (т.к. резьба метрическая, то  $\beta = 30^\circ$ ), угол подъема резьбы ( $\alpha$ ) определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg \frac{S}{\pi d_{cp}}.$$

Затем определяется угол трения в резьбе по формуле:

$$\varphi_{np} = \arctg \frac{f}{\cos \beta},$$

где  $f$  – коэффициент трения плоских трущихся поверхностей. (Обычно  $f = 0,1$ )

Вычисляется крутящий момент, который необходимо применить к сферическому торцу ( $d_m = 35$  мм) гайки для создания усилия закрепления 10000 Н.

По таблице (см. приложения) определяется тип головки гайки. Принимаем усилие на ключе равным 150 Н и получаем длину ключа ( $L$ ) равной примерно 200 мм.

Для гайки со сферической головкой определяем КПД ( $\eta$ ) винтовой пары по формуле:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}$$

Полученное значение  $\eta < 0,4$ , следовательно винтовой механизм является самотормозящим. Если будет получено значение  $\eta > 0,4$ , то выбирается резьба с мелким шагом.

Затем проводится контроль рабочей (сферической) поверхности гайки на контактную прочность по формуле:

$$\sigma \approx 620 \sqrt{\frac{W}{\tau^2}} = [\sigma]_{кн}$$

Если контактное напряжение ( $\sigma$ ) меньше допустимого контактного напряжения  $[\sigma]_{кн}$ , то принимается данная форма гайки. Если больше  $[\sigma]_{кн}$ , то изменяется форма или размеры рабочей поверхности гайки.

Целесообразно также провести проверку на прочность (на срез резьбы) по формуле:

$$T_{ср} = \frac{W}{\pi d_o K_n H} \leq [T_{ср}],$$

где  $T_{ср}$  – направление среза резьбы,  
 $d_o$  – внутренний диаметр резьбы,  
 $K_n$  – коэффициент полноты резьбы ( $K_n = 0,87$ ),  
 $H$  – длина наворачивания (ввертывания) гайки ( $H \approx 1,5d_{ном}$ ),  
 $d_{ном}$  – номинальный диаметр резьбы,  
 $[T_{ср}]$  – допустимое напряжение на срез,  
 $([T_{ср}]) = (0,15 \dots 0,2) \sigma m$ .

## 5.2. Пример расчета эксцентрикового механизма

Эксцентриковый механизм с круглыми кулачками осуществляет непосредственное закрепление плоской заготовки на опорах приспособления (рис. 5.2).

Исходя из того, что размер заготовки  $H$  имеет допуск  $T$ , то размер заготовки может иметь максимальный ( $H_{max}$ ) и минимальный ( $H_{min}$ ) размеры.

Исходя из требований эргономики и удобства управления, угол поворота ( $\gamma$ ) эксцентрика также имеет ограничения (обычно  $\gamma < 180^\circ$ ).

Усилие закрепления ( $W$ ) эксцентриком обычно не превышает  $2000 H$ .

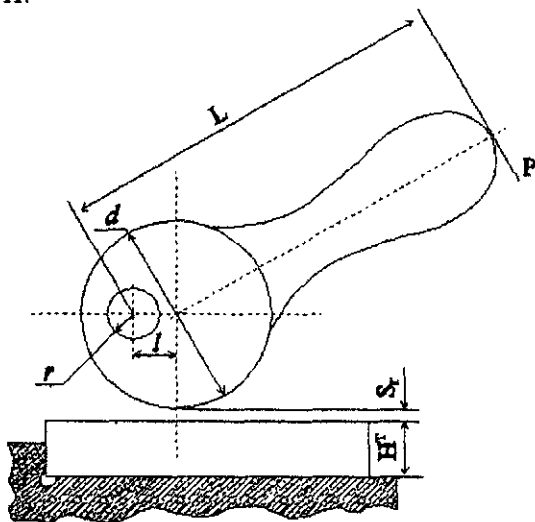


Рис. 5.2. Схема эксцентрикового зажимного механизма

Если угол поворота ( $\gamma$ ) эксцентрика не имеет ограничения, то эксцентриситет ( $e$ ) кулачка определяется по формуле:

$$e = 0,5(S_r + \Delta h + T + \frac{W}{j}),$$

где  $S_r$  – гарантированный зазор для свободной установки заготовки под эксцентрик ( $S = 0,2 \dots 0,4$  мм).

$\Delta h$  – запас хода эксцентрика (предохраняющий его переход через мертвую точку) с учетом погрешности его изготовления и износа ( $\Delta h = 0,4 \dots 0,6$  мм);

$T$  – допуск на размер ( $H$ ) заготовки (из чертежа заготовки)

$W$  – заданное зажимное усилие;

$j$  – жесткость эксцентрикового механизма ( $j \approx 15000$  Н/мм)

В том случае когда угол поворота эксцентрика ограничен, то эксцентриситет определяется по формуле:

$$e = \frac{S_r + T + \frac{W}{j}}{1 - \cos \gamma}$$

Затем определяется радиус цапфы эксцентрика по формуле:

$$\tau = 0,5 \sqrt{\frac{W}{[\sigma_{см}]}}$$

где  $[\sigma]_{см} = 15 \dots 20$  Н/мм<sup>2</sup>.

Определяется ширина эксцентрика ( $B$ ), которая обычно равна двум радиусам цапфы, то есть  $B = 2\tau$ .

Затем определяется наружный диаметр ( $d$ ) эксцентрика по формуле:

$$d = 2 \frac{e - \rho_{тр}}{\sin \varphi},$$

где  $e$  – эксцентриситет;

$\rho_{тр}$  – радиус круга трения в цапфе эксцентрика

$$(\rho_{тр} = \tau f = 0,12 \dots 0,15\tau)$$

$\varphi$  – угол трения покоя ( $\varphi \approx 6^\circ$ )

Следующим этапом расчета является определение момента, который необходимо приложить к эксцентрику для надежного крепления заготовки с заданным усилием ( $W$ ), по формуле:

$$M = [1 + \sin(180^\circ - \gamma + \varphi)]eW.$$

После этого можно определить длину ( $L$ ) рукоятки эксцентрика по формуле:

$$L = \frac{M}{P},$$

где  $p$  – усиление на рукоятке ( $p = 150H$ ).

Для обеспечения износостойкости эксцентрики обычно изготавливают из стали типа 20Х (малоуглеродистых сталей) с последующей цементацией на глубину примерно 10 мм и закаляются до твердости  $HRC_3$ , 56...61. Большинство деталей эксцентриковых механизмов стандартизованы, поэтому по мере расчетов необходимо подбирать стандартизованные размеры, приближая расчетные размеры к наибольшим стандартизованным значениям.

### 5.3. Пример расчета клино-плужерного механизма

Клино-плужерные силовые механизмы позволяют обеспечить значительные усилия зажима при относительно небольших усилиях силовых приводов, что позволяет уменьшить общие габариты станочных приспособлений и, следовательно, их металлоемкость. Однако при реализации указанных преимуществ может иметь место потеря хода силового привода.

Для идеального клино-плужерного механизма (рис. 5.3.) сила на плужере ( $W$ ) определяется по формуле:

$$W_{ид} = Q \cdot 1 / \operatorname{tg} \alpha.$$

Ход плужера определяется по формуле:

$$S_{пл} = S_{кл} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $Q$  – сила на штоке;

$S_{кл}$  – ход клина;

$\alpha$  – угол скоса клина.

Для определения силы  $W$  на плужере реального клино-плужерного механизма необходимо учитывать силы трения, которые возникают на сопрягаемых поверхностях: «скос клина – скос плужера», «клин – опорная поверхность клина», «плужер – направляющая поверхность плужера».

На рис. 5.4 представлена схема сил, действующих на заготовку, перемещаемую силой  $Q$  с постоянной скоростью. Сила



нормального давления  $N$  и сила трения  $F$  связаны зависимостью:

$$\frac{F = N \cdot f}{f = F / N},$$

где  $f$  – коэффициент трения взаимосопрягаемых поверхностей.

Величина коэффициента трения зависит от состояния поверхности (от шероховатости, наличия смазки, влажности и др.) Из треугольника сил, представленного на *рис. 5.4*, следует:

$$F / N = \operatorname{tg} \varphi,$$

$$\text{т.е. } \operatorname{tg} \varphi = f$$

$$\text{или } \varphi = \operatorname{arctg}(f),$$

где  $\varphi$  – угол трения, т.е. угол, на который отклоняется равнодействующая  $R$  в сторону, противоположную скорости перемещения.

На рисунке 5.5 представлена система сил, действующая на клин реального клино-плунжерного механизма. Из условия равновесия клина, находящегося под действием сил, представленных на *рис. 5.5*, можно получить следующую зависимость:

$$Q = P + F_1,$$

где  $Q$  – внешняя сила, действующая на клин;

$P$  – проекция равнодействующей силы  $R$  на направление перемещения клина;

$R$  – равнодействующая сил нормального давления  $N$  и трения  $F$  по поверхности скосов клина и плунжера;

$F_1$  – сила трения на сопряженных поверхностях клина и опоры.

Сила трения на сопряженных поверхностях клина и опоры определяется по формуле:

$$F_1 = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_1.$$

Проекция равнодействующей силы ( $R$ ) на направление перемещения клина определяется по формуле:

$$P = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$

где  $W$  – проекция равнодействующей силы  $R$  на направлении перемещения плунжера.

Внешняя сила, действующая на клин, определяется по формуле:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + W \cdot \operatorname{tg} \varphi_1.$$

Из последнего уравнения определяется зависимость силы  $W$ , действующей между плунжером и клином, от внешней силы  $Q$ :

$$W' = Q \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_1)}.$$

Данная зависимость определения силы  $W$  на плунжере, в отличие от зависимости для идеального механизма, учитывает потери на преодоление сил трения в реальном механизме.

Коэффициент при силе  $Q$  в дальнейшем будем называть передаточным отношением сил ( $i$ )<sub>с</sub>.

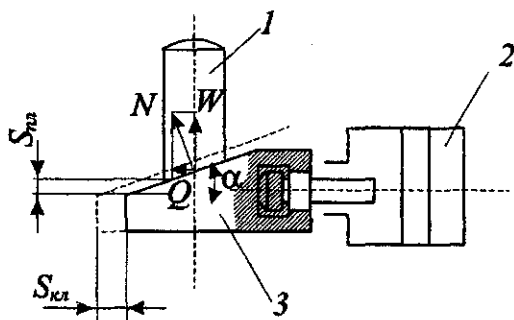


Рис. 5.3. Схема идеального клино-плунжерного механизма  
1 – плунжер, 2 – привод механизма, 3 – клин

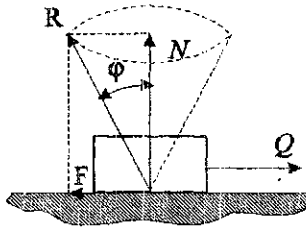


Рис. 5.4. Схема сил действующих на перемещаемую заготовку

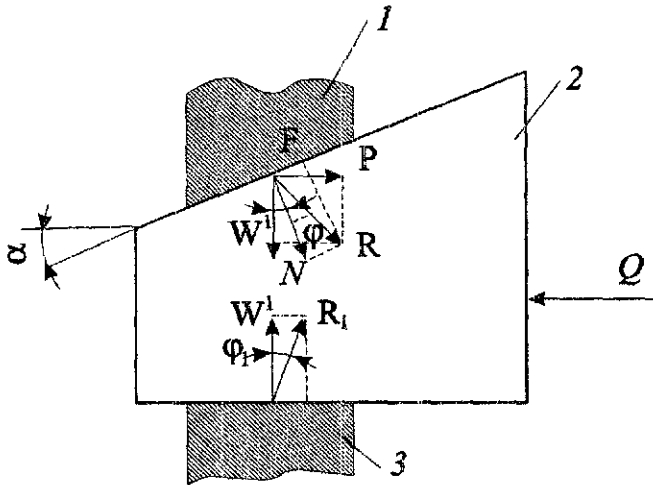


Рис. 5.5. Схема сил, действующая на клин реального  
 клино-плунжерного механизма  
 1 – плунжер, 2 – клин, 3 – спора клина

Для многоплунжерных клиновых механизмов сила  $W$ , определяется по формуле:

$$W' = Q \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)},$$

При  $F_1 = 0$ , клин находится во взаимоуравновешенном состоянии между плунжерами.

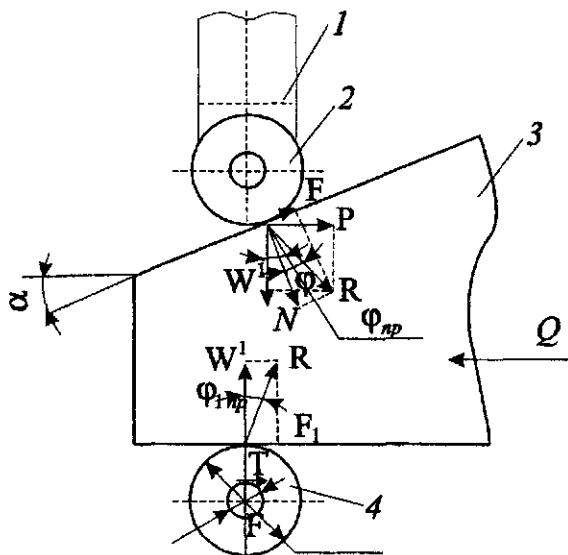


Рис. 5.6. Схема клина находящегося между элементами качения  
1 – плунжер, 2, 4 – ролики (элемент качения), 3 – клин

Рассмотрим клин, представленный на рис. 5.6, и систему сил, действующих на него. В отличие от клина, представленного на рис. 5.5, данный реальный клино-плунжерный механизм оснащен роликами на плунжере (2) и в опоре клина (4). Это обеспечивает снижение потерь на преодоление сил трения за счет замены трения скольжения трением качения. Формула для определения силы  $W$  остается той же, однако угол трения скольжения  $\varphi$  должен быть заменен углом трения качения  $\varphi_{np}$ , а коэффициент трения скольжения  $\text{tg } \varphi$  – коэффициентом трения качения  $\text{tg } (\varphi_1)$ , т.е.:

$$\text{tg } (\varphi_{np}) = \text{tg } (\varphi) \cdot d / D,$$

$$\varphi_{np} = \arctg (\text{tg } (\varphi) \cdot d / D).$$

Аналогичным образом, рассмотрев ролик плунжера, получаем зависимость:

$$\varphi_{np} = \arctg \varphi \cdot d / D,$$

где:  $d$  – диаметр оси ролика;

$D$  – диаметр ролика.

