

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

*А.В. МЕЩЕРЯКОВ, А.П. ШУЛЕПОВ,
А.И. ХАЙМОВИЧ*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве практикума для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

С А М А Р А
Издательство Самарского университета
2019

УДК 621.4(075)
ББК 39.55я7
М565

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.А. З р е л о в ,
канд. техн. наук В.М. И л ь и н

Мещеряков, Александр Викторович

М565 Технологическая подготовка современного производства:
практикум / *А.В. Мещеряков, А.П. Шулепов, А.И. Хаймович.* –
Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. – 152 с.: ил.

ISBN 978-5-7883-1410-5

В практикуме содержатся теоретические сведения и общие требования к выполнению лабораторных работ по различным вопросам проектирования средств технологического оснащения производства.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов и др., изучающих дисциплины «Технологическое оснащение автоматизированных производств», «Технологическая подготовка современного производства», «Основы технологии машиностроения», «Технологическое оснащение инновационного производства».

Подготовлен на кафедре технологий производства двигателей.

УДК 621.4(075)
ББК 39.55я7

ISBN 978-5-7883-1410-5

© Самарский университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
Лабораторная работа №1. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	7
1.1 Общие сведения	7
1.2 Установка заготовок по трём взаимно перпендикулярным плоскостям.....	8
1.3 Установка заготовки по базовому отверстию и плоскости	14
1.4 Установка заготовок по наружной цилиндрической поверхности и торцу	16
1.5 Установка заготовок по двум базовым отверстиям и плоскости.....	20
1.6 Установка заготовок по центровым отверстиям	24
1.7 Описание лабораторной установки	25
1.8 Порядок выполнения работы	27
1.9 Вопросы для самоконтроля	29
Лабораторная работа №2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗАЖИМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПОГРЕШНОСТЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ.....	30
2.1 Общие сведения о зажимных элементах.....	30
2.2 Простые зажимные элементы	31
2.3 Комбинированные зажимные элементы	35
2.4 Порядок выполнения работы	39
2.5 Вопросы для самоконтроля	42
Лабораторная работа №3. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОКАМЕРЫ.....	43
3.1 Общие сведения о конструкциях пневмоприводов.....	43
3.2 Расчёт силы зажима, развиваемой пневмокамерой	45
3.3 Описание лабораторной установки	48
3.4 Порядок выполнения работы	50
3.5 Вопросы для самоконтроля	52
Лабораторная работа №4. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, АНАЛИЗ И ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	53
4.1 Общие сведения о делительных устройствах.....	53
4.2 Оценка точности делительного устройства	57
4.3 Порядок выполнения работы	64
4.4 Вопросы для самоконтроля	65

Лабораторная работа №5. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ И УСИЛИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ НА ОПРАВКЕ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ.....	66
5.1 Общие сведения.....	66
5.2 Расчёт втулки оправки	70
5.3 Оборудование для выполнения лабораторной работы	73
5.4 Описание лабораторной установки.....	74
5.5 Порядок выполнения работы.....	75
5.6 Вопросы для самоконтроля	77
Лабораторная работа №6. АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В ЗАГОТОВКАХ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ИХ В КОНДУКТОРЕ.....	79
6.1 Общие сведения о кондукторах	79
6.2 Общая методика расчёта приспособлений на точность.....	83
6.3 Расчёт на точность кондуктора крышечного типа	85
6.4 Содержание и порядок выполнения работы	92
6.5 Вопросы для самоконтроля	93
Лабораторная работа №7. СБОРКА И НАСТРОЙКА УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ	95
7.1 Общие сведения об УСП	95
7.2 Сборка и настройка компоновок УСП.....	99
7.3 Расчёт ожидаемой погрешности обработки.....	101
7.4 Порядок выполнения работы.....	105
7.5 Вопросы для самоконтроля	106
Лабораторная работа №8. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЦЕНТРИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК В ТОКАРНОМ ТРЕХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ	107
8.1 Общие сведения о кулачковых патронах к станкам токарного типа	107
8.2 Точность центрирования патронов	110
8.3 Порядок выполнения работы.....	113
8.4 Вопросы для самоконтроля	119
Лабораторная работа №9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ	120
9.1 Краткие теоретические сведения	120
9.2 Примеры расчёта надёжности закрепления заготовки в приспособлении	124
9.3 Порядок выполнения работы.....	129
9.4 Вопросы для самоконтроля	129

Лабораторная работа №10. РАСЧЁТ ДЕФОРМАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ И РЕЗАНИЯ В СИСТЕМЕ ANSYS	130
10.1 Общие сведения	130
10.2 Методика расчёта деформаций элементов цангового патрона	132
10.3 Порядок выполнения работы	141
10.4 Вопросы для самоконтроля	141
Лабораторная работа №11. РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	142
11.1 Методика расчёта экономической эффективности применения приспособлений	142
11.2 Пример выполнения расчёта экономической эффективности приспособления	146
11.3 Порядок выполнения работы	148
11.4 Вопросы для самоконтроля	149
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	150

ВВЕДЕНИЕ

В условиях рыночной экономики выпускаемая продукция должна пользоваться спросом и быть конкурентоспособной. Для этого необходимо не только систематическое совершенствование и создание новых конструкций изделий, но и разработка наиболее современных технологических процессов, которые обладали бы большой мобильностью и позволяли обеспечивать высокое качество изготавливаемых изделий с наименьшими затратами. Это особенно важно при выпуске сложной и дорогостоящей авиационной и космической техники.

В технологии производства двигателей важную роль в интенсификации производства играют средства технологического оснащения (технологическая оснастка) оборудования. Правильное применение прогрессивной технологической оснастки позволяет в значительной степени повысить технологические характеристики процесса обработки заготовок (точность, качество поверхностного слоя и производительность), ускорить переналадку оборудования, снизить себестоимость изготовления деталей и создать стабильность производства. Поэтому на производстве вопросам проектирования, изготовления и эксплуатации технологической оснастки уделяется большое внимание.

В лабораторном практикуме рассмотрены теоретические положения, схемы и конструкции элементов, даны методики и примеры инженерно-экономических расчётов, выполняемые при проектировании технологической оснастки. Описаны типовые наиболее характерные конструкции с различным уровнем механизации и автоматизации, которые широко используются как на универсальных станках, так и на станках с ЧПУ.

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Цель работы:

1. Изучение конструкции установочных элементов приспособлений.
2. Изучение методики расчёта погрешности установки для различных случаев базирования заготовок.
3. Экспериментальное определение погрешности установки для различных конструкций установочных элементов.

1.1 Общие сведения

При установке заготовка должна быть правильно ориентирована относительно рабочих органов станка. Установка – это базирование и закрепление заготовки в приспособлении. Ориентирование заготовки достигается её базированием. Базирование осуществляют по базам заготовки.

База – это поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащие заготовке и используемые для базирования. Для базирования заготовок предназначены установочные элементы приспособлений, которые жёстко соединены с корпусом приспособления. Установочные элементы выполняются в виде опорных штырей, пластин, колец, втулок, пальцев, призм, механизмов и др.

Известно, что для полного исключения подвижности твёрдого тела в пространстве необходимо лишить его шести степеней свободы: перемещения и поворота относительно трёх координатных осей. Следовательно для установки заготовки необходимо наложить на неё шесть жёстких двухсторонних координатных связей, приложенных в

опорных точках. Это обеспечивает заданную ориентировку заготовки относительно системы координат и фиксирование её в данном положении. Таким образом, для лишения заготовки шести степеней свободы необходимо иметь шесть точек контакта заготовки с установочными элементами (правило шести точек), каждая из которых лишает одной степени свободы.

К установочным элементам предъявляются следующие требования:

- число и расположение элементов должно обеспечить ориентацию заготовки с заданной точностью согласно принятой в технологическом процессе схемы базирования и необходимую её устойчивость в приспособлении;
- при использовании баз с шероховатостью поверхности $Ra > 20$ мкм установочные элементы следует выполнять с ограниченной опорной поверхностью для уменьшения влияния неровностей этих баз на устойчивость заготовки;
- установочные элементы не должны портить базовые поверхности, особенно те, которые не подвергаются повторной обработке;
- установочные элементы должны быть жёсткими и износостойкими.

Рассмотрим типовые схемы установки заготовок в приспособлениях, наиболее широко применяемые при изготовлении деталей авиационных двигателей.

1.2 Установка заготовок по трём взаимно перпендикулярным плоскостям

Осуществить базирование плоской базы – значит совместить её с какой-то заданной плоскостью приспособления. Так как положение любой плоскости определяется тремя точками, для выполнения базирования необходимо иметь в приспособлении три опорные точки, расположенные в одной заданной плоскости, но не на одной прямой. Это достигается с помощью различных сочетаний опорных элементов, которые и определяют способы базирования плоской базы. Опорные элементы делятся на **постоянные** (жёсткие опоры) и **дополнительные**.

Жёсткие опоры выполняются в виде **штырей** и **пластин**. Их конструкции стандартизированы. На рис. 1.1,а показана конструкция штыря с плоской головкой, используемая для обработанных установочных баз.

Диаметр выбирается сообразно с площадью установочной базы.

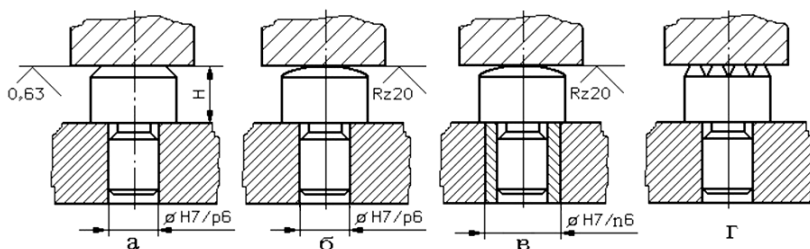


Рис. 1.1. Опорные штыри

Штыри со сферической (рис. 1.1,б,в) и насечённой головкой (рис. 1.1,г) служат для ориентирования по необработанным базам. Опорные штыри следует размещать как можно дальше один от другого в пределах базы, т.к. это повышает точность базирования.