Диаметр ролика определяется путем расчета на смятие или срез. Диаметр ролика в подавляющем большинстве конструкций принимают равным двум диаметрам оси:

$$D = 2d.$$

Следовательно:

$$\operatorname{tg}(\varphi_{1np}) = \operatorname{tg}(\varphi_1) \frac{d}{D} = 0,5 \operatorname{tg}(\varphi_1).$$

Определив потери на преодоление сил трения на клине реальных клино-плунжерных механизмов, необходимо учесть потери на преодоление сил трения в направляющих плунжера. На *рис. 5.7* представлен двухопорный плунжер с действующими на него силами. Из условия равновесия можно записать:

$$N_2 = P;$$

$$W = W - F_2,$$

где  $N_2$  – сосредоточенная сила равномерно распределенной нагрузки направляющей плунжера;

$P$  – проекция равнодействующей силы  $R$  на направление перемещения клина (см. *рис. 5.5*)

$W$  – проекция равнодействующей силы  $R$  на направление перемещения плунжера;

$W$  – сила взаимодействия плунжера с зажимаемой заготовкой;

$F_2$  – сила трения в направляющих плунжера;

Сила трения в направляющих плунжера определяется по формуле:

$$F_2 = N_2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi_2) = \operatorname{tg}(\varphi_2).$$

Определим силу  $W$ , зная что:

$$W' = Q \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_1)};$$

$$P = W' \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi).$$

Получим:

$$W = W' - F_2 = Q \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_1)} - Q \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_2)}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_1)}.$$

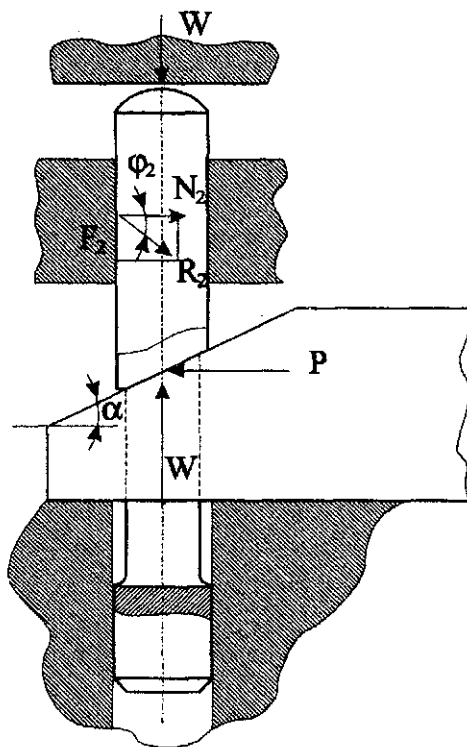


Рис. 5.7. Схема двухпорного плунжера

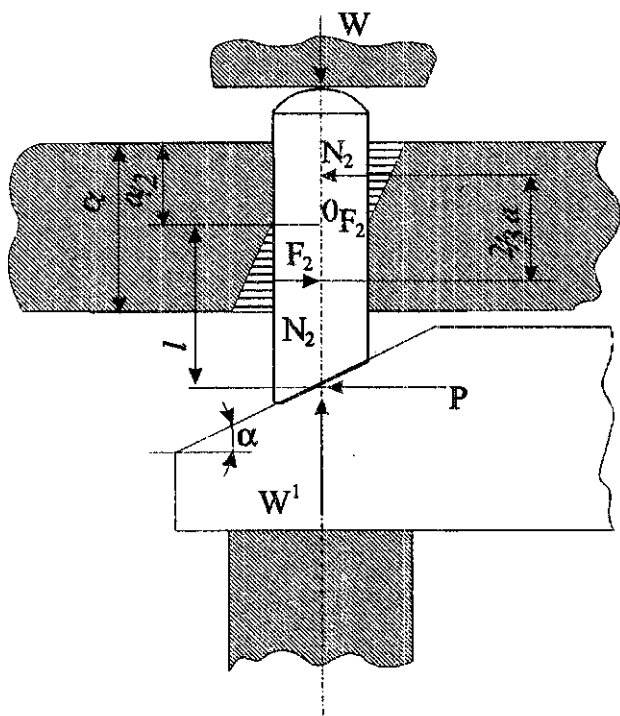


Рис. 5.8. Схема консольного плунжера

Преобразовав представленное равенство, получаем формулу для определения силы  $W$  реального клино-плунжерного силового механизма с двухпорным плунжером без роликов:

$$W = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_2)}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_1)}$$

На рис. 5.8 показан консольный плунжер и система сил, действующих на него. Под действием силы  $P$  плунжер изменяет свое положение (в сравнении с идеальным) в пределах зазора в направляющей втулке. Силы нормального давления распределяются по закону треугольников. Сосредоточенные силы  $N_2$  располагаются на расстоянии  $1/3a$  от вершины треугольников.

Уравнение равновесия плунжера от действия моментов сил  $P$  и  $N_2$  относительно точки  $O$  имеет вид:

$$P \cdot 1 = N_2 \cdot \frac{2}{3} a,$$

а т.к.  $F_2 = N_2 \cdot f_2$  или  $N_2 = \frac{F_2}{f_2} = \frac{F_2}{\operatorname{tg}(\varphi_2)}$ ,

то  $P \cdot 1 = \frac{2F_2}{\operatorname{tg}(\varphi_2)} \cdot \frac{\alpha}{3}$ .

Следовательно:

$$2F_2 = P \frac{31}{2} \operatorname{tg}(\varphi).$$

Из последнего уравнения следует, что

$$\frac{31}{\alpha} \operatorname{tg}(\varphi_2) = \operatorname{tg}(\varphi_{2np}).$$

Из условия равновесия плунжера следует:

$$W = W - 2F_2$$

Заменяя в этом уравнении значения  $W$  и  $2F_2$  через  $Q$  (аналогично выводу по двухпорному плунжеру), получим:

$$W = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_{2np})}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}(\varphi_1)}$$

Имея полученные зависимости, легко определить силу  $W$  на плунжере любого конструктивного исполнения реальных кинно-плунжерных механизмов.

Коэффициент потерь на преодоление сил трения в реальных механизмах равен:

$$n = W / W_{уд},$$



а т.к.  $W$  реального механизма

$$W = Q \cdot i_c,$$

$$W_{ид} = Q \frac{1}{tg(\alpha)},$$

$$\text{то } n = i_c \cdot tg(\alpha),$$

где  $i_c$  – передаточное отношение сил.

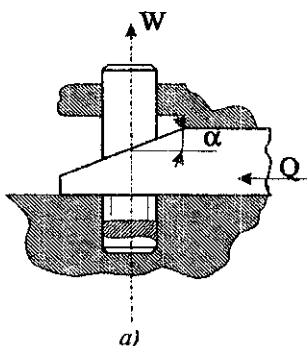
На *рис. 5.9* и *5.10* приведены конструктивные исполнения реальных клино-плунжерных силовых узлов и даны формулы определения передаточных отношений сил.

Кроме того, даны величины  $i$  и  $n$  для углов скоса клина  $2^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ .

При этом принято:

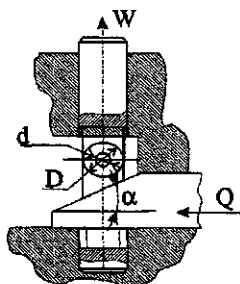
$$\varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 43', \text{ т.е. } f = 0,1.$$

$$d/D = 0,5; \quad l/a = 0,7.$$



$$i = 1 - tg(\alpha + Y) \cdot tgY_2 / tg(\alpha + Y) + tgY_1$$

$\alpha^\circ$	2	5	10	15
$i$	4,20	3,40	2,55	2,00
$r$	0,15	0,30	0,45	0,54

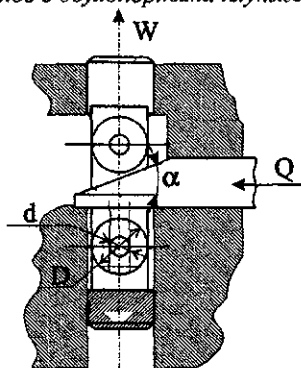


б)

$$i = 1 - \operatorname{tg}(\alpha + Y_{np}) \cdot \operatorname{tg} Y_2 / \operatorname{tg}(\alpha + Y_{np}) + \operatorname{tg} Y_1$$

$\alpha^0$	2	5	10	15
i	5,35	4,14	3,0	2,30
r	0,19	0,36	0,53	0,61

Рис. 5.9, а,б Конструктивные исполнения клино-плунжерных силовых узлов с двухпорными плунжерами

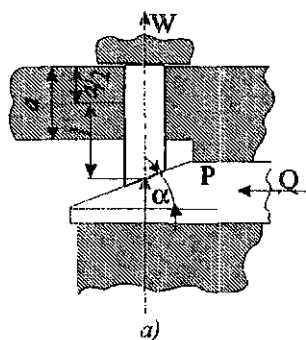


в)

$$i = 1 - \operatorname{tg}(\alpha + Y_{np}) \cdot \operatorname{tg} Y_2 / \operatorname{tg}(\alpha + Y_{np}) + \operatorname{tg} Y_{1np}$$

$\alpha^0$	2	5	10	15
i	7,33	5,24	3,51	2,60
r	0,26	0,46	0,62	0,70

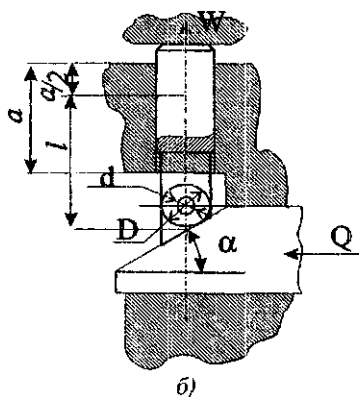
Рис. 5.9, в Конструктивные исполнения клино-плунжерных силовых узлов с двухпорными плунжерами



$$i = 1 - \operatorname{tg}(\alpha + Y) \cdot \operatorname{tg} Y_{2np} / \operatorname{tg}(\alpha + Y) + \operatorname{tg} Y_1$$

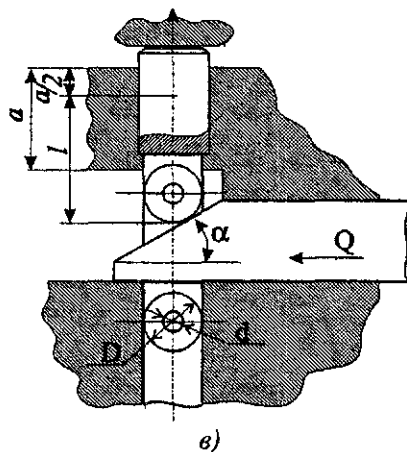
$\alpha^0$	2	5	10	15
$i$	4,12	3,32	2,47	1,92
$r$	0,14	0,29	0,44	0,52

Рис. 5.10, а Конструктивные исполнения клино-плунжерных силовых узлов с несколькими плунжерами



$$i = 1 - \operatorname{tg}(\alpha + Y_{np}) \cdot \operatorname{tg} Y_{2np} / \operatorname{tg}(\alpha + Y_{np}) + \operatorname{tg} Y_1$$

$\alpha^0$	2	5	10	15
$i$	5,30	4,07	2,90	2,20
$r$	0,19	0,36	0,51	0,59



$$i = 1 - \operatorname{tg}(\alpha + Y_{np}) \cdot \operatorname{tg} Y_{2np} / \operatorname{tg}(\alpha + Y_{np}) + \operatorname{tg} Y_{1np}$$

$a^0$	2	5	10	15
$i$	6,60	5,16	3,40	2,50
$\gamma$	0,23	0,45	0,60	0,67

Рис. 5.10, б, в Конструктивные исполнения клино-плунжерных силовых узлов с несколькими плунжерами

#### 5.4. Пример расчета рычажно-шарнирного механизма

На рис. 5.11 представлена схема однорычажного силового механизма с ползуном в опоре и прихвате. Внешняя сила  $Q$ , действуя на ползун 1, перемещает его вправо по направляющей плоскости приспособления. Рычаг 2, шарнирно соединенный с ползуном 1 и прихватом 3, совершает сложные движения – плоскопараллельные и вращательные вокруг мгновенного центра.

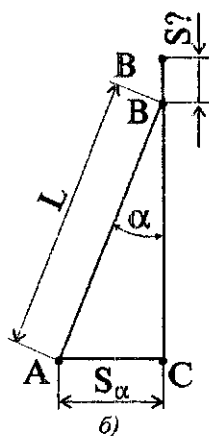
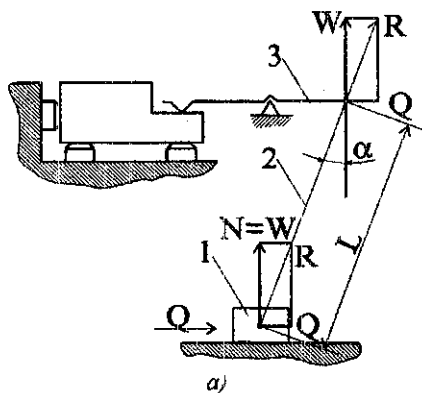


Рис 5.11 Расчетная схема однорычажного механизма

Для идеального механизма, в котором не учитываются силы трения, по линии центров шарниров рычага действует сила  $K$ . Разложим указанную силу  $K$  на два взаимно перпендикулярных направления. Из треугольника сил получим:

$$W_{\text{уг}} = Q / \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $W$  – сила зажимной заготовки;  $H$ ;  
 $\alpha$  – угол наклона рычага; град.

Передаточное отношение сил ( $i_c$ ) идеального механизма будет определяться по формуле:

$$i_c = 1/\operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

или

$$W_{ug} = Qi_c \quad (3)$$

Следовательно, для идеального механизма при  $a \rightarrow 0$   $W \rightarrow \infty$ .

Для определения величин перемещения шарниров рычага необходимо определить  $S_w$  – перемещение по направлению действия силы  $W$ , при перемещении второго шарнира  $S_q$  – по направлению действия силы  $Q$  (см. рис. 5.11, б).

При вертикальном «стационарном» положении размер рычага  $B'C = L$ .

Следовательно:

$$S_w = B'B = L - BC.$$

В свою очередь,  $BC = L \cos \alpha$  т.е.

$$S_w = L - L \cos \alpha = L \cdot (1 - \cos \alpha).$$

Из треугольника ABC получим:

$$S_q = L \cdot \sin \alpha.$$

Указанные соотношения остаются неизменными как для идеальных, так и для реальных механизмов.

$S_w = L \cdot (1 - \cos \alpha)$ , который часто называют запасом хода при  $\alpha \rightarrow 0$ ,  $W \rightarrow 0$ , т.к.  $\cos \alpha \rightarrow 1$ .

Для обеспечения надежной работы механизма рекомендуется выбрать длину рычага  $L$ , учитывая возможность размещения его в конструкции приспособления, а угол  $\alpha$  не должен быть меньше  $5^\circ$  и не более  $45^\circ$  при зажиме заготовки с идеальным размером.

Потери на трение в шарнирах рычагов возникают в результате того, что рычаги совершают сложное движение, следовательно, имеют место сила трения скольжения по цилиндрическим поверхностям и сила трения качения. Обобщенная сила трения учитывается обобщенным углом трения  $\beta$ , который заключен между прямой, проведенной через центры шарниров рычага, и общей касательной к окружности трения (см. рис. 5.12)

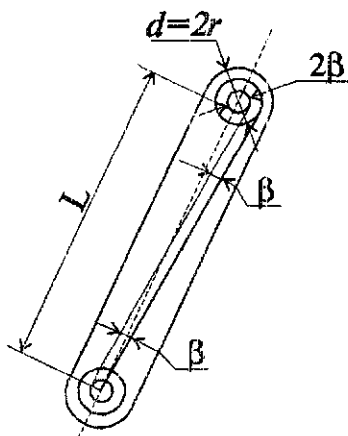


Рис. 5.12.

Радиус окружности трения  $\rho = \tau F$ ,

где  $\tau$  – радиус шарнира, мм;

$F$  – коэффициент трения скольжения.

Если общую касательную к окружностям трения переместить параллельно самой себе на величину  $\rho$ , то получим прямоугольный треугольник с катетом, равным  $2\rho$ , гипотенузой, равной  $L$  (межцентровое расстояние), и углом при вершине  $\beta$ .

Из указанного треугольника находим (см. рис. 5.12)

т.к.  $\rho = r \times f$ , то

$$L = \sin \beta = 2\rho$$

или

$$\sin \beta = d / L \times f,$$

где:  $d = 2\tau$  – диаметр шарнира, мм.  $\arcsin \beta = d / L \times f$ .

Величины угла  $\beta$  весьма незначительны, т.к. при отношении  $d/L = 0,2$  коэффициент трения скольжения  $f = 0,1$ ;  $\beta = 1^\circ 9'$ .

На рис. 5.13 в центре шарнира представлена обобщенная сила трения  $F$  и равнодействующая  $R$  под углом  $\beta$  к линии, проходящей через центры шарниров, – направлению силы  $R_{ид}$  идеального механизма.

Проекция силы  $R$  на горизонтальное и вертикальное направления определяют величины сил  $P$  и  $W$  реального механизма.

На рис 5.13 показана схема сил, действующих на поверхности контакта ползуна с направляющей приспособления. Сила трения скольжения определяется по формуле:

$$F_1 = W \times f_1 = W \times \operatorname{tg} \varphi.$$

Из треугольника сил находим:  $P = W \times \operatorname{tg} (\alpha + \beta)$ .