Точность выполнения размера **H** соответствует **h5** или **h6**, что обеспечивает размещение опорных поверхностей штырей в одной плоскости. Иногда по размеру **H** у штырей оставляют припуск для совместной обработки их опорных поверхностей после запрессовки штырей в корпус.

При установке в приспособлении нежёстких заготовок возможна их деформация под влиянием усилий закрепления, а при обработке – под влиянием сил резания. Для повышения жёсткости стремятся увеличить площадь контакта заготовки с приспособлением, не нарушая при этом требований теоретической механики. Для определения положения плоскости необходимо и достаточно трёх точек. Достигается это путём применения **сблокированных** (рис. 1.2, а) или **плавающих** (рис. 1.2, б) опор, которые заменяет собой одну жёсткую опору, хотя они и контактируют с базой в двух или трёх точках.

Конструкция таких опор обеспечивает согласованное перемещение опорных поверхностей, при котором сохраняется практически неизменным положение опорной точки (она остаётся в заданной плоскости приспособления).

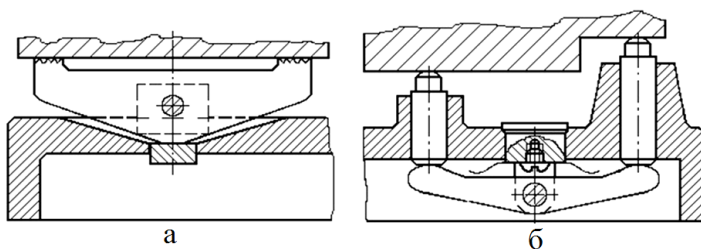


Рис. 1.2. Сблокированная (а) и плавающая (б) опоры

Базирование с помощью **опорных пластин** – наиболее распространённый способ установки заготовок по обработанным базам. Опорные пластины могут быть двух типов: **плоские** (рис. 1.3, а) и с **косыми пазами** (рис. 1.3, б).

У последних опорные поверхности легче очищаются от стружки, поэтому их следует применять для ориентирования заготовок по горизонтальным плоскостям, а плоские – по боковым плоскостям. Длину пластин выбирают в зависимости от протяжённости базы. На корпусе приспособления опорные пластины размещают обычно на возвышающихся площадках. При изготовлении приспособления эти площадки обрабатывают одновременно. Высоту **H** пластин выдерживают с отклонениями по **h6**.

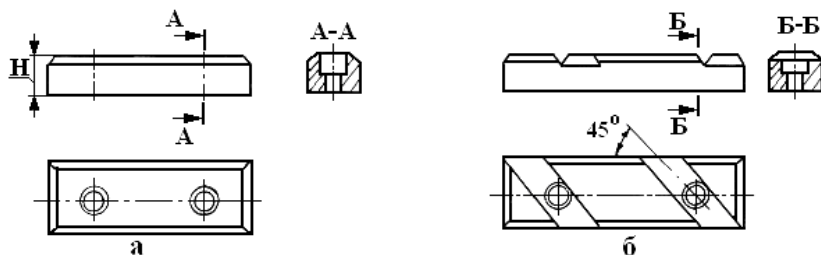


Рис. 1.3. Опорные пластины:
а – плоские, б – с косыми пазами

При необходимости опорные поверхности пластин подгоняют с проверкой по краске, при этом добиваются их расположения в одной плоскости. Если при базировании рассмотренными выше способами заготовка не получает достаточной устойчивости или жёсткости, то к основным опорным элементам добавляют необходимое количество

дополнительных (вспомогательных) опор. Эти опоры увеличивают число точек контакта заготовки с приспособлением, что повышает жёсткость технологической системы. Вспомогательные опорные элементы отличаются тем, что они подводятся к заготовке после того, как она получила необходимое базирование с помощью основных опор. При подведении вспомогательных опор необходимо следить, чтобы не нарушалось достигнутое базирование заготовки. Это позволяет уменьшить или совершенно предотвратить возможные деформации заготовки под влиянием усилий резания и закрепления.

Вспомогательные опоры могут выполняться в виде **регулируемых, самоустанавливающихся и подводимых клиновых** опор.

Регулируемая опора представляет собой винтовой домкрат и используется при установке жёстких заготовок, а также при тяжёлых условиях обработки (рис. 1.4).

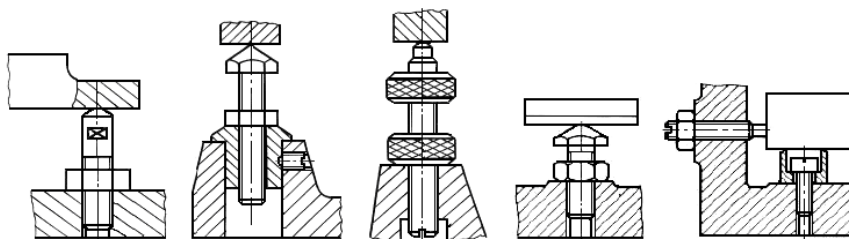


Рис. 1.4. Установка заготовок на регулируемые винтовые опоры

Иногда она применяется для базирования заготовок с необработанной плоской базой вместо опорных штырей, что даёт возможность изменять высоту опор в соответствии с величиной припуска у заготовок разных партий. Регулировку производят перед обработкой каждой партии заготовок с новым припуском. После регулировки положение опор фиксируется и не изменяется на протяжении обработки всех заготовок партии.

Подводимая клиновая вспомогательная опора (рис. 1.5, а) приводится в соприкосновение с базирующей поверхностью заготовки путём линейного перемещения влево систем деталей 2,3,4,5. При этом опорный штырь 1 входит в соприкосновение с базой обрабатываемой заготовки. Затем, вращая рукоятку 5, уменьшают расстояние между шариками 4, которые раздвигают две сегментные шпонки 3, прижимая их к стенке отверстия в корпусе и тем самым фиксируя опору.

Самоустанавливающаяся (пружинная) вспомогательная опора показана на рис. 1.5, б. До установки заготовки опорный штырь 1 несколько выступает над основными опорами, а при установке погружается, преодолевая усилие пружины 2, оставаясь в контакте с базовой поверхностью обрабатываемой заготовки. Фиксация опоры осуществляется с помощью сухаря 3 вращением рукоятки 4.

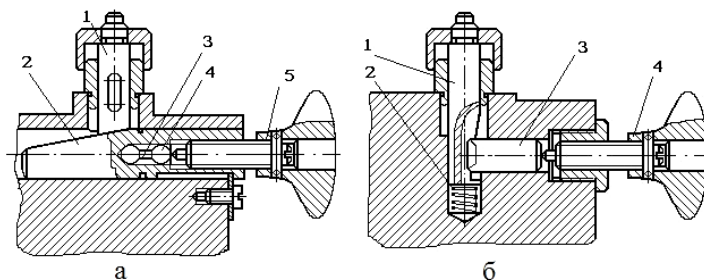


Рис. 1.5. Вспомогательные опоры:
а – клиновья; б – самоустанавливающаяся

После обработки заготовки вспомогательные опоры раскрепляются и отводятся, при установке следующей заготовки цикл повторяется.

При базировании по плоской базе погрешность должна определяться в направлении, перпендикулярном плоскости. Величина погрешности базирования зависит от состояния поверхности базы. Для обработанных баз её можно принимать равной нулю. Это допустимо, если обработанная база имеет малую неплоскостность, так как в этом случае она будет совмещаться практически без погрешности с заданной плоскостью приспособления.

При базировании необработанных баз возможна погрешность, возникающая вследствие того, что плоскость базы по отношению к плоскости приспособления будет устанавливаться с перекосом из-за неровности базы. Величина этого перекоса (угла отклонения плоскости базы от заданной плоскости приспособления) будет зависеть от высоты неровностей и расстояния между опорными точками. Зная величину неровности базы и расстояние между опорами, можно для любой точки базы определить погрешность её базирования.

Погрешности базирования для типичных схем установки на базовые плоскости приведены в табл. 1.1, а в табл. 1.2 даны зависимо-

сти для расчёта перемещения заготовки (погрешности закрепления) под действием нормальной силы зажима Q .

Таблица 1.1. Погрешность базирования при установке на плоскости

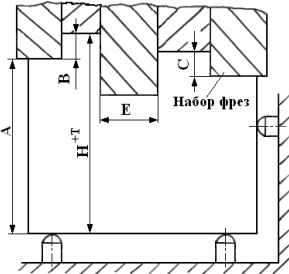
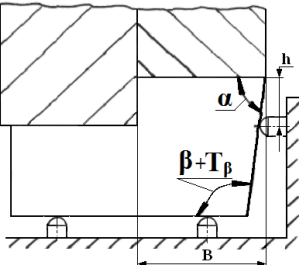
Схема установки	Выдерживаемый размер	Погрешность базирования
	A B C E	$\omega_{BA}=0$ $\omega_{BV}=T$ $\omega_{BC}=0$ $\omega_{BE}=0$
	B α	$\omega_{BV}=h \operatorname{tg} T_{\beta}$ $\omega_{B\alpha}=T_{\beta}$

Таблица 1.2. Расчёт перемещения в стыке опоры – заготовка от силы зажима

Установка	Расчётная формула
На опоры со сферической поверхностью	$y=(0,67-0,003HB+6,23/R)(0,1Q)^{0,8}$ $y=(2,7-0,004HB+9,23/R)(0,1Q)^{0,6}$
На опоры с рифлёной поверхностью	$y=(0,38-0,004HB+0,0034D)(0,1Q)^{0,6}$ $y=(1,76-0,0008HB+0,03D)(0,1Q)^{0,6}$
На гладкие опоры и на опорные пластины	$y=(0,4+0,012F+0,0004Rz-0,0016HB)(0,1q)^{0,7}$ $y=(0,776+0,53F+0,016Rz-0,0045HB)(0,1q)^{0,6}$
Примечание: R – радиус сферической поверхности опоры, мм; D – диаметр рифлёной опоры, мм ; F – площадь опоры, см ² ; Rz – параметр шероховатости поверхности заготовки, мкм; Q – усилие, действующее на поверхность опоры, кгс; q – давление на поверхность опоры, кг/см ² . Верхние строки – стальные заготовки, нижние – чугунные.	

1.3 Установка заготовки по базовому отверстию и плоскости

При установке базирование осуществляется на установочные элементы, выполненные в виде пальцев или жёстких оправок. При базировании на палец (рис. 1.6) заготовка устанавливается по посадке с гарантированным зазором.

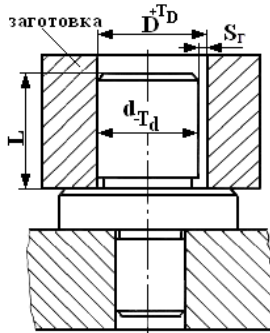


Рис. 1.6. Схема базирования заготовки на цилиндрический палец

Диаметр пальца будет равен:

$$d_{\max} = D_{\min} - S_{\Gamma},$$

где $D_{\min}$ – минимальный диаметр отверстия; S_{Γ} – гарантированный зазор.

Погрешность базирования будет равна максимальному зазору в соединении – $\omega_6 = S_{\max}$.

Максимальный зазор включает следующие составляющие:

$$S_{\max} = S_{\Gamma} + T_d + T_D + T_{\text{изн}},$$

где T_d , T_D – допуск на изготовления пальца и базового отверстия; $T_{\text{изн}}$ – допуск на износ.

Перекося оси базы определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg (S_{\max} / L),$$

где α – угол поворота оси базы; L – длина пальца.

Чтобы перекося оси базы не превышал допустимых пределов, длину пальца выбирают в пределах $L = (1,2 \dots 1,7)D$.

Рассматриваемый способ базирования применяется только для заготовок с базовыми отверстиями, обработанными по 6...9 квалитетам, в противном случае погрешность базирования и перекося значительно увеличиваются. В целях повышения точности заготовку в некоторых случаях устанавливают с нулевым зазором. Такая схема базирования используется при установке заготовок на оправках, которые устанавливаются в центрах станка (погрешность базирования равна нулю).

Конструкции пальцев стандартизованы (ГОСТ 12209-66...12212-66). На рис. 1.7 показаны различные конструкции пальцев. Для облегчения установки заготовок на пальцах имеется фаска.

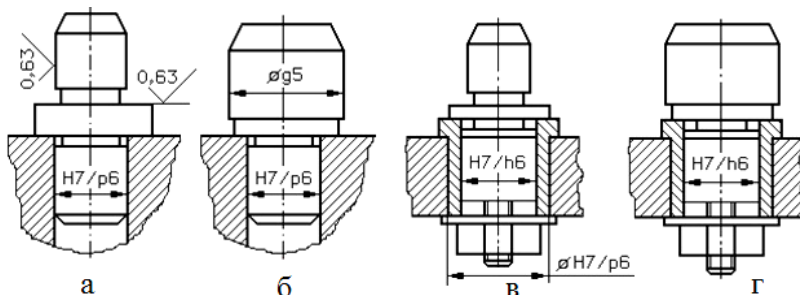


Рис. 1.7. Установочные пальцы:
а, б – постоянные; в, г – сменные

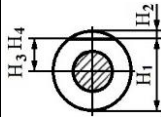
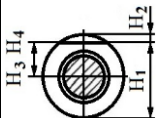
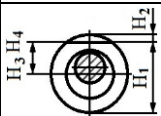
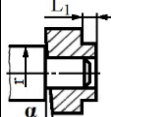
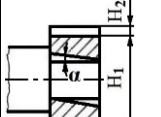
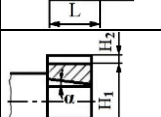
Пальцы диаметром до 16 мм изготавливают из стали У7А, а диаметром более 16 мм – из стали 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до твердости **HRC**, 49...54. Рабочую поверхность пальцев обрабатывают по посадкам **g6** или **g7** и шлифуют до **Ra** = 0,32...0,63 мкм.

Погрешность установки на пальцы характеризуется смещением заготовки на величину диаметрального зазора между поверхностями сопряжения. Если базовый торец заготовки не перпендикулярен к оси отверстия, возможно отклонение оси отверстия от оси пальца. В табл. 1.3 приведены погрешности базирования для типовых случаев установки заготовок на пальцы и оправки.

1.4 Установка заготовок по наружной цилиндрической поверхности и торцу

Применяются следующие способы базирования: в отверстие втулки или кольца; на призму с помощью самоцентрирующего устройства, которые различаются по точности и назначению.

Таблица 1.3. Погрешности базирования для типовых схем установки заготовок на пальцы и оправки

Установка	Схема установки	Выполняемый размер	Погрешность базирования
Без зазора		H_1 H_2 H_3 H_4	$0,5T_D + 2e$ $0,5T_D + 2e$ $2e$ 0
С зазором		H_1 H_2 H_3 H_4	$0,5T_D + 2e + T_d + T_N + 2S_r$ $0,5T_D + 2e + T_d + T_N + 2S_r$ $2e + T_d + T_N + 2S_r$ $T_d + T_N + 2S_r$
С зазором и односторонним отжимом заготовки		H_1 H_2 H_3 H_4	$0,5T_D + 2e + T_d + T_N + 0,5T_N$ $0,5T_D + 2e + T_d + T_N + 0,5T_N$ $0,5T_d + 0,5T_N + 2e$ $0,5T_d + 0,5T_N$
Без зазора, торец заготовки неперпендикулярен к оси отверстия		L_1	$T_L + 2r \operatorname{tg} \alpha$
То же установка с зазором		H_1 H_2	$0,5T_D + 2e + T_d + T_N + 2S_r + 2L \operatorname{tg} \alpha$ $0,5T_D + 2e + T_d + T_N + 2S_r + 2L \operatorname{tg} \alpha$
То же, с односторонним отжимом заготовки		H_1, H_2	$0,5T_D + 2e + 0,5T_d + 0,5T_N + 2S_r + 2L \operatorname{tg} \alpha$

Примечание. e – эксцентриситет наружной поверхности относительно отверстия; H_3 – размер от оси наружной поверхности; H_4 – размер от оси отверстия; T_d и T_L – допуски на диаметр отверстия и пальца; S_r – гарантированный зазор; T_D – допуск на наружный диаметр заготовки; T_L – допуск на длину заготовки.

При базировании с помощью втулки 1, в отверстие которой устанавливается заготовка, ось отверстия втулки располагается в приспособлении в требуемом положении (рис. 1.8).

Чтобы заготовку можно было вставить в отверстие втулки, необходимо предусмотреть гарантированный зазор в соединении заготовка–втулка.

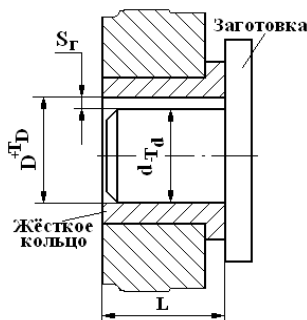


Рис. 1.8. Схема базирования заготовки в жёсткое кольцо

Как и в предыдущем случае (установка заготовки на цилиндрический палец) погрешность базирования при данном способе установки будет равна:

$$\omega_6 = S_{\max}.$$

Кроме того, в пределах $S_{\max}$ возможен перекося оси базы, который определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg (S_{\max} / L).$$

Этот способ базирования используется для заготовок с базами, обработанными по 7...9 квалитетам по СТ СЭВ. Для обеспечения лёгкости установки заготовок в отверстие втулок должен быть гарантированный зазор по подвижной посадке – **G7**. Длину втулки принимают не менее 1,5 диаметра базы, в противном случае может появиться значительный перекося оси заготовки. Кольца используют, когда установка осуществляется коротким буртиком заготовки.

Широкое распространение получило базирование наружных цилиндрических поверхностей в призму. Призмой называют установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, образован-

ного двумя плоскостями, наклонёнными друг к другу под углом α (рис. 1.9).

Призмы для установки коротких заготовок стандартизованы по ГОСТ 12195-66. Призма определяет положение оси заготовки, перпендикулярной основанию призмы вследствие совмещения её с осью углового паза.

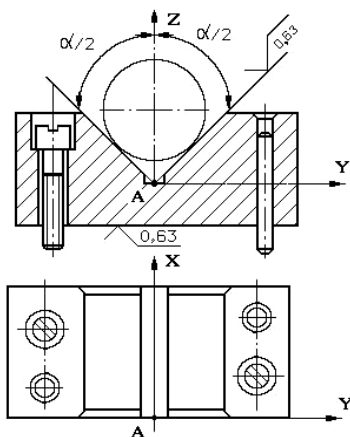


Рис. 1.9. Конструкция призмы

Осью углового паза считают ось, проведённую через точку A пересечения рабочих плоскостей перпендикулярно плоскости основания призмы. Для использования этого свойства призмы необходимо при её изготовлении обеспечивать строгую симметрию рабочих плоскостей относительно оси углового паза, т.е. точно выдержать половину угла призмы $\alpha/2$.