Подставим это значение силы в первую формулу, получим следующее равенство:

$$W \times \operatorname{tg} (\alpha + \beta) = Q - W \times \operatorname{tg} \varphi_1.$$

Преобразовав это равенство, получим:

$$W = (1/\operatorname{tg} (\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_1) \times Q.$$

Следует учитывать, что выражение  $1/\operatorname{tg} (\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_1$  является передаточным отношением сил в реальном механизме ( $i_c$ ).

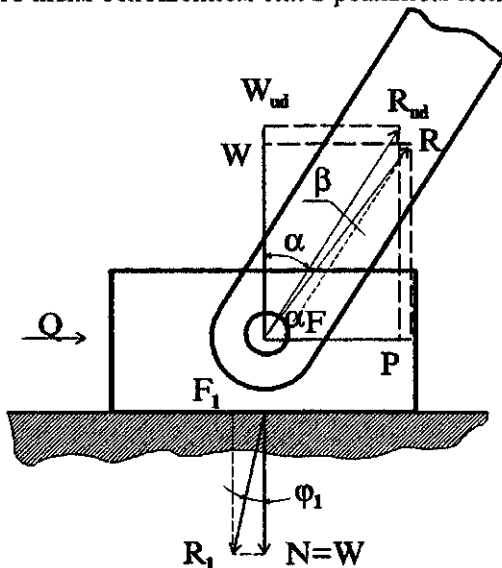
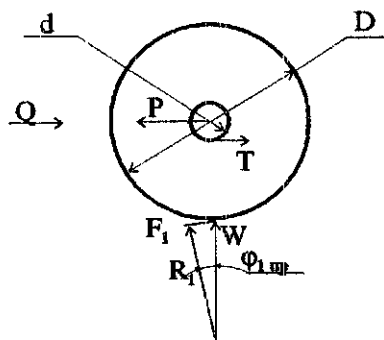


Рис. 5.13. Схема сил, действующих на поверхности контакта ползуна с направляющей приспособления



Для определения потерь на преодоление сил трения в однорычажном шарнирном механизме с роликовой опорой и прихватом рассмотрим ролик опоры с действующими на него силами, изображенными на *рисунке 5.14*, из которого видны направления сил действующего рычага  $P$  и  $W$ , реакция сил со стороны направляющей приспособления  $W$ , где  $Q$  внешняя сила.



*Рис. 5.14. Схема ролика опоры с действующими на него силами*

Ролик, перемещаясь по направляющей, вращается вокруг оси шарнира, и, следовательно, в точке контакта с ней имеет место сила трения скольжения  $T$ . В точке контакта ролика с направляющей имеет место сила трения качения  $F_1$ . Составим уравнение моментов относительно центра ролика:

$$F_1 \cdot D/2 = T \cdot d/2 \text{ т.к. } F_1 = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_{1np}, T = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_1$$

$$W = \operatorname{tg} \varphi_{1np} \cdot D/2 = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot d/2$$

или

$$\operatorname{tg} \varphi_{1np} = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot d/D$$

Следовательно, приведенный угол трения можно определить по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi_{1np} = \operatorname{arctg} \varphi_1 \cdot d/D$$

Если принять отношение  $d/D = 0,5$  (часто встречающиеся конструкции) и коэффициент трения и скольжения  $f_1 = 0,1 = \operatorname{tg} \varphi_1$ , то

$$\operatorname{tg} \varphi_{1np} = 0,1 \times 0,5 = 0,05.$$

В конечном итоге для однорычажного механизма с роликовой опорой сила  $W$  может быть определена по формуле:

$$W = (1/\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_1) \times Q.$$

Для определения потерь на преодоление сил трения в плунжерных исполнениях однорычажных механизмов рассмотрим плунжер с системой сил, приложенных к нему (см. рис. 5.15). Из этого рисунка видно направление сил действующего рычага  $W$  и  $P$  и силы нормального давления от направляющей плунжера ( $N$ ),  $F_2$  — силы трения скольжения в направляющих плунжера ( $F_2$ ); равнодействующая сил  $N$  и  $F_2$  ( $R_2$ ) и сил реакции от зажимаемой заготовки ( $W_p$ ).

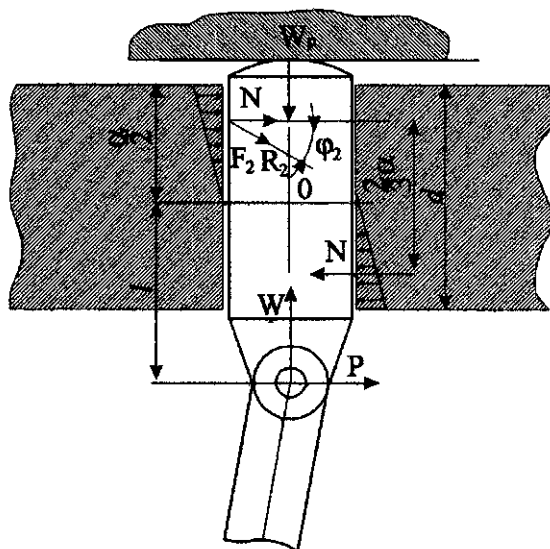


Рис. 5.15 Схема однорычажного механизма

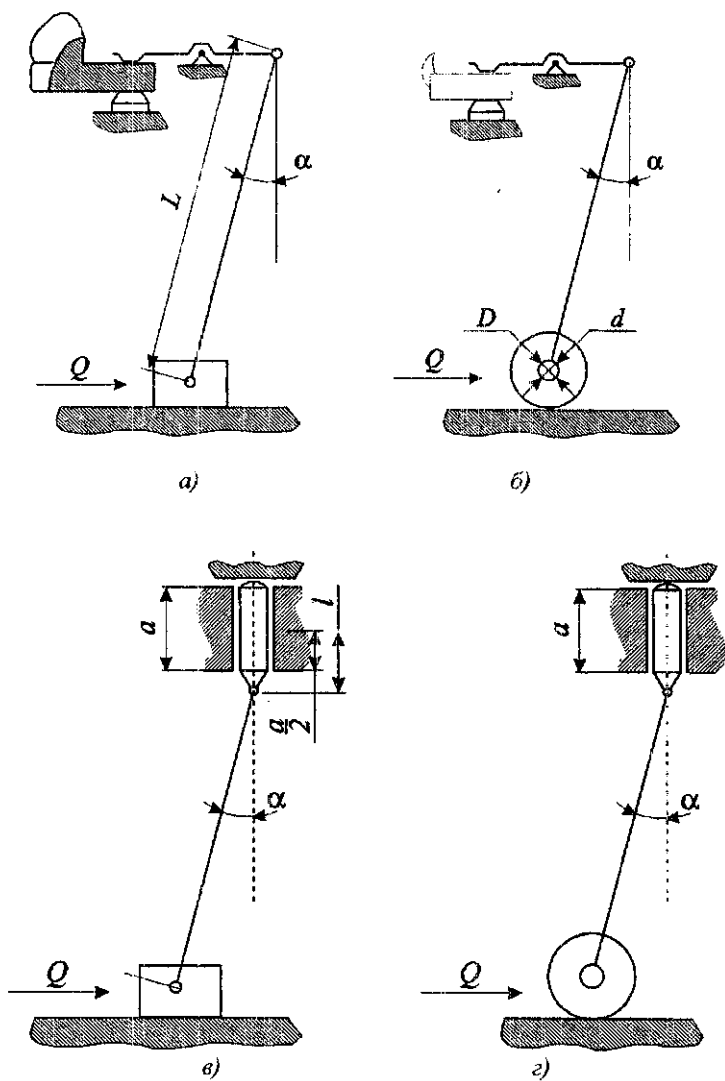


Рис. 5.16. Схемы однорычажных силовых механизмов

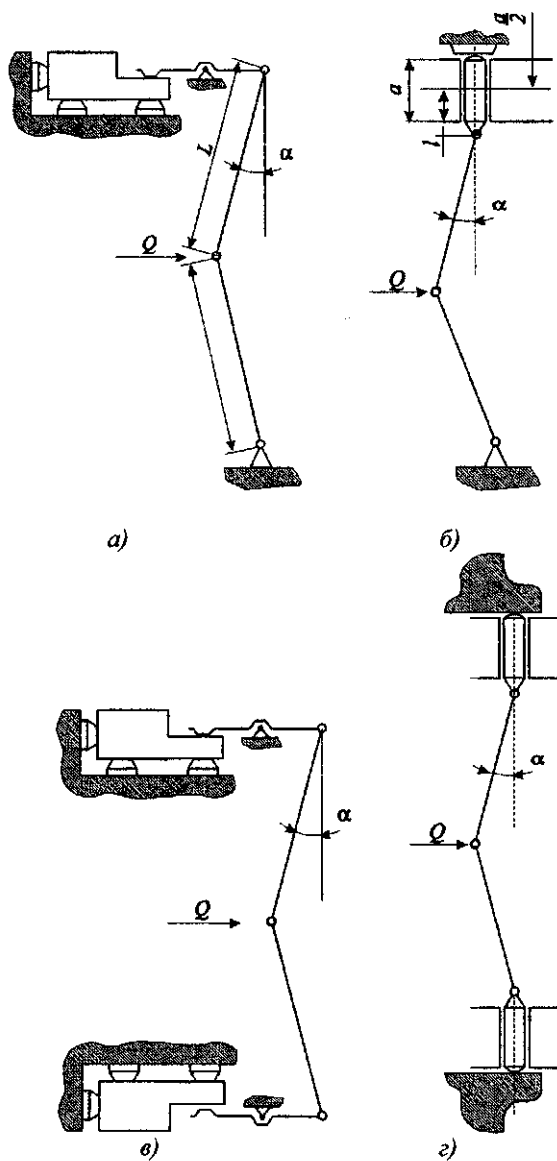


Рис. 5.17. Схемы двухрычажных силовых механизмов

Плунжер под действием силы  $P$  разворачивается в направляющих относительно точки  $O$  в пределах регламентируемого зазора. Силы нормального давления между плунжерами и направляющей распределяются по закону треугольника. Сосредоточенные силы нормального давления  $N$  расположены на расстоянии  $2/3$  от вершин, т.к. высота треугольника равна  $a/2$ , расстояние между силами  $N$  равно  $2a/3$ . Составим уравнение относительно точки  $O$ :

$$P \times L = N \times 2/3a$$

Выразим  $N$  через силу трения скольжения  $F_2$

$$F_2 = Nf_2 = N \times tg \varphi_2; N = F_2 / tg \varphi_2$$

$PL = (2F_2 \times \alpha) / (3tg \varphi_2)$  определим отсюда  $2F_2$ :

$$2F_2 = (P \times 3L / a) \times tg \varphi_2$$

Если  $(3L / a) \times tg \varphi_2$  обозначить как  $tg \varphi_{2np}$ , то получим:

$$2F_2 = P \times tg \varphi_2$$

Из схемы сил (рис. 5.15.) видно, что,  $W_p = W - 2F_2$ , следовательно:

$$W_p = W - P \times tg \varphi_{2np}.$$

Подставляя в формулу значения

$$W = (1 / tg(\alpha + \beta) + tg \varphi) \times Q$$

$$P = W \times tg(\alpha + \beta),$$

последовательно преобразовывая в зависимости от исполнения опор (с ползуном или роликом), окончательно получим расчетные зависимости для схем однорычажных механизмов с плунжерами.

Для однорычажных силовых механизмов (рис. 5.16, в) с условием трения скольжения:

$$W_p = ((1 - tg(\alpha + \beta) \times tg \varphi_{2np}) / tg(\alpha + \beta) + tg \varphi_1) \times Q$$

Для схемы по рис. 5.16, г с условием трения качения:

$$W_p = ((1 - tg(\alpha + \beta) \times tg \varphi_{2np}) / tg(\alpha + \beta) + tg \varphi_{1np})$$

На основании вышеизложенных зависимостей, определяющих потери на преодоление сил трения, запишем формулы двурычажных шарнирных силовых механизмов, схемы которых представлены на *рис. 5.17 а, б, в, г*.

Для двурычажного шарнирного механизма одностороннего действия с прихватом (*рис. 5.17*):

$$W = (Q/2) \times (1/\operatorname{tg}(\alpha + \beta)),$$

В данном случае имеет место уменьшение силы  $W$  вдвое, но увеличивается запас холода.

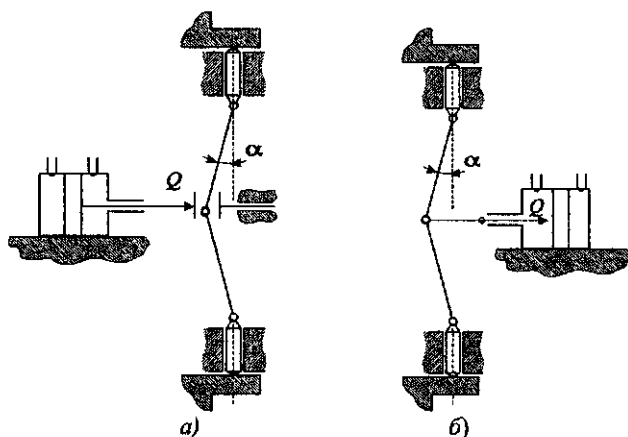
$$Sw = 2L \times (1 - \cos \alpha).$$

Для того же механизма, но с плунжером *рис. (5.17 б)* зависимость принимает вид:

$$W = (Q/2 \times ((1 - \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \times \operatorname{tg} \varphi_{2np})) / \operatorname{tg}(\alpha + \beta)).$$

Двурычажные шарнирные механизмы двухстороннего действия (*рис. 5.17 в и г*) в конструкциях станочных приспособлений применяются в двух исполнениях:

- самоцентрирующиеся (*рис. 5.18 а*);
- самоустанавливающиеся («планирование») (*рис. 5.18 б*).



*Рис. 5.18. Схемы двурычажных механизмов с силовым приводом*

При проектировании рычажно-шарнирных механизмов по необходимости производят прочностные расчеты диаметров пальцев шарниров и расчеты на продольную устойчивость рычагов при значительных их длинах. Кроме того, необходимо обеспечить высокую износостойкость шарнирных соединений за счет подбора используемых материалов и их термической обработки или за счет применения износостойких покрытий. При игнорировании этих требований эксплуатационная долговечность резко снижается, и механизмы становятся непригодными для эксплуатации в зоне малых углов ( $\alpha = 2 \dots 7^\circ$ ) из-за увеличения зазоров в шарнирных соединениях.

## **ГЛАВА 6. ПРИМЕР ВАРИАНТА ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

### **6.1. Задание на проектирование станочного приспособления для токарной обработки шестерни**

Станочное приспособление предназначена для сокращения вспомогательного времени на установку и закрепление заготовки, возможности расширения многостаночного обслуживания, интенсификации режимов резания и обеспечения безопасные условий работы операторов и наладчиков.

Технологическая оснастка должна расширять технологические возможности любого оборудования, способствовать увеличению номенклатуры обрабатываемых заготовок, повышению производительности труда и быстрому освоению производства новых изделий, облегчать условия труда рабочих.

Техническое задание на проектирование станочного приспособления:

«Спроектировать станочное приспособление для обработки шестерни распределительного вала на операции 010 (токарная) на токарно-вертикальном 8-ми шпиндельном полуавтоматическом станке модели 1К282».

Исходные данные:

- чертеж детали и заготовки (*рис. 6.1*);
- деталь обрабатывается на токарной операции 010;
- чертеж наладки на операцию 010;
- оборудование: токарно-вертикальный 8 – шпиндельный полуавтомат, модель 1К282.