Призма определяет положение продольной оси заготовки X . В связи с этим возникает необходимость её точной фиксации на корпусе приспособления. Поэтому кроме крепёжных винтов положение призмы определяют с помощью двух контрольных штифтов.

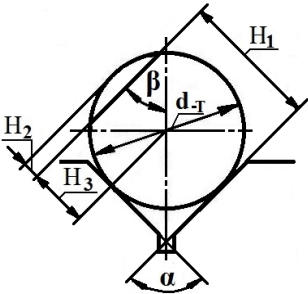
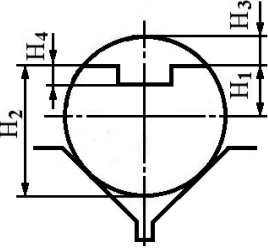
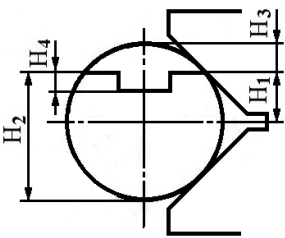
В приспособлениях используют призмы с углами α , равными 60° , 90° и 120° . Наибольшее распространение получили призмы с $\alpha=90^\circ$. Призмы с $\alpha=120^\circ$ применяют, когда заготовка не имеет полной цилиндрической поверхности и по небольшой дуге окружности нужно определить положение оси заготовки. Заготовка, помещённая на таких призмах, имеет небольшую устойчивость. Призмы с углом

$\alpha=60^\circ$ применяют для повышения устойчивости заготовки в том случае, когда имеются значительные силы резания, действующие параллельно основанию призмы.

Конструктор может добиваться повышения точности выполняемого размера, не меняя установочной базы, обусловленной технологом, изменением положения призмы относительно заготовки.

В табл. 1.4 приведены типовые схемы установки цилиндрических заготовок в призму и соответствующие погрешности выполняемых размеров в функции допуска на диаметр базовой поверхности.

Таблица 1.4. Погрешности базирования при установке в призму

Схема	Заданный размер	Погрешность базирования
	H_1	$\frac{T}{2} \left(\frac{\sin \beta}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$ при $\beta = \frac{\alpha}{2} \dots 90^\circ$
	H_2	$\frac{T}{2} \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)$ при $\beta = 0 \dots \frac{\alpha}{2}$
	H_3	$\frac{T}{2} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$
		$\frac{T}{2} \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}}$
	H_1	$\frac{T}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$
	H_2	$\frac{T}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$
	H_3	$\frac{T}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)$
	H_4	0
	H_1	0
	H_2	$T/2$
	H_3	0
	H_4	0

С целью уменьшения погрешности базирования используются различные *самоцентрирующие устройства*.

Самоцентрирующим называют устройство, опорные поверхности которого подвижны и связаны между собой так, что могут одновременно и с равным перемещением сближаться к оси устройства или удаляться от неё, т.е. они одновременно базируют и закрепляют заготовку. Самоцентрирующие устройства могут быть выполнены либо в виде кулачков, либо в виде цилиндрической тонкостенной втулки, упруго деформируемой при действии сил зажима и др.

Основное преимущество самоцентрирующих устройств состоит в том, что при установке в них заготовки погрешность базирования равна нулю. Эти устройства могут быть использованы для базирования заготовок как с обработанной, так и с необработанной базой. К ним относятся различные самоцентрирующие патроны: трёхкулачковые, цанговые, гидропластмассовые и др.

1.5 Установка заготовок по двум базовым отверстиям и плоскости

Конструктивно различают установку на два цилиндрических пальца или на один цилиндрический и один срезанный пальцы. Граница применимости этих сочетаний определяется точностью диаметров и взаимного расположения базовых отверстий и требуемой точностью выдерживаемых на операции относительных расстояний и поворотов обрабатываемых поверхностей.

Установка заготовок на два цилиндрических пальца. На рис. 1.10, а показано положение базовых отверстий 1 и 2 и пальцев 3 и 4 при номинальном размере межцентрового расстояния между ними L . Для выполнения условия установки рассмотрим наихудший случай (рис. 1.10, б), когда межцентровое расстояние отверстий выполнено по наибольшему предельному размеру $L + T_{м.о.}/2$, межцентровое расстояние пальцев приспособления – по наименьшему $L - T_{м.п.}/2$, а зазоры в сопряжениях отверстий с пальцами выполнены минимальными – S_{1min} и S_{2min} .

При таком положении ось каждого пальца сместится к середине межцентрового расстояния на величину $T_{м.п.}/4$, а ось каждого отверстия сместится от середины на величину $T_{м.о.}/4$ от номинального положения осей O_1 и O_2 . Следовательно, расстояния O_1' , O_1'' и O_2' ,

O_2'' равны $T_{м.о} / 4 + T_{м.п.} / 4$. На рис. 10, б видно, что оси отверстий относительно осей пальцев могут сместиться на величину $S_{1min}/2$ и $S_{2min}/2$. Отсюда можно определить условия установки заготовки на два цилиндрических пальца:

$$S_{1min} + S_{2min} \geq T_{м.о.} + T_{м.п.}$$

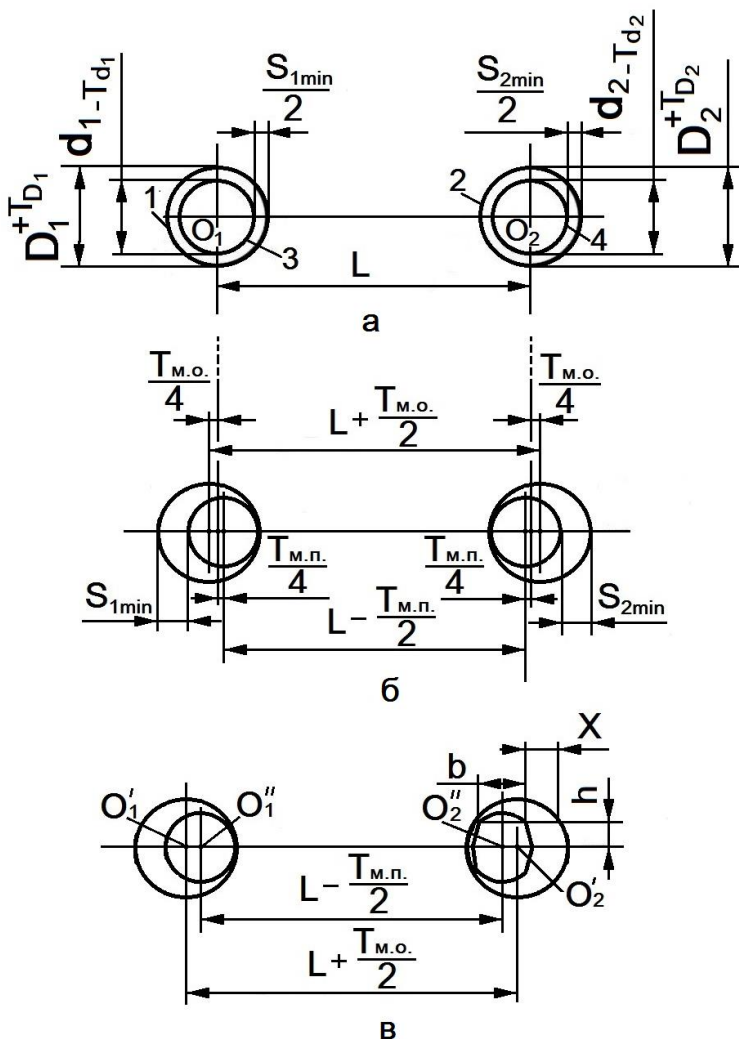


Рис. 1.10. Схема установки заготовки на два пальца

Следовательно, чтобы сохранить возможность установки на два цилиндрических пальца, необходимо увеличить минимальные зазоры в сопряжении пальцев и отверстий, а это чаще всего приводит к недопустимому снижению точности установки.

Значительно повысить точность при сохранении возможности гарантированной установки любой заготовки из партии с межцентровым расстоянием базовых отверстий в пределах заданного допуска удаётся, если второй палец будет срезанным, а не цилиндрическим.

Схема установки заготовок на один цилиндрический и один срезанный палец показана на рис. 1.10, в. Как видно, срез пальца увеличивает зазор X в направлении общей оси двух базовых отверстий O_1O_2 , что позволяет установить заготовки с более широким допуском. Условие установки запишется следующим образом:

$$S_{Imin} + X \geq T_{м.о.} + T_{м.п.}$$

Смещения заготовки от её среднего положения в направлениях, перпендикулярных к оси цилиндрического пальца, определяются минимальным радиальным зазором S_{Imin} , допуском на диаметр базового отверстия T_{D1} , допуском на диаметр пальца T_{d1} и допуском на его износ $T_{Iизн}$ (рис. 1.11). Наименьшее смещение равно S_{Imin} , а наибольшее:

$$S_{max} = S_{Imin} + \frac{T_{D1}}{2} + \frac{T_{d1}}{2} + \frac{T_{Iизн}}{2}.$$

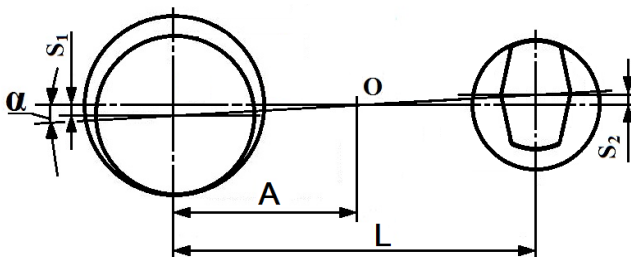


Рис. 1.11. Схема для расчёта погрешности установки заготовки на пальцы

По величинам смещений находят погрешность установки для выполняемых размеров. Наибольший угол поворота α заготовки от её номинального положения можно найти по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\min} + \frac{T_{D_1}}{2} + \frac{T_{d_1}}{2} + S_{2\min} + \frac{T_{D_2}}{2} + \frac{T_{d_2}}{2} + \frac{T_{1\text{изн}}}{2} + \frac{T_{2\text{изн}}}{2}}{L},$$

где $S_{2\min}$ – минимальный радиальный зазор при посадке на срезанный палец; T_{D_2} – допуск на диаметр отверстия под срезанный палец; T_{d_2} – допуск на диаметр ленточки срезанного пальца; $T_{2\text{изн}}$ – допуск на износ срезанного пальца.

Расстояние центра поворота от оси цилиндрического пальца

$$A = \frac{S_{1\min} + \frac{T_{D_1}}{2} + \frac{T_{d_1}}{2} + \frac{T_{1\text{изн}}}{2}}{S_{1\min} + \frac{T_{D_1}}{2} + \frac{T_{d_1}}{2} + S + \frac{T_{D_2}}{2} + \frac{T_{d_2}}{2} + \frac{T_{1\text{изн}}}{2} + \frac{T_{2\text{изн}}}{2}} L.$$

Для уменьшения угла α расстояние L следует брать наибольшим. При прямоугольной в плане базовой плоскости базовые отверстия располагают на концах её диагонали.

Установочные пальцы, применяемые для базирования заготовок по двум отверстиям и плоскости, стандартизованы (рис. 1.12).

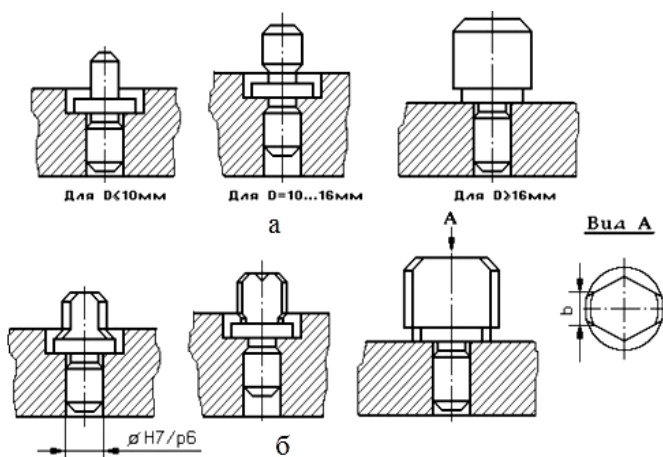


Рис. 1.12. Установочные пальцы:
а – цилиндрические, б – срезанные

Конструкция цилиндрических пальцев определена ГОСТ 12209-66, а срезанных – ГОСТ 12210-66. Следует иметь в виду, что по ГОСТ ширина цилиндрической ленточки **b** зависит от диаметра цилиндрического пальца: для **d=4...6** **b=1** мм, для **d=6...8** **b=2** мм, **d=8...12**, **b=3** мм, для **d=12...32** **b=4** мм и т.д. Размеры цилиндрического пальца зависят от массы заготовки. При массе заготовки до 5 кг **d** пальца не превышает 6 мм, при 15 кг – 10 мм, при 45 кг – 12 мм, при 120 кг – 16 мм и при большей массе – 20 мм.

1.6 Установка заготовок по центровым отверстиям

При обработке валов, тяг и других заготовок часто применяют установку на конические поверхности специально выполненных центровых отверстий или фасок. Установка вала по двум центровым отверстиям позволяет совместить ось заготовки с осью центров, т.е. свести к нулю погрешности от несовмещения технологической базы с собственной системой координат для всех размеров, заданных от оси вала. Такая схема установки получила широкое применение благодаря следующим преимуществам: простота конструкции приспособления; отсутствие погрешности от несовмещения баз для диаметральных размеров; обеспечение выдерживания принципа постоянства баз при обработке на различных операциях.

Недостатком этой схемы является необходимость обработки у заготовок дополнительных поверхностей – центровых отверстий.

Для реализации такой схемы базирования в качестве установочных элементов используют жёсткие и вращающиеся центры. Конструктивные разновидности жёстких центров показаны на рис. 1.13, а схемы установки – на рис. 1.14.

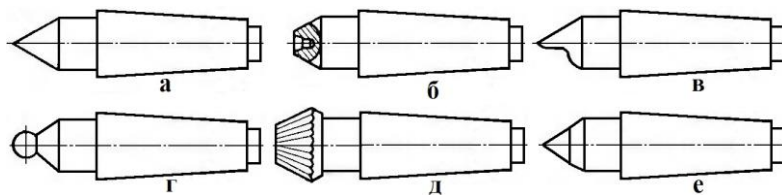


Рис. 1.13. Жёсткие центры:
а – обычный; б – обратный; в – срезанный; г – сферический;
д – рифлёный; е – с твёрдосплавной вставкой

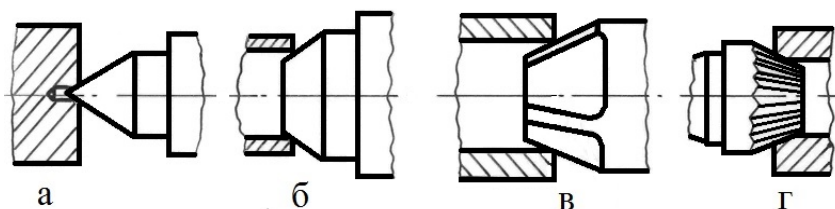


Рис. 1.14. Схемы установки с использованием жёстких центров

Центры изготавливают из сталей У7А, У10А и подвергают термической обработке до твёрдости **HRC**, 54...59, износостойкость повышают наплавкой твёрдого сплава.

При установке на жёсткий центр погрешность базирования для осевых размеров зависит от точности выполнения центровых гнёзд.

1.7 Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из основания, на котором закреплён ряд установочных элементов приспособлений, позволяющих базировать образцы (заготовки):

1. По трём плоскостям, основанию и двум боковым сторонам на жёсткие установочные опоры.
2. По базовому отверстию и плоскости: а) на жёсткий палец, б) на самоцентрирующий механизм.
3. По наружной цилиндрической поверхности и торцу: а) жёсткое кольцо, б) в призму.
4. По двум базовым отверстиям и плоскости на два жёстких пальца.
5. По центровым отверстиям, установка в жёсткие центры.

На рис. 1.15 представлен чертёж образца, который используется в экспериментах. На чертеже указаны установочные поверхности для базирования по всем указанным выше способам. Около каждого значка в кружочках отмечен номер варианта базирования.

В экспериментах образец 5...10 раз базируется в каждом варианте, а о погрешности установки судят по отклонениям показания индикатора. На рис. 1.16 представлены схемы замера погрешностей базирования для всех возможных вариантов установки образца.

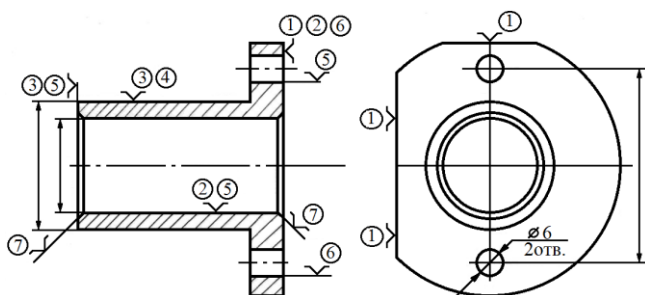


Рис. 1.15. Образец-заготовка

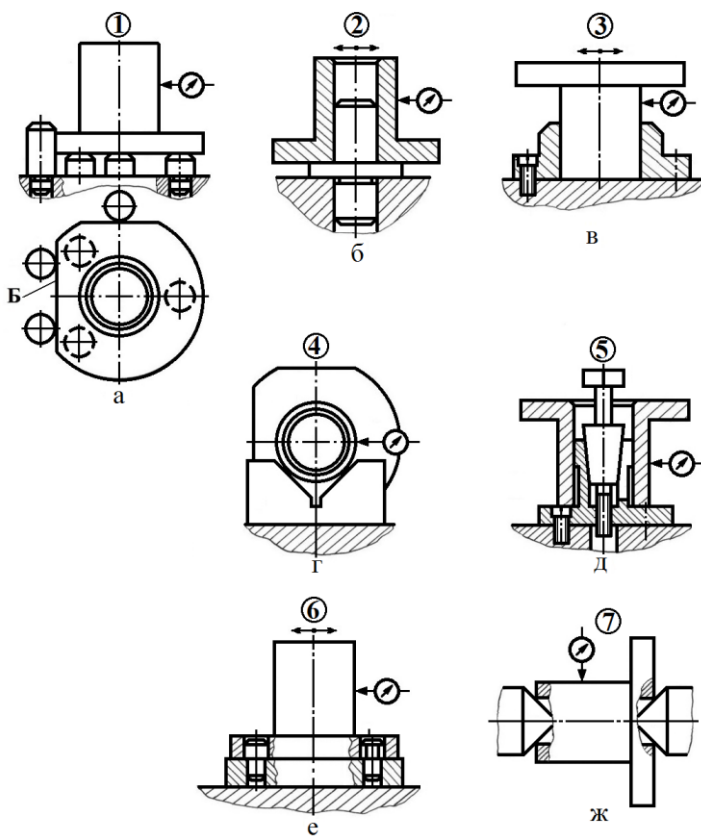


Рис. 1.16. Схемы базирования и замера погрешностей для различных вариантов установки образца

1.8 Порядок выполнения работы

1. Установка образца по плоскости основания и двум боковым сторонам (рис. 1.16, а).

1.1. Изучить конструкцию установочных элементов, измерить геометрические параметры опор.