Габариты станка: 3750x3250x4500 мм

Мощность электродвигателя:

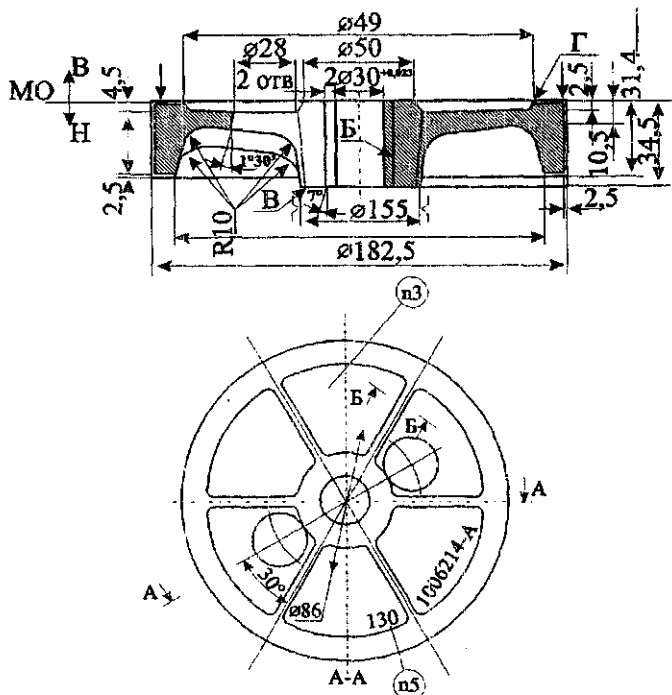
- гидропривода 5,5 кВт;
- поворота 2,2 кВт;
- охлаждения 3 кВт;
- главного привода 27,5 кВт
- $n = 40 \dots 400 \text{ мин}^{-1}$
- $S = 0,03 \dots 3 \text{ мм/об}$ ;
- инструмент: токарный резец;
- технологические базовые поверхности обработки детали (*рис. 6.2*);
- техническая карта обработки;
- режимы резания: глубина резания – 3 мм, подача 0,3 мм/об., число оборотов –  $136 \text{ мин}^{-1}$ , скорость резания – 75 мм/мин;
- энергоносители цеха или участка:
- централизованная система подачи сжатого воздуха,
- гидростанции станков,
- электроэнергия: трехфазный ток;

Дополнительные данные:

- программа выпуска 220 000 шт./год,
- режим работы: 2 смены,

Транспортировка заготовок осуществляется ПГК, подача СОЖ в процессе обработки имеется, специальное средство автоматизации отсутствует.





### Технические условия

1. Не указанные литейные радиусы не более 3 мм.
2. Не указанные формовочные уклоны не более 2
3. Поверхность окрасить материалами по ОСТ 37.002.0518-80
4. На необработанных поверхностях допускается раковина размером не более 5 мм и глубиной не более 2 мм
5. На обработанных поверхностях шестерни, кроме поверхности В рабочих поверхностях зубьев, допускаются отдельные раковины глубиной не более 1,5 мм
6. Допускается изготовление из чугуна марки СЧ-15 ОСТ 37.002.0988-83
7. Остальные технические требования по ТУ 37 365.042-84

Рис. 6.1. Шестерня распределительного вала

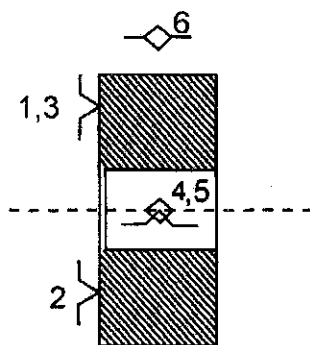


Рис. 6.2. Схема базирования заготовки  
 1, 2, 3 – установочные базы, 4, 5 – направляющая базы,  
 6 – опорная база

## 6.2. Анализ технического задания

На данной операции производится токарная обработка наружного диаметра и одного из торцов заготовки. Данная операция является определяющей по получению основных размеров шестерни. Следовательно, к этой операции предъявляются повышенные требования к точности обработки.

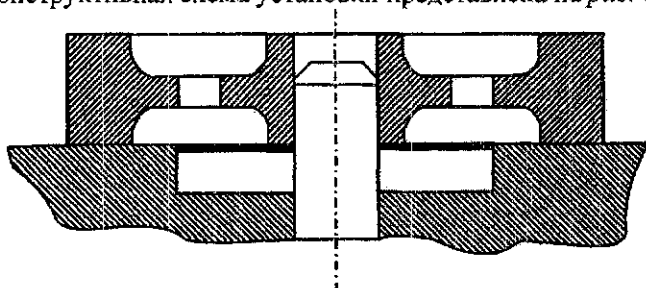
Из анализа исходных данных следует, что обработка многопозиционная.

В процессе обработки на заготовку действуют составляющие силы резания  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$ , а также крутящий момент  $M_{кр}$  от силы  $P_z$ . В связи с тем, что обработка происходит на многопозиционном станке, необходимо определить, на какой позиции и какой инструмент в процессе обработки обеспечивает максимальную силу резания, и относительно этого инструмента производить расчет зажимного приспособления.

В исходных данных было отмечено, что базами при обработке являются центральное отверстие и один из торцов. Данную схему часто применяют при обработке деталей такого класса. При расчете необходимо рассмотреть вопрос о центрировании заготовки по отверстию для обеспечения заданной точности. Учитывая заданную программу выпуска (220000

штук), силовой привод данного приспособления необходимо выбрать механизированным.

Конструктивная схема установки представлена на *рис. 6.3*.



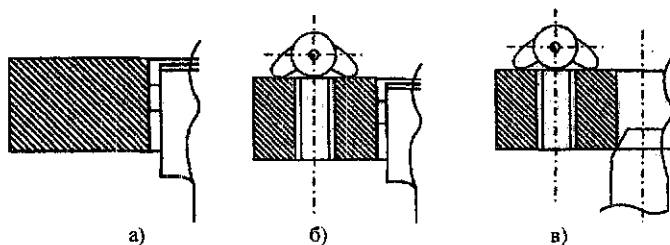
*Рис. 6.3. Конструктивная схема установки*

### **6.3. Определение свободного пространства зоны обработки заготовки**

Проанализировав оборудование и инструмент (форму, расположение, направление подачи), мы видим, что максимальное расстояние между шпинделем станка и столом составляет 400 мм. Толщина заготовки составляет 35 мм. Таким образом, высота приспособления не должна превышать 265 мм, что обеспечивает возможность свободной установки и снятия заготовки.

### **6.4. Обоснование выбора схемы базирования заготовки**

Базирование заготовки можно осуществлять по следующим вариантам:



*Рис. 6.4. Варианты схемы базирования шестерни*

- базирование на многокулачковую самоцентрирующую оправку (*рис. 6.4а*)
- базирование на многокулачковую самоцентрирующую оправку с прижимными лапками (*рис. 6.4б*);
- базирование на самоцентрирующий подпружиненный конус с прижимными лапками (*рис. 6.4в*).

### **6.5. Расчет погрешности базирования заготовки**

При базировании по варианту, схема которого представлена на *рис. 6.4а*, погрешность базирования равна нулю. Но этот вариант неприемлем, так как отношение диаметра заготовки к диаметру самоцентрирующей многокулачковой оправки больше 5, что вызывает необходимость снижения режимов резания. Но в этом случае будут недостаточно полно использоваться технические возможности станка. Базирование по схеме *рис. 6.4б*, технически неосуществимо, так как станок имеет один пневмоцилиндр. Следовательно, для реализации базирования по данной схеме требуется модернизация станка.

По схеме *рис. 6.4в*, погрешность базирования равна погрешности на диаметральный зазор на подпружиненный конус, которая не превышает 0,05 мм.

Из сравнения данных вариантов видно, что лучшей схемой базирования является базирование на подпружиненный конус с прижимными лапками (см. *рис. 6.4в*).

### **6.6. Выбор установочной базы заготовки**

Установочными опорными элементами приспособления будут являться:

- самоцентрирующая оправка в виде цилиндра, имеющая подпружиненный конус с направляющей фаской;
- опорная плоскость, выполненная в виде кольца с наружным диаметром 185 мм и внутренним отверстием диаметром 140 мм.

Данные установочные элементы не могут быть применены как зажимные.

Они необходимы для установки заготовки с погрешностью базирования равной нулю.

## 6.7. Расчет составляющих сил резания на токарной операции

При обработке шестерни на токарном станке на нее будут действовать составляющие силы резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  и момент резания  $M_p$ . Из научно-технической литературы [1] известно, что  $P_x = 0,2 \dots 0,3 P_z$ ;  $P_y = 0,35 \dots 0,45 P_z$ ;  $M = P_z$ , следовательно необходимо проводить расчет зажимного приспособления относительно  $P_z$   $M_p$ . Данные диаметры рассчитываются по следующим зависимостям:

$$P_z = P_{zтаб} = K_1 K_2$$

$$P_{zтаб} = 2400H ([5], \text{стр. 35})$$

$$K_1 = 0,7 ([5], \text{стр. 36})$$

$$K_2 = 1 ([5], \text{стр. 35})$$

$$P_z = 2400 \cdot 0,7 \cdot 1 = 1680 (H)$$

$$M_p = P_z \cdot r = 1680 \cdot 88,7 = 149016 (H\text{мм})$$

## 6.8. Разработка схемы приложения сил зажима заготовки

Точки приложения сил зажима будут находиться на торце, противоположном установочной базе, около двух отверстий (рис. 6.5).

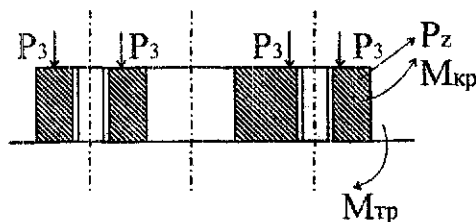


Рис. 6.5. Схема приложения сил зажима заготовки

## 6.9. Расчет величин сил зажима заготовки

Произведем расчет величин сил зажима заготовки от момента резания и главной составляющей сил резания  $P_z$ . Сравним полученный результат, и по наибольшей силе зажима будем производить дальнейший расчет.

Уравнение равновесия заготовки имеет вид:

$$M_{mp1} + M_{mp2} > KM_p$$

$M_{mp1}$  и  $M_{mp2}$  – моменты трения, действующие соответственно в плоскости контакта заготовки и зажимных элементов ( $M_{mp1}$ ) и заготовки и установки ( $M_{mp2}$ ).

$$M_{mp} = F_{mp} \cdot r,$$

$$F_{mp} = 2 \cdot N \cdot f,$$

$$M_{mp} = 2 \cdot N \cdot f \cdot r, \text{ где } N = 2P_3$$

$$2 \cdot P_3 \cdot f \cdot r + 2 \cdot P_3 \cdot f \cdot r K \cdot M_p$$

$$P_3 = (K \cdot M) / (4 \cdot f \cdot r)$$

Принимаем коэффициент трения  $f = 0,25$ , а коэффициент запаса  $K = 2,5$ .

$$P_3 = (2,5 \cdot 149016) / (4 \cdot 0,25 \cdot 88,7) = 4200 \text{ Н}$$

$$F_{mp} + F_{mp} > K \cdot P_z$$

$$F_{mp} = 2 \cdot N \cdot f; N = P_3$$

$$\text{отсюда: } 2 \cdot P_3 \cdot f + 2 \cdot P_3 \cdot f = K \cdot P_z$$

$$P_3 = (K \cdot P_z) / (4 \cdot f) = (2,5 \cdot 1680) / (4 \cdot 0,25) = 4200 \text{ Н}$$

Сравнивая силы зажима от момента резания и силы  $P_2$ , выбираем силу  $P_3$  для дальнейших расчетов, а именно 4200 Н, одинаковую для обоих случаев.

$$D_ч = \sqrt{\frac{2 \cdot P_3}{\pi \cdot P}} \quad D_ч = \sqrt{\frac{2 \cdot 4200}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^6}} = 0,02 \text{ м}$$

где:  $P$  – давление масла в гидросистеме станка;

$P_3$  – сила зажима заготовки;

$D_ч$  – диаметр цилиндра

### 6.10. Выбор зажимного приспособления

Исходя из схемы базирования и схемы приложения сил зажима, зажимное приспособление выбираем в виде самоцентрирующего патрона с зажимом по двум сторонам. В качестве механизма усилителя можно предлагать рычажный механизм, схема которого представлена на рис. 6.6.

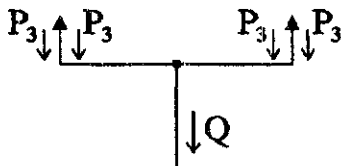


Рис. 6.6. Схема работы рычажно-зажимного механизма

Определим силу  $Q$ , действующую на штоке гидроцилиндра:

$$Q = 4 \cdot P_3 = 4 \cdot 4200 = 16800 \text{ Н.}$$

### 6.11. Расчет погрешности установки заготовки

Погрешность установки в общем виде определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\varepsilon_\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

Погрешность базирования  $\varepsilon_{\sigma}$  – это отклонение фактического приложения заготовки от требуемого. В данном случае соблюдается принцип совмещения баз и выбранное приспособление является самоцентрирующимся, но необходимо учитывать диаметральный зазор, следовательно,  $\varepsilon_{\sigma} = 0,05$  мм.

Погрешность закрепления  $\varepsilon_{\sigma}$  не будет превышать 0,04 мм для партии деталей. Погрешность приспособления  $\varepsilon_{np}$  вызывается неточностью изготовления приспособления, при изготовлении и сборке его установочных элементов, их износом, а также неточностью установки приспособления на станке. Данная погрешность носит случайный характер, при расчетах принимают  $< 0,3$  от допуска на обработку, следовательно:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,05^2 + 0,04^2 + 0,085^2} = 0,2 \text{ мм.}$$

При расчетах погрешность установки получилась равной 0,2 мм.

## 6.12. Общие выводы

Высота приспособления обеспечивает свободный доступ заготовки в зону обработки. При этом возможно использовать манипулятор для автоматической подачи заготовок для обработки и снятия готовых деталей. Погрешность установки заготовок равна 0,2 мм (установочная и измерительные базы совмещены), что обеспечивает получение заданной точности обрабатываемых поверхностей детали. Усилия зажима (при коэффициенте запаса равном 2,5) не вызывают деформации заготовки, что обеспечивает заданную точность обработки. Расчетная сила зажима с большим запасом обеспечивается гидросистемой станка и не требует пересчета режимов резания. Сборочный чертеж приспособления представлен на чертеже (А-1), описание работы приспособления спецификации приведено в приложении № 1. Разработанное приспособление может быть использовано при обработке данной детали в соответствии с заданием.



## Список литературы

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Л.: Машиностроение, 1975. – 654 с.
2. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1971. – 289 с.
3. Горонекин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. М.: Машиностроение, 1971. – 384 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. 2 тт. / Под ред. А.М. Дальского и др. М.: Машиностроение т.1 – 912 с., 2003, 912 с., т. 2 – 944 с.
5. Станочные приспособления: Справочник. В 2 тт. / Под ред. Б.Н. Вардашкина и др. М.: Машиностроение, 1984. т.1 – 592 с., т. 2 – 656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 тт. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. т. 1 – 656 с., т. 2. – 296 с.
7. «Обработка металлов резанием»: Справочник / Под ред. А.А. Панова М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
8. Вардашкин Б.Н., Клепиков В.В., Богомолов С.И. Расчет клино-плунжерных силовых механизмов: Метод указания. М.: МГИУ, 1994. – 16 с.
9. Вардашкин Б.Н., Клепиков В.В., Богомолов С.И. Расчет рычажно-шарнирных силовых механизмов: Метод указания. М.: МГИУ, 1997. – 20 с.
10. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения. М.: Форум, 2004. – 860 с.
11. Технология машиностроения / Под ред. А.М. Дальского. В 2 тт. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. т. 1 – С. 50–95.
12. Машиностроение: Энциклопедия // Т. IV-7: «Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование». М.: Машиностроение, 2002. – 864 с.

## Приложение



Задание

на курсовую работу по дисциплине «Технологическая оснастка»

Выдано студенту(ке) \_\_\_\_\_ группы

Тема \_\_\_\_\_

---

---

Содержание расчетно-пояснительной записки.

Титульный лист

Задание

Оглавление

Условные обозначения

Введение

1. Техническое задание

Исходные данные

Анализ технического задания

Выводы

2. Анализ и обоснование схемы приспособления

2.1. Анализ приспособлений, применяемых в аналогичных условиях обработки заготовок. Выводы.

2.2. Выбор схемы базирования заготовок. Выводы.

2.3. Расчет погрешности базирования заготовки. Выводы.

2.4. Выбор установочных элементов приспособления. Выводы.

2.5. Расчет сил резания и их влияние на возможность отрыва заготовки от установочных баз. Выводы.