1.2. По формулам табл. 1.2 определить зависимость перемещения в стыке опора – заготовка от силы зажима. В расчётах принять нормальную составляющую силы зажима $Q = 150 \text{ Н}$, а силу на боковую сторону $B - Q_r = 500 \text{ Н}$.

1.3. Устанавливая заготовку на опоры 5...10 раз, зафиксировать отклонения индикатора.

1.4. Определить среднюю погрешность и сравнить с расчётной.

1.5. Сделать вывод.

2. Установка заготовки по базовому отверстию и плоскости на жёсткий цилиндрический палец (рис. 1.16, б).

2.1. Замерить размеры цилиндрического пальца (d) и диаметр базового отверстия образца (D).

2.2. По формулам табл. 1.3 рассчитать погрешность базирования.

2.3. Устанавливая заготовку на палец 5...10 раз и каждый раз сдвигая её в пределах зазора – фиксировать показания индикатора.

2.4. Определить среднюю погрешность и сравнить с результатами расчёта.

2.5. Сделать выводы.

3. Установка заготовки по наружной цилиндрической поверхности и торцу в жёсткое кольцо (рис. 1.16, в).

3.1. Замерить внутренний посадочный диаметр кольца и базовый диаметр наружной цилиндрической поверхности образца.

3.2. По формулам табл. 1.3 рассчитать погрешность базирования.

3.3. Устанавливая заготовку в кольцо 5...10 раз, фиксировать показания индикатора.

3.4. Определить среднюю погрешность и сравнить её с расчётной.

3.5. Сделать вывод.

4. Установка заготовки по наружной цилиндрической поверхности в призму (рис. 1.16, г).

4.1. Замерить базовый диаметр образца d (угол призмы равен 90°).

4.2. По формулам табл. 1.4 определить погрешность базирования.

4.3. Устанавливая заготовку в призму 5...10 раз в разных положениях, фиксировать показания индикатора.

4.4. Определить среднюю погрешность и сравнить её с расчётной.

4.5. Сделать выводы.

5. Установка заготовки по базовому цилиндрическому отверстию и торцу на самоцентрирующий разжимной элемент (рис. 1.16, д).

5.1. Изучить конструкцию установочного элемента (цанги).

5.2. Устанавливая заготовку и закрепляя её на цанге 5...10 раз, изменяя при этом угловое положение заготовки, зафиксировать отклонения показаний индикатора.

5.3. Определить среднюю погрешность установки ω_y (смещение оси) и сравнить с погрешностью варианта 2.

5.4. Сделать вывод.

6. Установка заготовки по двум отверстиям и плоскости (рис. 16, е).

6.1. Изучить конструкцию и расположение установочных пальцев, замерить их размеры и размеры базовых отверстий заготовки.

6.2. Для схемы, представленной на рис. 1.10 определить условия установки заготовки на два цилиндрических и на один цилиндрический и один срезанный пальцы. В расчётах принять $T_{м.о.}=\pm 0,05\text{мм}$, $T_{м.п.}=\pm 0,04\text{мм}$.

6.3. Устанавливая заготовку на пальцы, 5...10 раз зафиксировать отклонения в показаниях индикатора.

6.4. Определить среднее значение погрешности и сравнить с расчётом.

6.5. Сделать выводы.

7. Установка заготовки по центровым отверстиям (рис. 1.16, ж).

7.1. Установить заготовку в центры и измерить индикатором биение наружной поверхности, повторить измерения 5...10 раз.

7.2. Определить максимальное биение и выяснить причины, вызывающие погрешности биения заготовки.

7.3. Сделать вывод.

8. Оформить отчёт о работе.

1.9 Вопросы для самоконтроля

1. Что называется установочными элементами приспособления?
2. Чем определяется выбор формы головки постоянных опор (плоская, сферическая, с насечками)?
3. С какой целью в опорных пластинах выполняются косые пазы?
4. В чём отличие вспомогательных опорных элементов от основных (постоянных опор)?
5. Что входит в состав погрешности базирования при установке заготовки по базовому отверстию на жёсткий цилиндрический палец?
6. Что называется призмой?
7. От чего зависит погрешность базирования в призме?
8. Для чего при базировании заготовок по двум базовым отверстиям один из пальцев выполняют срезанным?

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗАЖИМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПОГРЕШНОСТЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Цель работы:

1. Изучение конструкции и области применения зажимных элементов приспособлений.
2. Экспериментальное определение погрешности закрепления при использовании различных зажимных элементов.

2.1 Общие сведения о зажимных элементах

Зажимные элементы приспособлений (зажимы) предназначены для обеспечения контакта заготовки с установочными элементами и создания надёжного закрепления её в процессе обработки. При этом заготовке придаётся повышенная жёсткость и виброустойчивость, что позволяет вести обработку с заданной точностью и производительностью.

К зажимным элементам приспособлений предъявляются следующие требования:

- при закреплении не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое при её базировании;
- закрепление должно быть надёжным, чтобы во время обработки положение заготовки оставалось неизменным;
- возникающее при закреплении смещение поверхностей заготовки, а также её деформация, должны быть минимальными;
- зажим заготовки должен быть равномерным, особенно в многоместных приспособлениях;
- закрепление и раскрепление заготовок должно быть с минимальной затратой сил и времени;
- зажимные элементы должны быть надёжными в работе, простыми по конструкции, удобными и безопасными в обслуживании.

Несоблюдение этих требований закрепления может привести к возникновению погрешностей обработки, а изменение положения заготовки в процессе резания – к поломке режущего инструмента и травмированию рабочего.

Зажимы приспособлений делятся на **простые** и **комбинированные**. Простыми являются зажимы, у которых сила от определённого источника передаётся закрепляемой заготовке непосредственно через одно звено. Комбинированные – состоят из нескольких сблокированных последовательно простых зажимов.

По числу точек приложения силы закрепления зажимные элементы делят на единичные и многократные. Многократные зажимные устройства закрепляют одновременно одну заготовку в нескольких точках или несколько заготовок с равными силами.

2.2 Простые зажимные элементы

К простым зажимам относятся: винтовая пара, клин, эксцентрик, пружина.

Винтовые зажимы имеют широкое распространение, они просты по конструкции и позволяют создать большую силу закрепления. Существенным недостатком является то, что при закреплении затрачивается сравнительно большое вспомогательное время. Закрепление осуществляется болтом или гайкой.

Непосредственное закрепление болтом осуществляется для грубо обработанных заготовок (рис. 2.1). Зажимные болты изготавливаются из стали 45 с закалкой головки и рабочего конца до HRC₃,

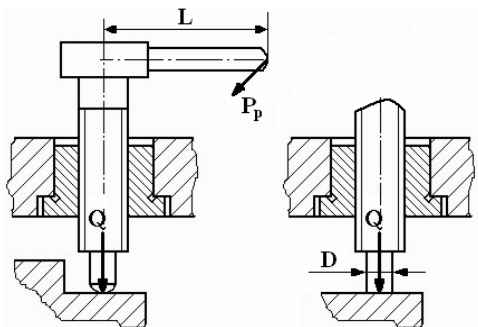


Рис. 2.1. Винтовой зажим

35...40. Применение промежуточной резьбовой втулки облегчает ремонт после износа соединения. Обточка рабочего конца болта выполняется для удобства его вывинчивания из втулки.

В тех случаях, когда на зажимной поверхности заготовки вмятины от действия винта недопустимы, применяют опорные пяты (рис. 2.2). Опорная пята прикрепляется шарнирно к рабочему концу зажимного болта и даёт возможность передать давление на большую площадь, уменьшив тем самым удельное давление. Шарнирное закрепление пяты предохраняет зажимной болт от изгиба даже при наклонном положении зажимной поверхности заготовки.

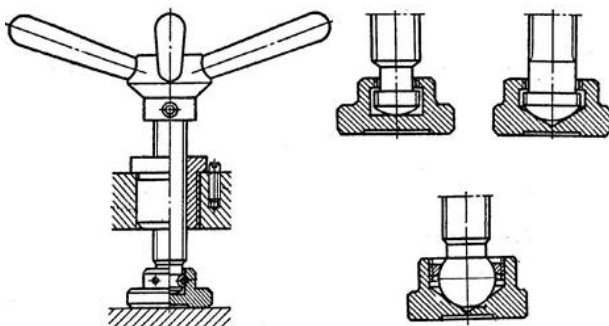


Рис. 2.2. Винтовые зажимы с пятой

Гайками для закрепления заготовок в приспособлениях пользуются при базировании по отверстию (рис. 2.3). Зажимные гайки приспособлений работают в сочетании с разрезными (быстросменными) шайбами, которые дают возможность производить установку и снятие заготовки при небольшом отвинчивании гайки.

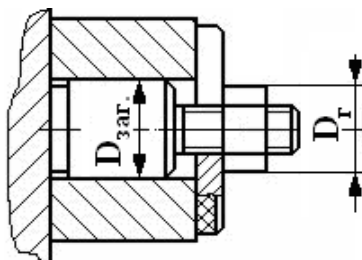


Рис. 2.3. Зажим гайкой с быстросменной шайбой

Эксцентрики являются распространённым средством зажима заготовок в приспособлениях. Это объясняется относительной простотой их изготовления, удобством в использовании и быстротой действия. Имея преимущество перед винтовыми зажимами в скорости действия, эксцентриковые зажимы уступают им в универсальности, силе зажатия и надёжности закрепления. Лучшими условиями для работы эксцентриковых зажимов является отсутствие значительных толчков и вибраций в процессе обработки заготовки.

В зависимости от формы рабочей поверхности эксцентрики могут быть **круговыми** (рабочая поверхность – окружность) или **спиральными** (эксцентрики-кулачки, рабочая поверхность – эвольвента или спираль Архимеда) (рис. 2.4).