2.6. Расчет усилий закрепления заготовки. Выводы.

2.7. Анализ влияния сил резания и погрешности установки на точность выполняемого размера. Выводы.

2.8. Выбор и расчет силового узла. Выводы.

3. Разработка конструкции приспособления.

3.1. Описание конструкции приспособления.

3.3. Условия сборки и эксплуатации приспособления.

Общие выводы и рекомендации.

Приложение.

Литература.

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Дата защиты курсовой работы \_\_\_\_\_



Студент \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Руководитель \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /




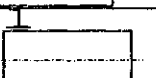
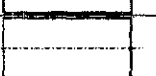
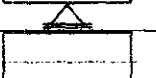
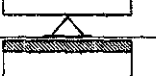

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Приложение 3

Условные обозначения элементов приспособлений  
в технологической документации

Наименование элемента	Условное обозначение		
	Спереди	сверху	снизу
Неподвижная опора			
Подвижная опора			
Плавающая опора			
Регулируемая опора			
Одиночный зажим			
Центр неподвижный		—	—
Центр вращающийся		—	—
Центр плавающий		—	—
Оправка цилиндрическая			
Оправка цанговая			
Патрон поводковый			
Сферическая рабочая поверхность			
Цилиндрическая рабочая поверхность			
Призматическая рабочая поверхность			

**Пример нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств**

Наименование элемента	Эскиз
Центр неподвижный, гладкий	
Центр плавающий	
Центр вращающийся	
Патрон поводковый	
Люнет подвижный	
Люнет неподвижный	
Оправка цилиндрическая	
Оправка цанговая	

## Приложение 4

### Формулы для определения крутящего момента $M$ , нс мм

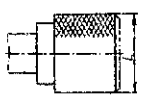
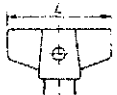


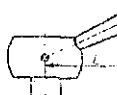
№ п/п	Форма конца винта (торца гайки)	закрепление	эскизы	Расчетные формулы	
				точные	приближенные
1	Сферическая	По необработанной поверхности		$0,5Wd_{cp}tg(\alpha + \varphi_{np})$	$0,5Wd_{cp}$
2	Цилиндрическая	По предварительно обработанной поверхности		$W[0,5d_{cp}tg(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{D}{3}f_1]$	$W(0,1d_{cp} + \frac{D}{3}f_1)$
3	С пятой	Исключение вмятин и других поврежденных поверхностей		$W[0,5dtg(\alpha + \varphi_{np}) + f_1Rctg\frac{\gamma}{2}]$	$W(0,1_{cp} + f_1Rctg\frac{\gamma}{2})$
4	Плоский кольцевой	Гайкой (по неподвижной резьбовой шпильке)		$W[0,5d_{cp}tg(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{D_n^3 - d_a^3}{3(D_n^2 - d_a^2)}f_1]$	$0,2d_{cp}W$

*Примечание.*  $f$  – коэффициент трения между заготовкой и винтом (гайкой);  $R$  – радиус сферы винта, мм  $\gamma$  – угол конического углубления пяты, °;  $D_n$  и  $d_a$  – наружный и внутренний диаметры, мм.



**Приложение 5**

**Данные к выбору головок и рукояток  
по предельным значениям крутящего момента  $M$ , кгс м**

									
<b>L</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>M</b>
20	70-150	30	120-250	40	400-650	80	700-850	75	850-1300
24	90-180	35	250-500	50	500-700	100	800-950	94	920-1400
30	100-220	45	400-650	60	600-800	120	900-1100	117	100-1500
36	120-250	50	500-750	80	800-950	140	1000-1300	150	1100-1600
—	—	70	700-850	—	—	—	—	—	—

**Схемы и формулы  
для вычислительных основных параметров  
круглых эксцентриков**

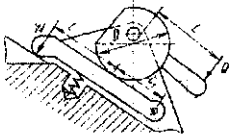
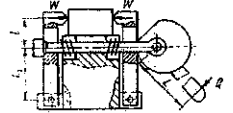
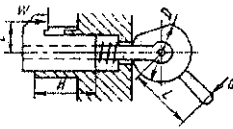
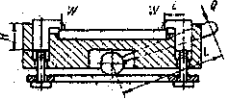
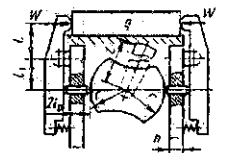
$\gamma < 90^\circ$ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{e \cos \beta}{0,5D - e \sin \beta}$ $\rho = \frac{0,5D + e \sin \beta}{\cos \alpha}$ $h = e(1 - \sin \beta)$ $\beta = 90^\circ - \gamma$	$\gamma = 90^\circ$ $\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{2e}{D}$ $\rho = \frac{0,5D}{\cos \alpha}$ $h = e$ $\beta = 0^\circ$	$\gamma < 90^\circ$ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{e \cos \beta}{0,5D + e \sin \beta}$ $\rho = \frac{0,5D + e \sin \beta}{\cos \alpha}$ $h = e(1 + \sin \beta)$ $\beta = \gamma - 90^\circ$

Примечание:  $\gamma$  – угол поворота эксцентрика, отсчитывается от вертикали до прямой, соединяющей центры симметрии и вращения круглого эксцентрика, °;  $h$  – ход эксцентрика, мм;  $e$  – эксцентриситет, мм;  $\rho$  – расстояние от центра вращения эксцентрика до точки его контакта с заготовкой, мм;  $D$  – наружный диаметр круглого эксцентрика, мм;  $\alpha$  – угол подъемного эксцентрика.

Основные параметры круглых эксцентров  
При разных углах поворота

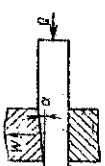
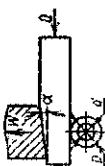
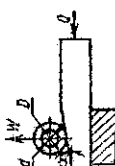
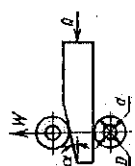
Диаметр экс- центрика D, мм	Эксцентрик Стрел е, мм	$\gamma = 45^\circ$			$\gamma = 60^\circ$			$\gamma = 75^\circ$			$\gamma = 90^\circ$			$\gamma = 105^\circ$			$\gamma = 120^\circ$			$\gamma = 135^\circ$			$\gamma = 150^\circ$		
		h	a	W	h	a	W	h	a	W	h	a	W	h	a	W	h	a	W	h	a	W	h	a	W
32	1,7	0,5	4°39'	240	0,85	5°33'	220	1,26	6°	210	1,7	6°	200	2,14	5°24'	200	2,55	4°49'	210	2,90	4°	210	3,17	2°47'	230
40	2,0	0,59	4°21'	190	1,0	5°13'	180	1,48	5°40'	170	2,0	5°43'	165	2,52	5°23'	165	3,0	4°43'	165	3,41	3°46'	175	3,73	2°38'	185
50	2,5	0,73	4°21'	155	1,25	5°13'	140	1,85	5°10'	135	2,5	5°43'	130	3,15	5°23'	130	3,75	4°43'	135	4,27	3°46'	140	4,66	2°38'	150
60	3,0	0,88	4°21'	130	1,4	5°13'	120	2,23	5°40'	110	3,0	5°43'	110	3,77	5°23'	110	4,5	4°43'	110	5,12	3°46'	145	5,59	2°38'	125
65	3,5	1,03	4°42'	115	1,75	5°39'	110	2,6	6°06'	100	3,5	6°10'	100	4,4	5°46'	100	5,25	5°02'	100	5,97	4°06'	100	6,53	2°49'	110
70	3,5	1,03	4°21'	110	1,75	5°13'	100	2,6	5°40'	100	3,5	5°43'	95	4,4	5°23'	95	5,25	4°43'	95	5,97	3°46'	100	6,53	2°38'	105
80	4,0	1,16	4°21'	95	2,0	5°13'	90	2,37	5°40'	85	4,0	5°43'	80	5,03	5°23'	80	6,0	4°43'	80	6,82	3°46'	85	7,46	2°38'	95
80	5,0	1,47	5°23'	90	2,5	6°13'	80	3,71	7°04'	75	5,0	7°07'	75	6,29	6°40'	75	7,5	5°49'	75	8,53	4°38'	80	9,33	3°12'	85
100	5,0	1,47	4°21'	80	2,5	5°13'	70	3,71	5°40'	70	5,0	5°43'	65	6,29	5°23'	65	7,5	4°43'	65	8,53	3°46'	70	9,33	2°38'	75
100	6,0	1,76	5°18'	75	3,0	6°17'	65	4,45	6°48'	65	6,0	6°51'	60	7,55	5°24'	60	9,0	5°36'	60	10,24	4°28'	65	11,19	3°06'	70
120	6,0	1,76	4°21'	65	3,0	5°13'	60	4,45	5°40'	55	6,0	5°43'	55	7,55	5°23'	55	9,0	4°43'	55	10,24	3°46'	60	11,19	2°38'	60
140	7,0	2,05	4°21'	55	3,5	5°13'	50	5,18	5°40'	50	7,0	5°43'	45	7,82	5°23'	45	10,5	4°43'	45	11,95	3°46'	50	13,05	2°38'	55

Примечание: h – ход эксцентрика, мм;  $\alpha$  – угол подъема кривой эксцентрика; W – усилие закрепления, кгс, развиваемое при крутящем моменте на эксцентрикe M = 1500 кгс мм.

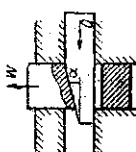
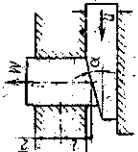
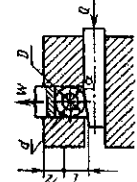
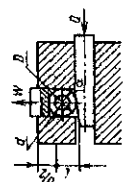
№ п/п	Схема ЭЗМ	Расчетная формула
1	<p>С рычажным прихватом</p> 	$\frac{M l_1 \eta}{r_{cp} (l_1 + l) [\operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]}$
2	<p>С системой рычажных прихватов</p> 	$\frac{M \eta}{2 r_{cp} (l_1 + l) [\operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]} - 2q$
3	<p>С Г-образным прихватом</p> 	$\left(1 - 3f \frac{l}{H}\right) \cdot \left\{ \frac{M \eta}{[\operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] r_{cp}} - q \right\}$
4	<p>С системой Г-образных прихватов</p> 	$\left(1 - 3f \frac{l}{H}\right) \cdot \left\{ \frac{M \eta}{2 [\operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] r_{cp}} - q \right\}$
5	<p>С плунжерно-рычажной системой</p> 	$\left\{ \frac{M l_1 \eta}{[\operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2] r_{cp} l \left( l - \operatorname{tg} \varphi_3 \frac{3l_0}{h} \right)} \right\}$

# Приложение 9

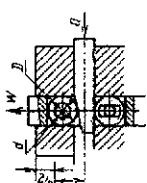
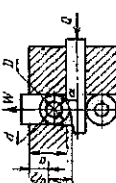
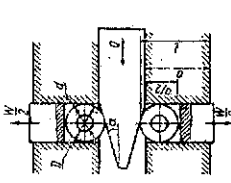
Передаточное отношение сил  $i_c$  клиновых и клино-плунжерных ЭЗМ

	№ п/п	Схема механизма	формула для вычисления $i_c$	Значение $i_c$ при угле скоса клина $\alpha, ^\circ$														
				2	5	8	10	12	15	20	25							
1		С трением скольжения на обеих поверхностях клиньев 	$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi}$	42	34	29	26	24	21	17								
2		С трением скольжения на наклонной плоскости и с роликом на горизонтальной плоскости 	$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_{np}}$	53	41	34	3	27	23	19								15
3		С роликом на наклонной плоскости и с трением скольжения на горизонтальной плоскости 	$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi}$	54	42	34	31	27	24	19								16
4		С роликами на наклонной и горизонтальной плоскостях 	$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_{np}}$	74	53	41	36	32	27	21								17

Продолжение прил. 9

№ п/п Схема механизма	формула для вычисления $i_c$ клино-плунжерные ЭЗМ	Значение $i_c$ при угле скоса клина $\alpha, ^\circ$									
		2	5	8	10	12	15	20	25		
5 С двухопорным плунжером без роликов		$\frac{1 - tg(\alpha + \varphi) \gamma g \varphi_2}{tg(\alpha + \varphi) + tg \varphi_1}$	4,2	3,4	2,8	2,6	2,3	2	1,6	1,4	
6 С одноопорным плунжером без роликов		$\frac{1 - tg(\alpha + \varphi) \gamma g \varphi_{2np}}{tg(\alpha + \varphi) + tg \varphi_1}$	4,1	3,3	2,7	2,5	2,2	1,9	1,7	1,3	
7 С двухопорным плунжером с одним роликом		$\frac{1 - tg(\alpha + \varphi_{np}) \gamma g \varphi_2}{tg(\alpha + \varphi_{np}) + tg \varphi_1}$	5,4	4,2	3,4	3	2,7	2,3	1,8	1,5	
8 С одноопорным плунжером с одним роликом		$\frac{1 - tg(\alpha + \varphi_{np}) \gamma g \varphi_{2np}}{tg(\alpha + \varphi_{np}) + tg \varphi_1}$	5,3	4,1	3,3	2,9	2,6	2,2	1,75	1,4	

Продолжение прил. 9

№ п/п	Не п/п Схема механизма	формула для вычисления $i_c$	Значение $i_c$ при угле скоса клина $\alpha, ^\circ$							
			2	5	8	10	12	15	20	25
9	С двухопорным плунжером с двумя роликами 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{Yg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_{1np}}$	7,4	5,3	4,1	3,5	3,1	2,6	2,0	1,6
10	С одноопорным плунжером с двумя роликами 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{Yg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	7,3	5,2	4	3,4	3,0	2,5	1,9	1,5
11	Двухплунжерный с роликами на наклонных плоскостях 	$i_c = \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{Yg} 11_c \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + 2^\circ 50'_{np})}$	11,5	7	5,1	4,2	3,5	2,9	2,2	1,7

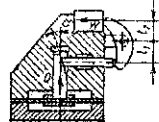
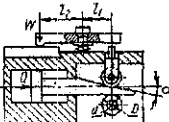
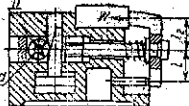
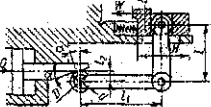
Примечание:  $\varphi$  и  $\varphi_1$  — углы трения соответственно на наклонной и горизонтальной плоскости клина;  $\varphi_{np}$  и  $\varphi_{2np}$  — приведенные углы трения соответственно на наклонной и горизонтальной плоскостях клина;  $\varphi_{np}$  и  $\varphi_{2np}$  — углы трения соответственно двухопорного и одноопорного плунжера;

$$\begin{aligned} \varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 50'; \varphi_{np} = \varphi_{1np} = 2^\circ 50'; \\ \varphi_{2np} = 11^\circ; \varphi_{np} = \arctg \left( \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi \right); \\ \varphi_{1np} = \arctg \left( \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi_1 \right); \varphi_{2np} = \arctg \left( \frac{3l}{d} \operatorname{tg} \varphi_2 \right), \end{aligned}$$

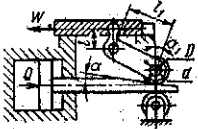

где  $D$  и  $d$  – соответственно наружный и внутренний диаметры роликов,  $d/D = 0,5$ ;  $\alpha$  – протяженность боковой опоры плунжера;  $l$  – расстояние от места приложения силы  $Q$  до середины боковой опоры плунжера.



Схемы клиновых ЭЗМ,  
работающих в сочетании с прихватами и рычагами,  
и расчетные формулы

№ п/п	Принципиальная схема ЭЗМ	Расчетная формула для W
1	2	3
1	<p>С одноопорным плунжером и прихватом</p> 	$Q \frac{l_1}{l_2} \eta \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$
2	<p>С двухопорным плунжером и двумя роликами и прихватом</p> 	$Q \frac{l_1}{l_2} \eta \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_2 \frac{d}{D}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1 \frac{d}{D}}$
3	<p>С двухопорным плунжером и одним роликом и прихватом</p> 	$Q \frac{l_1}{l_1 + l_2} \eta \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$
4	<p>С роликом на наклонной поверхности клина и угловым рычагом</p> 	$Q \frac{l_1}{l_2} \left( 1 - \frac{3l_1}{\alpha} f_2 \right) \eta \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$

Продолжение прил. 10

1	2	3
5	<p>С клином, с двумя роликами и угловым рычагом</p> 	$Q \frac{l_1}{l \cos \alpha_1} \eta \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$
6	<p>С роликом на наклонной поверхности клина и двуплечим рычагом</p> 	$Q \frac{l_1}{l} \eta \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$

Схемы рычажных ЭЗМ и расчетные зависимости

№ п/п	Схема	Расчетная зависимость
1		
2		$W_p = Q_p \frac{l_1}{l_2} \eta;$ $S(W) = S(Q)_p \frac{l_1}{l_2}$
3		

Примечание:  $W_p$  и  $Q_p$  – соответственно усилие закрепления заготовки и сила от привода, кгс;  $l_1$  и  $l_2$  – расстояние от опоры рычажного ЭЗМ соответственно до сил  $Q_p$  и  $W_p$ ;  $\eta \approx 0,95$  – КПД, учитывающий потери на трение;  $S(W)$  и  $S(Q)_p$  – перемещение рычага в точках приложения сил соответственно  $W_p$  и  $Q_p$ .

**Приложение 12**  
**Позрешность (мкм) установки заготовок в цанговом и трехкулачковом патронах без выверки**

внд образца заготовки	Направ-ление смещения заготовки	Диаметр базы, мм								
		Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 500
<b>Установка в цанговом патроне</b>										
Шлифованная контрольная оправка, установленная в новом патроне	Ради-альное на рас-стоянии от торца, мм	15 - 20	15 - 40	20 - 45	30 - 75	15 - 20	-	-	-	-
		25	50	75 - 100	50	150 - 200	-	-	-	-
прутки калиброванные	Ради-альное Осевое	50	60	70	90	100	120	-	-	-
		30	40	50	60	70	80	-	-	-
<b>Установка в кулачковом самоцентрирующемся патроне</b>										
Прутки горячекатаные: повышенной точности / обычной точности	Ради-альное Осевое	100	120	150	200	300	450	650	-	-
		70	80	100	130	200	300	420	-	-
Ради-альное Осевое	Ради-альное Осевое	-	200	220	280	400	500	800	-	-
		-	130	150	190	250	350	520	-	-

Продолжение прил. 12

Вид образца заготовки	Направление смещения заготовки	Диаметр базы, мм															
		Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 500							
Единичная заготовка: с шлифованной базой с чисто обработанной базой	Радиальное		20		30		40										
	Осевое			10		15		25									30
	Радиальное			50		80		100									20
	Осевое			30		50		80									100
	Радиальное			100		150		200									250
Отливка полученная литьём: по выплавляемой модели или в оболочковую форму; предварительно обработанная поверхность в постоянную форму; заготовленная, штампованная на кривошипном прессе	Радиальное									300							500
	Осевое									100							150

Примечания: 1. При установке в цанговых патронах единичных заготовок вместо прутковых погрешность в осевом направлении увеличивается на 10–30 мкм.

2. При неподвижной цанге смещение в осевом направлении минимально (5–20 мкм).

3. Поджатием деталей при закреплении в патронах погрешность установки можно уменьшить на 20–30%.

4. В патронах с пневматическими и гидравлическими силовыми узлами погрешность установки уменьшается на 20–40% по сравнению с указанными в таблице.

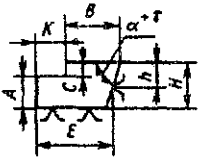
### Приложение 13

#### Погрешность установки заготовок размером до 60 мм в тисках

Тиски	Метод установки	Смещение заготовок, мкм
Винтовые	На подкладке в свободном состоянии	100 – 200
	На подкладке с постукиванием при зажиме	50 – 80
Эксцентриковые	С подкладкой	40 – 100
	Без подкладки	30 – 50

Примечание: При соблюдении постоянства силы зажима погрешность снижается на 30–50%

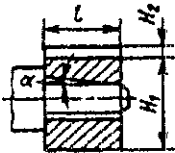
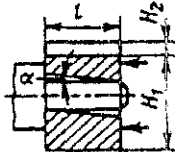
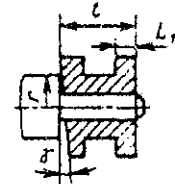
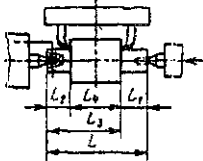
Погрешность базирования при обработке деталей в приспособлениях

№ схемы	Базирование	Схема установки	Выдерживаемый размер	Погрешность базирования $\Delta \varepsilon_{\delta}$
1	По двум плоским поверхностям  Обработка уступа		A	0
			B	$T \operatorname{thg} \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$ 0 при $\alpha = 90^\circ$
			C	$\frac{TH}{E}$
			K	$\frac{TE}{E}$
2	По наружной цилиндрической поверхности  В призме при обработке плоской поверхности лаза		$H_1$	$0,5TD \left( \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - 1 \right)$  при $\beta = \alpha \dots 90^\circ$
				$0,5TD \left( \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \right)$
			$H_2$	$0,5TD \left( \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + 1 \right)$
			$H_3$	$0,5TD \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ , где TD – допуск на наружный диаметр заготовки

Продолжение прил. 14

3	По наружной цилиндрической поверхности		$H_1$	$0,5TD \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$
	В призме при обработке плоской поверхности паза при $\beta = 90^\circ$		$H_2$	$0,5TD \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$
			$H_3$	$0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}$
4	То же, при $\beta = 0$		$H_1$	$0,5TD$
			$H_2$	$0,5TD$
			$H_3$	0
5	В призме при обработке плоской поверхности или паза		l	$0,5TD$
			$H_1$	0
			$H_2$	TD
6	То же, но с односторонним прижатием заготовки		$H_1, H_2$	$0,5TD + 2e + 0,5\delta_2$
			$H_3$	$2e + 0,5\delta_1 + 0,5\delta_2$
			$H_4$	$0,5\delta_1 + 0,5\delta_2$
7	На палец (оправку) с натягом или на зажимную оправку		$H_1, H_2$	$0,5TD + 2e$
			$H_3$	2e
			$H_4$	0



8	<p>На палец (оправку) с зазором.</p> <p>Торец заготовки не перпендикулярен оси базового отверстия</p>		$H_1, H_2$	$0,5TD + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta - 2l\operatorname{tg}\alpha$
9	<p>То же, но с односторонним прижатием заготовки</p>		$H_1, H_2$	$0,5TD + 2e + 0,5\delta_2 + l\operatorname{tg}\alpha$
10	<p>На палец (оправку) без зазора.</p> <p>Торец заготовки не перпендикулярен оси базового отверстия</p>		$L_1$	$\delta_1 + 2\pi\operatorname{tg}\gamma$
11	<p>По центральным гнездам</p>		$L_1$	$\delta_L + \Delta_y$
			$L_2, L_3$	$\Delta_y = \frac{\delta_d}{\operatorname{tg}\alpha}$
			$L_4$	$0$


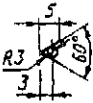

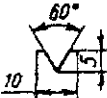


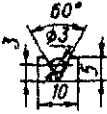


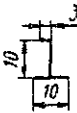


Приложение 15

Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения (ГОСТ 3.1107-81)

Опоры и зажимы

Наименование	Обозначения на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Неподвижная	<b>Опоры</b> 		
Плавающая			
Регулируемая			
Одиночный	<b>Зажимы</b> 		

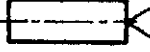

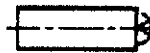
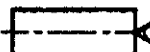
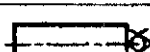




Установочные устройства

Наименование	Обозначения на видах		
	Спереди, сзади, сверху, снизу	слева	справа
Центр: неподвижный		Без обозначения  То же  »	
Вращающийся			
Плавающий			
Оправка: цилиндрическая			
Шариковая (роликовая)			
Патрон поводковый			

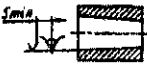
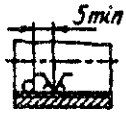


- Примечания: 1. Допускается подвижную, плавающую и регулируемую опоры на видах сверху и снизу обозначать как неподвижную опору.  
 2. Установочно-зажимные устройства следует обозначать как сочетание обозначений установочных устройств и зажимов.  
 3. Цанговые оправки (патроны) следует обозначать  $\nabla$ .  
 4. Для двойных зажимов длина плеча устанавливается разработчиком в зависимости от расстояния между точками приложения сил. Допускается упрощенное обозначение.  
 5. Обозначение опор и установочных устройств, кроме центров, допускается выполнять на выносных линиях соответствующих поверхностей.  
 6. Обозначение обратных центров следует выполнять в зеркальном изображении.

Приложение 16

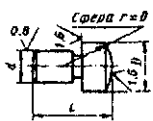
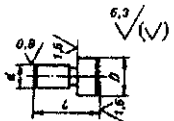

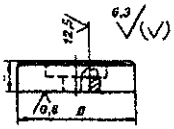
Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств на схемах

№ п/п	Наименование	Примеры нанесения обозначений
1	2	3
А центры		
1	неподвижный (гладкий)	
2	рельефный	
3	плавающий	
4	вращающийся	
5	обратный вращающийся с рифленой поверхностью	
6	патрон поводковый	
Б Люнеты		
1	подвижный	
2	неподвижный	
3	Оправка цилиндрическая	

Продолжение табл. 16

1	2	3
4	коническая, роликовая	
5	резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой:	
6	шлицевая	
7	цанговая	

**Стандартизованные постоянные опоры для установки заготовок плоской поверхностью**

Заготовки	Опора				
	Тип	Эскиз	Основные размеры, мм		
$D$			$ds7$	$L$	
Небольшие с базами: не обработанными	С головкой сферической		5 - 40	3 - 25	7 - 92
	насеченный		10 - 40		14 - 92
	плоской		5 - 40		7 - 92
обработанными	Опорные шайбы		16 - 40	-	5 - 16

Заготовки	Опора				
	Тип	Эскиз	Основные размеры, мм		
			D	ds7	L
Средние и крупные с обработанными базами	Опорные пластины	<p><i>Исполнение 1</i></p> <p><i>Исполнение 2</i></p>	B	L	H
		<p>10 – 40</p> <p>25 – 220</p> <p>5 – 25</p>			

Примечания: 1. Предельные нагрузки на опору со сферической головкой 2 – 30 кН при обработке стальных и чугунных заготовок и на 30 – 40% меньше при обработке заготовок из цветных металлов и сплавов; допустимая предельная нагрузка на опору с насеченной головкой и на опорные пластины и шайбы 40 МПа.

2. Опорные пластины исполнения 1 (без пазов) служат боковыми и верхними опорами, а исполнения 2 (с пазами) – нижними опорами. Опоры с насеченной головкой, как правило, являются боковыми опорами.

3. Для уменьшения погрешности положения опоры с плоской головкой, опорные пластины и шайбы дополнительно обрабатывают непосредственно на оснащаемом станке.

4. Сопряжения опор с плоской, насеченной и сферической головками с корпусом СП выполняют по посадке H7/r6 или H7/h6; применяют переходные втулки в целях обеспечения ремонтоспособности.

5. Материал штырей с плоской или со сферической головкой диаметром до 12 мм – сталь У7А; диаметром свыше 12 мм, а так же опорных шайб и пластин – сталь 20Х, твердость 56...61 HRC. Материал штырей с насеченной головкой – сталь 45, твердость 41,5...46,5 HRC.

Приложение 18

Стандартизованные установочные пальцы и втулки

Наименование	Основные размеры, мм (поля допусков)		
	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>b</i>
<i>Установочные пальцы (см. рис. 4)</i>			
С упором цилиндрические	10 – 20; (g6)	8 – 16; (g6)	–
С упором срезанные			2; 4;
Цилиндрические	10 – 20; (g6)	–	–
Цилиндрические срезанные		8 – 16; (g6)	2; 4;
Цилиндрические постоянные	1,6 – 50; (g6; f9)	2,5 – 32; (f6)	L=10...70
Цилиндрические сменные	1,6 – 50; (g6; f9)	2,5 – 32; (f6)	0,6 – 5;
Срезанные сменные			– 0,6 – 5;
Цилиндрические высокие	<i>d</i>	<i>d</i> <sub>1</sub>	<i>b</i>
Срезанные высокие	1,6 – 50; (g6; f9)	6 – 32; (f6)	–
			1 – 3
<i>Втулки для установочных пальцев</i>			
Без буртика	6 – 22; (f6)	2,5 – 16; (H7)	–
С буртиком	6 – 63; (f6)	2,5 – 50; (H7)	



Стандартизованные центры и полуцентры

Наименование	Размер хвостовика	Отклонение угла рабочего конуса, °	Радиальное биение поверхности рабочего конуса хвостовика, мм
Центры: упорные с конусностью 1 : 10 и 1 : 7 то же, с отжимной гайкой упорные	Диаметр D=80...200мм	+20	При нормальной точности 0,01; при повышенной точности 0,005
	Конус Морзе 0...6; конус метрический 80,100	При минимальной точности +10; при повышенной точности +5	
Полуцентры: упорные	Конус Морзе 0...6		
упорные с отжимной гайкой	Конусы: Морзе 0...6; метрические: 80; 100; 120		
Центры вращающиеся для установки центровыми отверстиями или коническими фасками (см. рис. 5)	Конусы Морзе: 2...6 для нормальной серии; 4...6 для усиленной серии	±20	Для нормальной серии 0,012; для нормальной серии повышенной точности 0,006; для усиленной серии 0,016

Примечание: Центры выполняются с углами рабочего конуса 60 и 75°

Приложение 20

Характеристики патронов

Патроны	Технологические базы заготовок		Суммарная сила закрепления, кН
	$D_m$ , мм	Состояние	
Двухулачковые винтовые спиральнореечные	10-175	Необработанные	Десятки килоньютонов
Трёхулачковые спиральнореечные класса точности: особо высокий А высокий В повышенный П нормальный Н	$\frac{4 - 85^{*1}}{35 - 200}$	Обработанные	
	$\frac{4 - 170}{25 - 360}$		
Токарные самоцентрирующие - трех и - двухулачковые <sup>2</sup> ; клиновые рычажно-клиновые	$\frac{25 - 250}{25 - 400}$	Необработанные и предварительно обработанные	$\frac{200 - 500}{40 - 250}$
Цанговые <sup>3</sup>	9 - 10	-	Десятки килоньютонов

Долгопрудненский авиационный техникум  
Электронная библиотека



Козловский Александр Юрьевич



141702 Россия Московская обл.  
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1

Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109  
Email: dat\_te@mail.ru  
Site: gosdat.ru

Продолжение табл. 20

Патроны	Точность установки в осевом направлении, мкм	Допуски биений, степени точности по ГОСТ 24643 – 81		Применяют на станках
		радиальных	торцовых	
Двухручковые: винтовые спирально-режущие	15-100	9 – 10	–	Токарных
Трёхручковые спирально-режущие класса точности: особо высокий А, высокий В, повышенный П, нормальный Н	25-110	5 – 8	5 – 6	Токарных, шлифовальных
		6 – 9	7 – 8	
	30-120	7 – 10	8 – 9	Токарных
		8 – 10		
токарные самоцентрирующие трех- и двухручковые <sup>2</sup> , клиновые, рычажно-клиновые	25-110	–	–	Токарных автоматах и полуавтоматах: горизонтальных, вертикальных
Цанговые <sup>3</sup>	–	5 – 10	7 – 10	Токарно-револьверных автоматах

<sup>1</sup> В числителе указаны размеры заготовки из прутка, в знаменателе – штучной.

<sup>2</sup> Изготавливают классов точности Н, П, В, А. Допуски радиального и торцевого биений для этих патронов принимают в зависимости от класса точности.

<sup>3</sup> Точность установки заготовок в цанговом патроне в осевом направлении, мкм: 40 – 200 для калиброванного прутка с предварительно обработанной базой; 20 – 80 с чистообработанной базой.