Круговой эксцентриковый зажим представляет собой диск или валик, поворачиваемый вокруг оси **О**, смещённой относительно геометрической оси эксцентрика на некоторую величину **е**, называемую эксцентриситетом. В эксцентрике соединены два элемента – круглый диск и плоский односкосный клин.

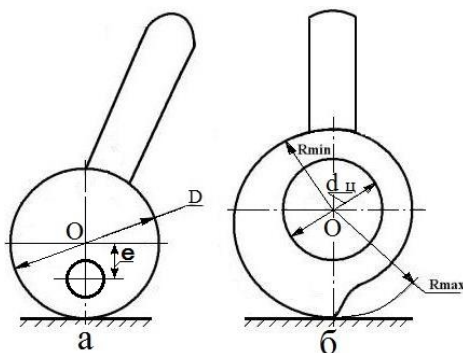


Рис. 2.4. Эксцентриковый зажим:
а – круговой эксцентрик; б – криволинейный эксцентрик

Различие между круговым и спиральным эксцентриками заключается в том, что в развёртке круговых эксцентриков плоский клин получается криволинейным с переменным углом подъёма клина **α** в зависимости от угла поворота эксцентрика **β**, а у криволинейных эксцентриков **α** не зависит от **β**. Это означает, что криволинейные эксцентрики создают стабильную силу зажима в партии заготовок, а

круговые – нет. При зажиме круговыми эксцентриками в зависимости от колебания размера заготовок в партии изменяется рабочий угол поворота β , а следовательно угол α и сила зажима Q . В то же время технология изготовления круговых эксцентриков значительно проще, чем криволинейных. Материалом для изготовления эксцентриков служат стали марки 20 или У7А. В первом случае эксцентрик подвергается цементации и закалке до твёрдости HRCэ 55...60, во втором случае производится закалка до HRCэ 48...52.

Зажим заготовок непосредственно клином используется очень редко. Однако клин в сочетании с другими звеньями механизма зажима получил широкое распространение благодаря простоте и компактности конструкции, надёжности в работе. Применение в зажимном механизме клина обеспечивает увеличение исходной силы и перемену её направления, самоторможение механизма. Если клиновой механизм применяют для перемены направления силы зажима, то угол клина обычно равен 45° , а если для увеличения силы зажима или повышения надёжности закрепления, то угол клина принимают равным $6^\circ \dots 15^\circ$.

Действие клина непосредственно на поверхность заготовки допускать не рекомендуется во избежание повреждений последней. Для этого используют промежуточное звено механизма (рис. 2.5).

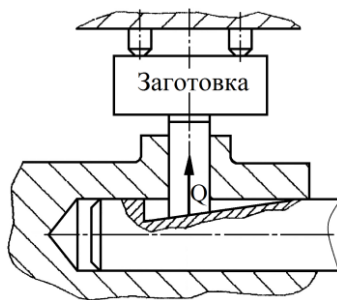


Рис. 2.5. Клино-плунжерный зажимной механизм

Перемещение клина происходит с помощью пневматики, гидравлики или ручную – винтом.

2.3 Комбинированные зажимные элементы

Сложные зажимные устройства состоят из двух или нескольких простых механизмов. Зажимы, состоящие из рычага в сочетании с винтовым, эксцентриковым или клиновым механизмом, называют **прихватами**. Конструкции прихватов изображены на рис. 2.6. Прихват представляет собой механизм, состоящий из рычага в сочетании с одним из простых зажимов. Отодвигаемый винтовой прихват (рис. 2.6, а) находит более широкое применение в конструкциях приспособлений. В исходном состоянии прижимная планка 1 (рычаг) с винтом 2 находятся в левом положении, обеспечивающем свободную установку заготовки. Пружина через конусную шайбу передаёт усилие на прижимную планку, удерживая её в верхнем положении. После установки заготовки на установочные элементы приспособления рычаг с винтом передвигается в правое крайнее положение. Вращением винта 2 с помощью ключа осуществляется крепление заготовки планкой 1. С целью предохранения поворота прихвата при зажиме заготовки винт 2 располагается в пазе опорной планки 3, закреплённой в корпусе.

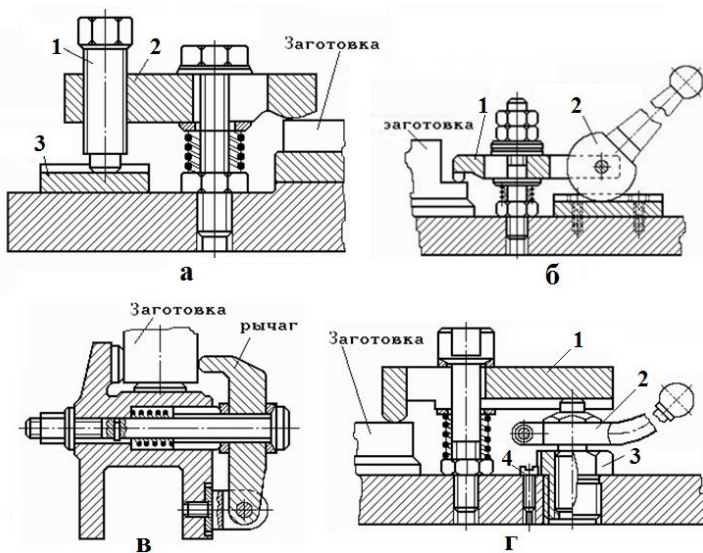


Рис. 2.6. Конструкции прихватов:

а – винтовой; б – эксцентриковый; в – боковой; г – с винтовым домкратом

Конструкция эксцентрикового прихвата приведена на рис. 2.6, б. В исходном состоянии прижимная планка 1 с эксцентриком 2 находится в правом крайнем положении. Вращением ручки эксцентрика по часовой стрелке производят закрепление заготовки. Назначение остальных элементов конструкции такое же, как и в конструкции прихвата (рис. 2.6, а). Применение прихватов с эксцентриковым механизмом позволяет сократить вспомогательное время на закрепление заготовки.

На рис. 2.6, в изображена конструкция бокового прихвата. Зажим осуществляется одновременно в горизонтальном и вертикальном направлениях за счёт установки рычага на оси.

На рис. 2.6, г приведена конструкция прихвата с винтовым домкратом. Передача усилия на заготовку осуществляется через рычаг 1 вращением рукоятки 2. Для предохранения корпуса от износа вмонтирована переходная резьбовая втулка 3, которая стопорится винтом 4.

Прихваты – комбинированные зажимные устройства – применяют для увеличения сил закрепления, изменения направления сил зажима, уменьшения габаритных размеров зажимного устройства в местах его контакта с заготовкой, а также для создания наибольших удобств управления.

Многократные зажимы приводят в действие от одного силового источника и зажимают несколько или одну заготовку в нескольких точках одновременно. Применение многократных зажимов позволяет сократить вспомогательное время t на операции. Основным требованием, предъявляемым к многократным зажимам, является равенство зажимных сил. Для того чтобы обеспечить равенство сил зажима, ведомые звенья механизма должны составлять заблокированную систему, развивающую силу зажима независимо от колебаний размеров заготовок.

Известно много конструкций многократных зажимов приспособлений, которые можно разделить на группы, приняв за классификационный признак направление сил зажима. Можно выделить следующие группы: последовательного действия, передающие силу зажима в одном направлении от заготовки к заготовке (закрепление пакета заготовок); параллельного действия, зажимающие заготовки в нескольких параллельных направлениях; со встречными силами зажима; с пересекающимся направлением сил (рис. 2.7).

На рис. 2.7, а, в показаны механизмы параллельного действия. Механизм (рис. 2.7, а) прост и надёжен в работе, но при большом количестве заготовок оказывается громоздким и неудобным. Механизм на рис. 2.7, б компактен. Под действием силы $P_{\text{и}}$ система подвижных клиньев и плунжеров перемещается до тех пор, пока все плунжеры не зажмут заготовки. Недостатки этого механизма: низкий КПД, при одинаковых углах клиньев силы зажима Q неодинаковы из-за потерь на трение; для выравнивания Q углы клиньев нужно делать различными, что усложняет изготовление.

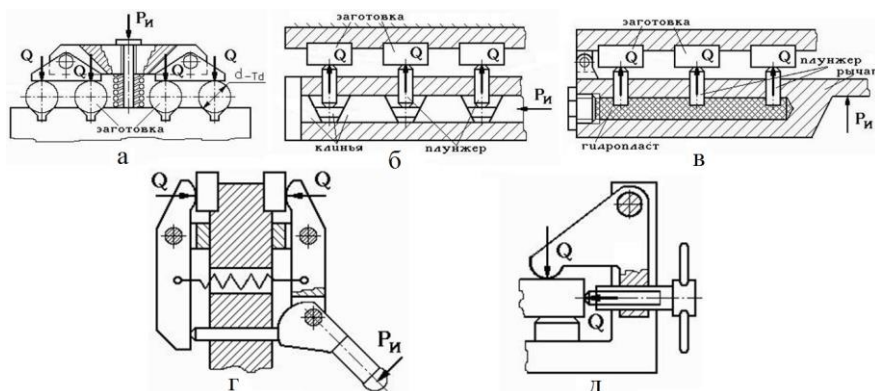


Рис. 2.7. Схемы многократных зажимов:
 а, б – параллельного действия; в – с гидропластом;
 г – со встречными силами; д – с пересекающимися силами

Этих недостатков лишены зажимы с гидропластом (рис. 2.7, в). Так как гидропласт обладает способностью передавать давление по всем направлениям без изменения, силовой источник через рычаг и плунжеры передаёт одинаковую силу зажима Q на все заготовки.

На рис. 2.7, г, д показаны механизм со встречными и пересекающимися линиями действия сил зажима.