Характеристики тиловых оправок

Оправки	Размеры заготовки, мм		Точность обработки базовой поверхности, квалитеты	Суммарная сила закрепления	Точность установки в осевом направлении, мкм	Допуски биений, степени точности по ГОСТ 24643-81		Применяют на станках
	Диаметр отверстия	Длина				радиальных	торцовых	
Цилиндрические для установки заготовки с гарантированным зазором:  шпindleльные  центровые (с упорным буртом)	16-100	25-125	7-8	Десятки килограмм-тонов	10-40	9-16	-	Токарных, зубообрабатывающих
	28-100	45-155						
гидропластмассовые <sup>1)</sup>	28-150	20-1000	6-10	5-25 <sup>2)</sup> МПа	-	3-6	-	То же, и шлифовальных
	30-60	30-100	7-9	Десятки мегаласкалей	10-80	4-6	-	При обработке толстых стальных деталей

Характеристики типовых оправок

Оправки	Размеры заготовки, мм		Точность обработки базовой поверхности, квалитеты	Суммарная сила закрепления	Точность установки в осевом направлении, мкм	Допуски биений, степени точности по ГОСТ 24643-81		Применяют на станках
	Диаметр отверстия	Длина				радиальных	торцовых	
Центровые для точных работ, тип 3 (ступенчатые) тип 2 (с одной ступенью тип 1 (копировальные))	3-50	8-75	4-6	Десятки килограмм-тонов	-	1-5	-	При обработке с незаточенной силой резания колес и втулок
	6-80	16-180	6-7					
	3-100	4,5-150	6-9					
С гофрированными втулками	31-100	9-115	6-8	Десятки килограмм-тонов	Сотые доли миллиметра	2-4	2-5	Шлифовальные и токарных класса точности С

## Характеристики типовых оправок

Оправки	Размеры заготовки, мм		Точность обработки базовой поверхности, мкм	Суммарная сила закрепления	Точность установки в осевом направлении, мкм	Допуски биений, степени точности по ГОСТ 24643-81		Применяют на станках
	Диаметр отверстия	Длина				радиальных	торцовых	
С разрезной цангой: шпindelные фланцевые <sup>3</sup> центровые <sup>4</sup>	32-107,35	20-145	7-16	Десятки миллион-тонов	То же (с осевым упором)	2-5	2-5	Токарных, зубообра-батываю-щих, шли-фовальных
	50-107,35	24-145						
	16-107,35	14-145						
Кулачковые <sup>5</sup> шпindelные фланцевые	36-90	5-120	8			2-5	5-7	
	80-140	80-140						

\*1 Данные относятся также к гидропластиковым патронам.

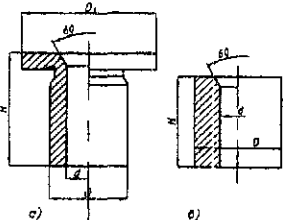
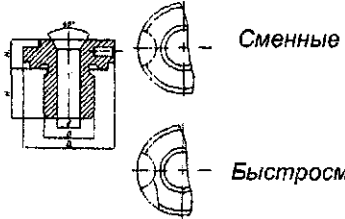
\*2 Контактное давление на заготовку со стороны гильзы приспособления зависит от давления в гидропластмассе и исходного зазора между поверхностями заготовки и гильзы.

\*3 Диаметральный разжим цанги составляет до 10% исходного диаметра.

\*4 Предпочтительны для обработки заготовок с длиной, близкой к длине цанги. Короткие заготовки устанавлива-ют в середине длины цанги.

\*5 Диаметральный ход кулачков равен нескольким миллиметрам. Данные относятся к оправкам с пневмозажимом.

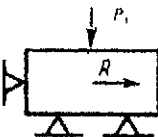
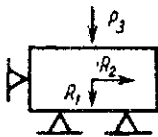
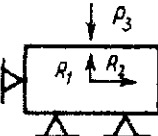
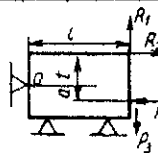
Стандартизованные кондукторные и промежуточные втулки

Наименование втулки	Основные размеры, мм
<p>Втулки промежуточная и постоянная кондукторная:  <i>а</i> – с буртиком  <i>б</i> – без буртика</p> 	<p><math>d(F7) = 8...105/ \text{До } 105;</math>  <math>D = 12...125/3...125;</math>  <math>D_1(h13) = 15...130/6...130;</math>  <math>l = 10...112/6...112</math></p> <p>В числителе          для втулок промежуточных,          в знаменателе –          кондукторных</p>
<p>Втулки кондукторные:          сменная и быстросменная</p> 	<p><math>d(F7) \leq 85; D(m6) = 8...105;</math>  <math>D_1(h13) = 15...100; H =</math>  <math>10...112;</math>  <math>H_1 = 8...16</math></p>

Примечания: 1. Для обработки отверстия одним инструментом применяют в условиях производства: мелкосерийного – втулки кондукторные постоянные; крупносерийного и массового – сменные; для обработки отверстия последовательно несколькими инструментами – быстросменные.

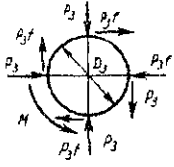
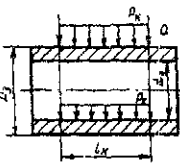
2. Кондукторные втулки постоянные устанавливают в корпус кондукторной плиты непосредственно, а сменные и быстросменные – через промежуточные втулки.

Расчетные схемы и формулы для вычисления силы закрепления  $P_3$

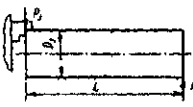
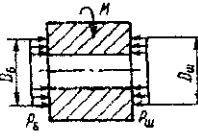
Расчетная схема	Пояснение к схеме	Формула
	<p>Сдвигу заготовки под действием силы резания <math>R</math> препятствуют силы трения (не показаны), возникающие в местах контактов заготовки с опорами и ЗМ</p>	$P_3 = KR / (f_1 + f_2)$
	<p>Составляющая <math>R_1</math> силы резания направлена к опорам, а составляющая <math>R_2</math> стремится сдвинуть заготовку в боковом направлении</p>	<p>Для ЗМ:</p> $P_3 = \frac{KR_2 = 0,5R_1(f_1 - f_2)}{f_1 + f_2}$
	<p>Составляющая <math>R_1</math> силы резания направлена навстречу силе <math>R_2</math> стремится сдвинуть заготовку в боковом направлении</p>	<p>Принимают большее из двух значений для ЗМ:</p> <p>типа I</p> $P_3 = 0,7KR_1$ <p>типа II</p> $P_3 = \frac{KR_2 = 0,5R_1(f_1 - f_2)}{f_1 + f_2}$ <p>и</p> $P_3 = KR_1$ <p>и</p> $P_3 = (R_1 f_2 + KR_2) / (f_1 + f_2)$
	<p>Силу <math>P_3</math> определяют из условия равенства нулю суммы моментов всех сил относительно точки <math>O</math></p>	$P_3 = K(R_2 t + R_1 l) / (\alpha + f_2 l)$



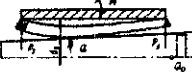
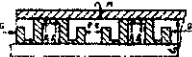
Расчетные схемы и формулы для вычисления силы закрепления  $P_3$

Расчетная схема	Пояснение к схеме	Формула
	<p>Заготовка с диаметром базы <math>D_3</math> закреплена в самоцентрирующем зажимном приспособлении. На нее действуют радиальные силы, число которых равно <math>n</math>, и крутящий момент <math>M</math></p>	$P_3 = 2MK / (D_3 n f)$ <p>здесь и далее <math>M</math> – крутящий момент от сил резания</p>
	<p>Заготовка закреплена в гидропластмассовом патроне или в резиновой пневматической оболочке хонинговального станка (верхняя часть эскиза). Контактное давление <math>P_k</math> действует на цилиндрическую поверхность заготовки. При использовании пневматической резиновой оболочки или гидропластмассового приспособления по краям участка длиной <math>l_k</math> действуют кольцевые силы <math>Q</math>, которыми пренебрегаем для упрощения расчета. Заготовка нагружена крутящим моментом <math>M</math></p>	<p>Для патронов  <math display="block">P_k \approx 0,64KM / (\pi D_3^2 l_k f)</math>                 для оправок  <math display="block">P_k \approx 0,64KM / (\pi D_3^2 l_k f)</math>                 где <math>l_k</math> – длина зоны контакта; <math>D_3</math> (или <math>d_3</math>) – диаметр заготовки</p>

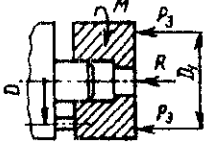
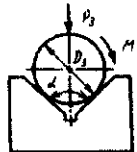
Расчетные схемы и формулы для вычисления силы закрепления  $P_3$

Расчетная схема	Пояснение к схеме	Формула
	<p>Длинная заготовка с диаметром базы <math>D_3</math> консольно закреплена в патроне, кулачки которого имеют короткие уступы. Опасен поворот заготовки под действием составляющей <math>R_2</math> силы резания</p>	<p>Для патрона:                      трехкулачкового  <math>P_3 \approx 1,33KRL_z / (D_3 f)</math>                      четырехкулачкового  <math>P_3 = 0,7KLR_z / (D_3 f)</math></p>
	<p>Заготовка с диаметром базы <math>d_3</math> установлена с гарантированным зазором на цилиндрическую оправку и закреплена по торцам, на которые оказываются давление <math>P_б</math> и <math>P_ш</math>. При равенстве диаметров буртика и шайбы (<math>D_б = D_ш = D</math>) можно считать, что <math>P_б = P_ш = P</math>. Заготовка нагружена крутящим моментом <math>M</math></p>	$P = 3,8KM / [f \pi(D^3 - d_3^3)]$

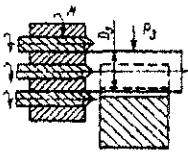
Расчетные схемы и формулы для вычисления силы закрепления  $P_3$

Расчетная схема	Пояснение к схеме	Формула
	<p>Заготовка с диаметром базы <math>d_3</math> закреплена на оправке с разрезной цангой, имеющей лепестков. На заготовку действуют радиальные силы <math>P_3</math> (в двух сечениях). Заготовка нагружена крутящим моментом <math>M</math></p>	$P_3 = KM / (nfd_3)$
	<p>Заготовка с диаметром базы <math>d_3</math> закреплена на оправке с гофрированными втулками. Одна такая втулка создает две кольцевые силы закрепления <math>P_3</math>. Поскольку эти силы приложения близко друг к другу, можно считать, что со стороны одной гофрированной втулки на заготовку действует одна кольцевая сила <math>2P_3</math>. Заготовка нагружена крутящим моментом <math>M</math></p>	$2P_3 = 64KM / (d_3^2 fn)$

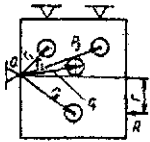
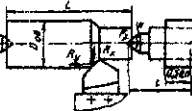
Расчетные схемы и формулы для вычисления силы закрепления  $P_3$

Расчетная схема	Пояснение к схеме	Формула
	<p>Заготовка центрируется по выточке и прижата к торцовым опорам, расположенным по диаметру <math>D_{он} = D</math>. Заготовка нагружена крутящим моментом <math>M</math> и осевой силой</p> <p>Для 3М типа II: если тангенциальная жесткость велика, то <math>P_3 = (2KM - f_1RD_{он}) / (f_1D_{np} + RD_{он})</math> если мала, то <math>P_3 = (2KM - f_1RD_{он}) / (f_1D_{он})</math></p>	<p>Для 3М типа I: если тангенциальная жесткость (по касательной к поверхности заготовки в месте приложения силы закрепления) велика, то <math>P_3 = [2KM + 0,3(f_2RD_{np} - f_1RD_{он})] / (f_2D_{np} + f_1D_{он})</math>, если мала, то <math>P_3 = (2KM + 0,6f_1RD_{np}) / (f_1RD_{он})</math></p>
	<p>Цилиндрическая заготовка с диаметром базы <math>D_3</math> установлена в призме с углом <math>\alpha</math> и нагружена крутящим моментом <math>M</math></p>	$P_3 = 2KM / D_3 (f_2 + f_1 / \sin 0,5\alpha)$

Расчетные схемы и формулы для вычисления силы закреплeния  $P_3$

Расчетная схема	Пояснение к схеме	Формула
	<p>В заготовке с диаметром базы <math>D_3</math>, установленной в призме с углом <math>\alpha</math>, одновременно обрабатывают несколько отверстий осевым инструментом.</p> <p>При малой радиальной жесткости инструмента большой вылет, нет кондукторных втулок, возможен поворот заготовки под действием суммарного крутящего момента <math>M</math></p>	$P_3 = 2KM / D_3(f_2 + f_1 / \sin 0,5\alpha)$
	<p>Если мерный инструмент имеет большую радиальную жесткость (малый вылет, работа по кондукторным втулкам), опасен сдвиг заготовки под действием суммарно осевой составляющей силы резания <math>R</math> (не показана)</p>	$P_3 = 2KR / (f_2 + 0,5f_1 / \sin 0,5\alpha)$

Расчетные схемы и формулы для вычисления силы закрепления  $P_3$

Расчетная схема	Пояснение к схеме	Формула
	<p>Заготовка установлена тремя плоскими поверхностями на шесть постоянных опор. Сила резания <math>R</math> стремится повернуть заготовку вокруг опоры <math>O</math>, чему препятствуют силы трения</p>	<p>Если точка приложения силы закрепления <math>P_3</math> совпадает с центром тяжести опорного треугольника, то</p> $P_3 = 3KRr / [f_1(r_1 + r_2 + r_3) + 3f_2r_4]$ <p>если не совпадает, то</p> $P_3 = 3KRr / [f_1(ar_1 + br_2 + cr_3) + f_2r_4]$
	<p>Заготовка установлена в центрах и поджата силой <math>P_3</math> (составляющая <math>R_z</math> силы резания и осевая сила, действующая со стороны переднего центра, условно не показаны)</p>	$P_3 = K [1 - 3tg(\beta + \varphi_1)tg\varphi_2 \times l_1/a_n] ctg(\beta + \varphi_1) \times \sqrt{R_z^2 + (R_y - 0,5R_x D_{об} / L_3)^2}$

Примечания: 1. В ЗМ типа I существует линейная зависимость между силой закрепления и перемещением, а в ЗМ типа II эта зависимость более сложная. К типу I относятся винтовые, клиновые, эксцентриковые ЗМ; к типу II – пневматические, гидравлические, прямого действия ЗМ.


2. В формулах для определения  $P_3$  не учтены силы инерции и тяжести; силы трения показаны не на всех эскизах.

3. Условные обозначения:  $R$  – сила резания и ее составляющие;  $K$  – Коэффициент запаса;  $f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты трения соответственно в местах контакта заготовки с опорами и с ЗМ;  $D_3$  – диаметр обрабатываемой заготовки;  $L_3$  – длина заготовки;  $l_1$  – расстояние от середины центрального гнезда до середины пиноли;  $a_n$  – длина пиноли;  $\beta = 90^\circ - 0,5\psi$ ;  $\psi$  – угол конуса при вершине центра;  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – углы трения соответственно на поверхности конуса центра и пиноли ( $\psi_1 \approx \psi_2 \approx 3^\circ$ ).

Форма конца нажимного винта (торца, гайки), формулы для вычисления  $\eta$  винтовой пары и крутящего момента  $M_{кр}$

Закрепление	Форма конца (торца гайки)	Эскиз	Расчетные формулы для вычисления приближенных значений	
			$\eta$	$M_{кр}$
По необработанной поверхности	Сферическая		$\operatorname{tg} \alpha / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})]$ , где $\alpha = P / \pi d_2$ ; $\varphi_{np} \approx 6^\circ 40'$	$0,1 P_3 d_2$
По предварительно обработанной поверхности	Цилиндрическая		$\operatorname{tg} \alpha / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})] + 0,67 f_1 D_4 / d_2$ , $\varphi_{np} \approx 6^\circ 40'$	$P_3(0,1 d_2 + 0,33 D_4 f_1)$
Исключающее вмятины и другие повреждения поверхности	Под пята		$\operatorname{tg} \alpha / [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})] + 2 R f_1 \operatorname{ctg}(0,5 \gamma) / d_2$ , $\gamma = 118^\circ$ , $\varphi_{np} \approx 6^\circ 40'$	$P_3[0,1 d_2 + f_1 R \operatorname{ctg}(0,5 \gamma)]$

Форма конца нажимного винта (торца гайки), формулы для вычисления  $\eta$  винтовой пары и крутящего момента  $M_{кр}$

Закрепление	Форма конца (торца гайки)	Эскиз	Расчетные формулы для вычисления приближенных значений	
			$\eta$	$M_{кр}$
Гайкой по неподвижной резьбовой шпильке	Плоская, кольцевая		$\eta g \alpha / \{ \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) +$ $+ 0,67 f_1 (D_{нт}^3 - d_{эм}^3) :$ $: \{ (D_{нт}^2 - d_{эм}^2) d_2 \} \}$	$0,2 P_3 d_2$

Примечания: 1.  $P_3$  – сила закрепления заготовки, Н;  $d_2$ ,  $D_{нт}$ ,  $D_{эм}$ ,  $d_{эм}$  – соответственно шаг резьбы, диаметры средней резьбы и цилиндрического конца винта, наружный и внутренний опорного торца гайки, мм;  $R$  – радиус сферы конца винта, мм;  $\alpha$  – угол соответственно подъема винтовой линии резьбы, ...°;  $\gamma$  – угол конического углубления пята ...°;  $\varphi_{np}$  – приведенные углы трения в резьбе, ...°;  $f_1$  – коэффициент трения между заготовкой и винтом (гайкой);  $f \approx 0,16$ .

2. При откреплении момент  $M_{кр}$  необходимо увеличить на 20%.



Приложение 25

Передающее отношение сил  $i_c$  и перемещений  $i_p$  клиновых  
и клино-плунжерных ЭЗМ

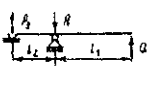
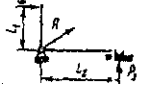
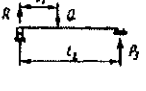
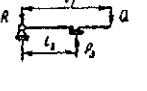
Схема механизма	Угол скоса клина $\alpha, \dots^\circ$							
	2	5	8	10	12	15	20	25
Значения $i_c$								
С одноопорным плунжером без ролика (рис. 15, а)	4,1	3,3	2,7	2,5	2,2	1,9	1,7	1,3
С трением скольжения на обеих поверхностях клиньев	4,2	3,4	2,9	2,6	2,4	2,1	1,7	1,5
С двухопорным плунжером и одним роликом (рис. 15, б)	5,4	4,2	3,4	3	2,7	2,3	1,8	1,5
С роликом на наклонной плоскости и трением на горизонтальной	5,4	4,2	3,4	3,1	2,7	2,4	1,9	1,6
С двухопорным плунжером и двумя роликами (рис. 15, в)	7,4	5,3	4,1	3,5	3,1	2,6	2	1,6
Двухплунжерный с роликами на наклонных плоскостях (рис. 15, г)	11,5	7	5,1	4,2	3,5	2,9	2,9	1,7
Значения $i_p$								
Для всех схем $i_p = \operatorname{ctg} \alpha$	28,64	11,43	7,12	5,67	4,71	3,73	2,75	2,15

Примечания: 1. В механизмах без роликов для обеспечения надежно самоторможения рекомендуется выбирать  $\alpha \leq 7^\circ$ ; в не самотормозящих механизмах с роликами –  $\alpha \leq 7^\circ$ . Значения  $\alpha$  вычислены при угле трения, приведенном угле трения и отношении  $d/D$ , соответственно равных  $5^\circ 50'$ ;  $2^\circ 50'$  и 0,5.

2. Значения  $i_c$  для других схем механизмов близки к значениям  $i_c$  приведенным в таблице; например,  $i_c$  для клинового механизма с трением скольжения на наклонной плоскости и качения (ролик) на горизонтальной плоскости близко к значению  $i_c$  для схемы, показанной на рис. 15, а.

## Приложение 26

### Схемы рычажных ЭЗМ и расчетные формулы

			
$R = Q + P_3$	$R = \sqrt{Q^2 + P_3^2}$	$R = Q - P_3$	$R = P_3 - Q$
$Q = P_3 l_2 / (l_1 \eta); S(Q) = S(P_3) l_1 / l_2$			

Примечания: 1.  $P_3$ ,  $Q$  и  $R$  – соответственно известная сила закрепления заготовки, сила на приводе и реакция в опоре, Н;  $S(Q)$  и  $S(P_3)$  – перемещения под действием сил  $Q$  и  $P_3$  соответственно, мм;  $l_1$ ,  $l_2$  – плечи, мм; КПД  $\eta = 0,85 \dots 0,95$ .

2. На эскизах показана реакция  $P_3$  со стороны закрепленной заготовки.

## Приложение 27

### Основные параметры винтовых зажимных механизмов

Диаметр винта, мм	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42
Шаг резьбы, мм	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5
$P_3$ , Н	3100	4900	7000	12500	19600	28000	44000	63500	86400

Примечания: 1. Сила  $P_3$ , вычислена при  $\sigma_p = 100$  МПа. Между  $P_3$  и  $\sigma_p$  существует линейная зависимость; например, винтом диаметром M16, изготовленным из стали  $\sigma_p = 100$  МПа, можно создать силу  $P_3 - 25000$  Н.

2. Приведена выборка предпочтительных значений диаметра винта.

Значение коэффициента трения  $f$

Условия трения	$f$
заготовка контактирует с опорами и ЗМ приспособления поверхностями:	
обработанными	0,16
необработанными	0,2 – 0,25
При контакте заготовок с ЗМ и опорами имеющими рифления	0,7
При закреплении в патроне с кулачками (губками):	
гладкими	0,16 – 0,18
с кольцевыми канавками	0,3 – 0,4
с взаимно перпендикулярными канавками	0,4 – 0,5
с острыми рифлениями	0,7 – 1,0

## Приложение 29

### Основные параметры поршневых пневмоцилиндров

Диаметр, мм		Ход поршня $S_{max}$ , мм	Статистическая сила (Н) на штоке, не менее, при давлении, МПа		
цилиндра $D$	штока $d$		0,4	0,63	1
25	12	250	160	240	380
			130	200	300
32	12	320	250	340	620
			220	330	530
40	14	400	400	620	1020
			350	560	900
50	18	500	640	1000	1590
			550	840	1300
63	18	630	1000	1550	2600
			900	1450	2350
80	—	800	1750	2750	4300
			1500	2460	3900
100	—	1000	2700	4300	6750
			2550	4000	6350
125	32	1250	4200	6700	10600
			4000	6200	9900
160	40	1600	7200	11400	18100
			6800	10700	17000
200	40	2000	11400	17800	28400
			10800	17100	27200
250	63	2500	17700	27800	44200
			16500	26100	41400
320	80	2500	30000	47000	74800
			28000	44100	70100

Примечания: 1. В числителе дроби приведена толкающая сила, в знаменателе – тянущая.

2. скорость перемещения штока для цилиндров диаметром более 160 мм не более 0,5 м/с и для цилиндров диаметром до 160 мм включительно – не более 1м/с.

3. Минимальный ход поршня для всех цилиндров – 10 мм.

4. Данные не распространяются на встроенные и вращающиеся пневмоцилиндры.

## Приложение 30

### Расчетные формулы для определения диаметра цилиндра и силы в штоке

Тип цилиндра		Диаметр цилиндра, мм	Сила на штоке, Н
Одностороннего действия		$D = 1,13\sqrt{(P_c + cx)/(p\eta_{мех})}$	$P_c = 0,785D^2 p\eta_{мех} - cx$
Двухстороннего действия с подачей масла в полость	поршневою	$D = 1,13\sqrt{P_c/(p\eta_{мех})}$	$P_c = 0,785D^2 p\eta_{мех}$
	штоковую	$D = 1,13\sqrt{1,27P_c/p\eta_{мех} + d^2}$	$P_c = 0,785(D^2 - d^2)p\eta_{мех}$

Примечание:  $p$  – давление масла, МПа;  $d$  – диаметр штока, мм;  $\eta_{мех} \leq 0,93$  – механический КПД;  $c$  – жесткость пружины, мм.

## Приложение 31

### Основные параметры гидроцилиндров одностороннего действия при номинальном давлении 10 МПа

Диаметр цилиндра D, мм	Ход поршня S, мм	Сила теоретическая, кН
40	12	11,7/9,9
50		18,1/11,7
63	16	29,2/23,1
80		47/37,5

Примечание: 1. В числителе приведены значения силы для цилиндров со сплошным штоком, а в знаменателе – для цилиндров с полным штоком.

## Приложение 32

### Силы на штоке гидроцилиндров двустороннего действия при номинальном давлении 10 МПа

Сила, кН	Диаметр цилиндра, мм				
	40	50	63	80	100
Толкающая	12,3	19,2	39,5	49,2	76,9
Тянущая	8,5	14,4	22,6	39,2	61,3

Примечание. Ход поршня для цилиндров диаметром 50 – 100 мм равен 16; 32; 50 и 80 мм; для цилиндра диаметром 40 мм – 12; 32; 50; и 80 мм.

## Приложение 33

### Расчетные формулы для определения диаметра цилиндра и силы на штоке

Тип цилиндра		Диаметр цилиндра, мм	Сила на штоке, Н
Одностороннего действия		$D = 1,13 \sqrt{(P_c + cx) / (p \eta_{мех})}$	$P_c = 0,785 D^2 p \eta_{мех} - cx$
Двустороннего действия с подачей масла в полость	поршневою	$D = 1,13 \sqrt{P_c / (p \eta_{мех})}$	$P_c = 0,785 D^2 p \eta_{мех}$
	штоковую	$D = 1,13 \sqrt{1,27 P_c / p \eta_{мех} d^2}$	$P_c = 0,785 (D^2 - d^2) p \eta_{мех}$

Примечание:  $p$  – давление масла, МПа;  $d$  – диаметр штока, мм;  $\eta_{мех} \leq 0,93$  – механический КПД;  $c$  – жесткость пружины, Н/м;  $x$  – ход пружины, мм.

**Виктор Валентинович Клепиков**  
**Валерий Федорович Солдатов**

## **Проектирование технологической оснастки**

**Учебно-методическое пособие по выполнению  
курсовой работы по дисциплине  
«Технологическая оснастка»**

*Учебно-методическое пособие*

*Редактор К.В. Шмат*

*Компьютерная верстка Р.Д. Рахматуллоева*

Санитарно-эпидемиологическое заключение  
№ 77.99.60.953.Д.006314.05.07 от 31.05.2007

Подписано в печать 09.01.2008

Формат бум. 60x84/16. Изд. № 3-41/07

Усл. печ. л. 8,0. Усл.-изд. л. 8,5. Тираж 1000

Заказ № 1061

ISBN 978-5-2760-1200-1



РИЦ МГИУ, 115280, Москва, Автозаводская, 16  
www.izdat.msiu.ru; E-mail: izdat@msiu.ru; тел. 677-23-15

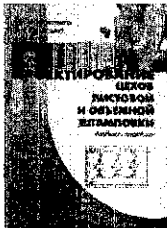
**ПРЕДЛАГАЕМ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ КНИГИ**



*Демин В.А., Субич В.Н., Шестаков Н.А.*

**Расчет и проектирование процессов объемной и листовой штамповки:** Учебное пособие. - М.: МГИУ, 2007. - 400 с.

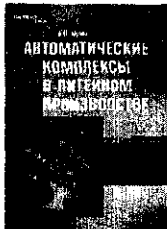
Изложены основные этапы разработки технологических процессов обработки металлов давлением с использованием программного комплекса Forming. Приводятся правила работы с программным комплексом на этапах задания исходных данных, расчета и обработки полученных результатов.



*Максименко А.Е., Герасина О.Н., Гусев И.А.*

**Проектирование цехов листовой и объемной штамповки:** Учебное пособие. - М.: МГИУ, 2006. - 200 с.

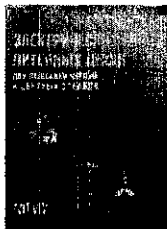
Изложены общие задачи и методика выполнения организационно-экономической части дипломных проектов, написания пояснительной записки, а также графической части работы. Представлены справочные данные по производительности, габаритам, стоимости, ремонтной сложности оборудования. Изложена методика экономического анализа эффективности проектирования. Предназначено для студентов специальности "Машины и технологии обработки металлов давлением".



*Шуляк В.С.*

**Автоматические комплексы в литейном производстве:** Учебное пособие. - М.: МГИУ, 2007. - 60 с.

Изложены материалы по применению автоматических и механизированных комплексов в условиях серийного, крупносерийного и массового производства отливок в разовые песчано-глинистые формы и специальными видами литья. В пособии представлены автоматические, полуавтоматические и механизированные комплексы, даны схемы, описания, технико-экономические показатели. Предназначено для студентов специальности 150204 «Машины и технология литейного производства».



*Романов Л.М., Болдин А.Н., Граблев А.Н., Михайлов Д.П.*

**Электрические печи литейных цехов для выплавки черных и цветных сплавов:** Учебное пособие. - М.: МГИУ, 2007. - 104 с.

Раскрываются вопросы теории индукционного нагрева, общие устройства электрических печей, принципы их работы и особенности конструктивных элементов. Предлагаются задачи для самостоятельного расчёта основных конструктивных элементов печи.



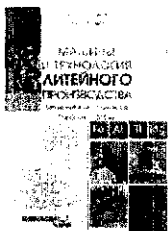
**ПРЕДЛАГАЕМ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ КНИГИ**



*Граблев А.Н., Кисиленко Л.Е., Михайлов Д.П.*

**Литейные цветные сплавы и их плавка:** Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2007. – 60 с.

Написано по программе курса «Литейные сплавы и плавка». Рассмотрены свойства цветных сплавов, их связь с диаграммами состояния, области применения цветных сплавов в машиностроении (в основном, в автомобилестроении), вопросы плавки цветных сплавов. Учебное пособие предназначено для студентов 4-го курса, обучающихся по специальности 150204 «Машины и технология литейного производства».



*Граблев А.Н., Болдин А.Н.*

**Машины и технологии литейного производства. Введение в специальность:** Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2006. – 184 с.

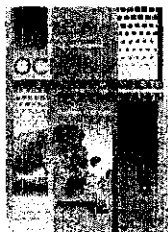
В учебном пособии даны сведения об истории возникновения литейного производства, понятия о формовочных материалах, литейных сплавах, приспособлениях и инструментах применяемых при литье специальных видах литья. Приведена технология изготовления отливок. Учебное пособие написано по программе курса «Введение в специальность».



*Матвеенко И.В.*

**Оборудование литейных цехов:** Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2006. – 172 с.

Изложен общий анализ процесса уплотнения, принципиальная схема устройства и механизм уплотнения; факторы, влияющие на процесс уплотнения; конструктивные решения механизма для уплотнения смеси; технологические требования к смеси и оснастке. Дается математическое описание рабочего процесса и процесса уплотнения, методика расчета и выбор параметров формовочной машины. Предназначено для студентов специальности «Машины и технологии литейного производства»



*Болдин А.Н., Задиранов А.Н.*

**Основы автоматизированного проектирования:** Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2006. – 104 с.

Содержит теоретические сведения о современных методах автоматизированного проектирования, принципы их оптимизации, а также задания к выполнению лабораторных работ, контрольные вопросы. Предназначено для студентов направления «Машиностроительные технологии и оборудование», специальности «Машины и технологии литейного производства».

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
проводит приём на 1-ый и старшие курсы для обучения по программам:

- **ВЫСШЕГО И ВТОРОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ** ■
- **ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ** ■
- **СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ** ■

**АДРЕС:** 115280, Москва, Автозаводская ул., дом 16, корп.3, 1-й этаж, ауд. 3107,  
(отдельный вход со стороны улицы Ленинская Слобода)

**ПРОЕЗД:** ст. м. Автозаводская, далее на любом транспорте до остановки  
"1-я проходная ЗИЛ" или 5 мин. пешком.

**ТЕЛЕФОНЫ:** **981-05-79, 675-31-40, 677-88-39**

**E-MAIL:** ldo@sde.ru **ИНТЕРНЕТ:** www.sde.ru, www.msiu.ru