В пружинных зажимных механизмах элементом, преобразующим исходную силу привода $P_{\text{и}}$ в силу зажима Q , является пружина. Сила Q обеспечивается сжатием пружины на необходимую величину $F_{\text{н}}$. Применяют две схемы построения пружинных зажимов, представленные на рис. 2.8. В схеме на рис. 2.8, а необходимое сжатие пружины 1 достигается перемещением штока привода 5. При этом плунжер 3 передаёт на заготовку 4 силу Q . Сила зажима Q ограниче-

на неподвижном упоре 2, воспринимающем на себя избыточную силу привода Q .

В схеме на рис. 2.8, б необходимое сжатие пружины 3 регулируется гайкой 2 при настройке приспособления. Сила Q передаётся на заготовку 1 через тягу 4. Для открепления заготовки шток 5 привода силой $P_{\text{и}}$ подаёт вправо тягу 4, дополнительно сжимая пружину 3. Пружины для таких зажимов выбирают из числа нормализованных по требуемым значениям Q и $F_{\text{н}}$.

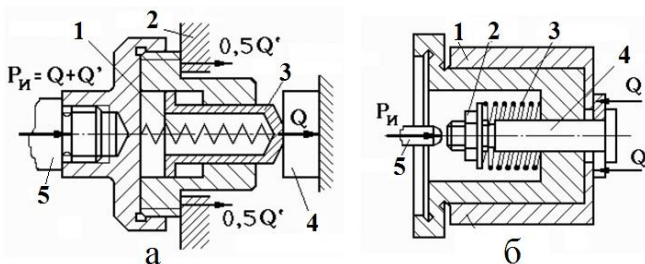


Рис. 2.8. Схемы пружинных зажимов

Процесс установки заготовок в приспособление включает в себя две стадии: базирование и закрепление. При базировании заготовке придают необходимую ориентацию относительно выбранной системы координат, а неизменность этого положения при обработке обеспечивают закреплением. Вследствие неоднородности базовых поверхностей заготовок, неточности изготовления изнашивания опорных и зажимных элементов приспособления, нестабильности сил закрепления и других причин положение заготовок в приспособлениях будут различным.

Погрешность обработки, определяющую погрешность фактически достигнутого положения заготовки от требуемого, называют погрешностью установки и определяют по формуле:

$$\omega_y = 1,2 \sqrt{\omega_6^2 + \omega_3^2 + \omega_{\text{пр}}^2},$$

где ω_6 – погрешность базирования; ω_3 – погрешность закрепления; $\omega_{\text{пр}}$ – погрешность приспособления.

Зажимные элементы оказывают влияние на погрешность закрепления ω_3 , которая может быть определена как разность между

наибольшей и наименьшей проекциями смещения измерительной базы на направления обрабатываемого размера при приложении к заготовке силы зажима.

2.4 Порядок выполнения работы

1. Определить погрешности закрепления от деформации стыка *приспособление – заготовка*.

Измерение деформации в стыке осуществляется в приспособлении, представленном на рис. 2.9. В исследованиях используются образцы, имеющие шероховатость стыковочной поверхности $Ra=0,63\text{мкм}$; $Rz=40\text{мкм}$. Прижим образцов к приспособлению осуществляется винтовым зажимом, к которому с помощью динамометрического ключа прикладывается фиксированное усилие в 50 Н и 100 Н – на плече. О деформации в плоскости стыка судят по показаниям индикатора с ценой деления 0,001мм. Для достоверности результатов экспериментов закрепление каждого образца осуществляют 3...5 раз.

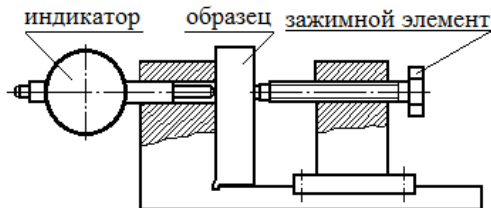


Рис. 2.9. Схема определения погрешности закрепления от деформации стыка

2. Определить погрешности закрепления в *цанговом зажиме*.

Схема приспособления с цанговым зажимом представлена на рис. 2.10.

Осевые смещения заготовки при закреплении её в цанге вызваны совокупностью причин случайного характера, не поддающихся предварительной оценке. К ним относятся: «выжим» заготовки из цанги в момент зажима, отход заготовки во время её закрепления от торца цанги вследствие некоторого перекоса заготовки, имеющего место при разжатой цанге и др.

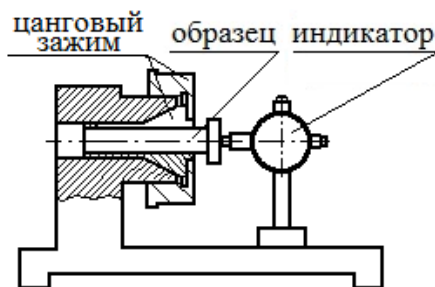


Рис. 2.10. Измерение погрешности закрепления в цанговом зажиме

В эксперименте образец устанавливается в цанге, которая предварительно зажимается гайкой вручную. К торцу заготовки подводится индикатор с ценой деления 0,01 мм. Затем производится окончательный зажим гайки ключом. При этом по индикатору фиксируется осевое перемещение образца. Эксперимент повторяется 3...5 раз.

3. Определить погрешности закрепления при использовании винтовых зажимов.

Исследования проводят на экспериментальной установке, представленной на рис. 2.11.

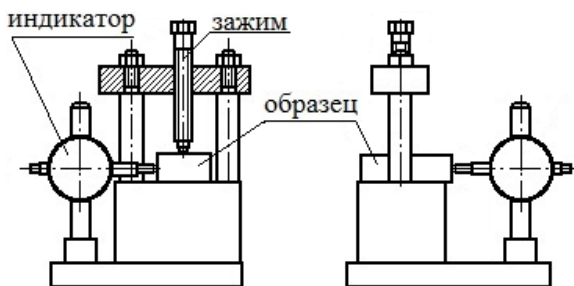


Рис. 2.11. Схема измерения погрешности закрепления при использовании винтовых зажимов

При экспериментах фиксируется смещение образца в двух направлениях с помощью индикаторов с ценой деления 0,02 мм. Зажим последовательно осуществляется с помощью винтов с различной опорной поверхностью (рис. 2.12, а, б, в) и пружинным зажимом (рис. 2.12, г).

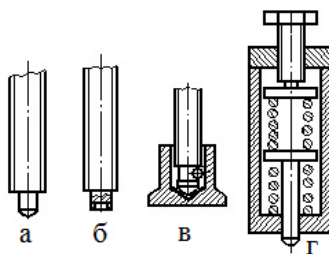


Рис. 2.12. Конструкции винтов с различной опорной поверхностью:
а – сферический; б – кольцевой; в – с пятой; г – сферический пружинный

К головке винтов динамометрическим ключом прикладывается фиксированное усилие в **50Н** и **100Н**. Зажим образцов каждым винтом производится 3...5 раз.

4. Определить погрешности закрепления при использовании сложных зажимных механизмов (прихватов).

В экспериментах используется в качестве сложного механизма винтовой прихват. В исследованиях фиксируется перемещение образца в двух направлениях с помощью двух индикаторов с ценой деления 0,001мм.

В исследованиях варьируется положение рычага относительно образца с помощью опорного винта. При этом достигается два положения: когда рычаг параллелен зажимной поверхности образца (рис. 2.13, а) и когда он находится под углом к образцу (рис. 2.13, б). Зажим образца осуществляется 3...5 раз.

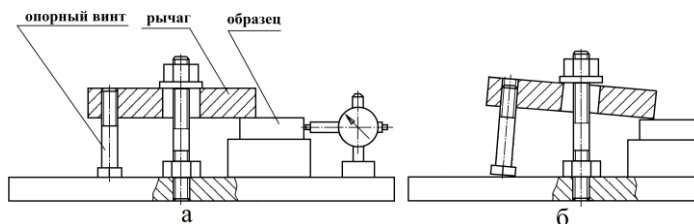


Рис. 2.13. Схема измерения погрешности закрепления при использовании сложных зажимных механизмов:
а – рычаг параллелен зажимной поверхности образца;
б – рычаг расположен под углом к образцу

5. Оформить отчёт по выполненной работе.

2.5 Вопросы для самоконтроля

1. Что называется зажимными элементами, и какие требования к ним предъявляются?
2. Что называется простым зажимом?
3. Что такое сложные или комбинированные зажимы?
4. Что называется многократным зажимом?
5. Что такое погрешность закрепления?
6. Вследствие каких причин возникают погрешности закрепления при использовании различных зажимных элементов?

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОКАМЕРЫ

Цель работы:

1. Ознакомление с конструкциями пневмоприводов для зажимных элементов приспособлений.
2. Изучение методики расчёта силовых параметров пневмокамеры.
3. Получение экспериментальной зависимости развиваемого усилия от хода штока пневмокамеры.

3.1 Общие сведения о конструкциях пневмоприводов

Основным назначением силового привода в приспособлении является создание исходного усилия, необходимого для закрепления заготовки. Силовые приводы используют также: для механизации и автоматизации загрузки, выгрузки и транспортирования заготовок; поворота приспособлений; включения и выключения станков; удаления стружки и т.п.

Силовой агрегат привода представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в механическую энергию, необходимую для работы зажимных механизмов. Поэтому в зависимости от вида используемой энергии приводы подразделяются: на пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические, электромагнитные, магнитные, вакуумные, центробежно-инерционные и др.

Наибольшее распространение в машиностроении получили **пневмоприводы**, использующие энергию сжатого воздуха. Широкое применение пневмопривода объясняется его быстродействием (скорость срабатывания – доли секунды), простотой конструкции, лёгкостью в управлении, надёжностью и стабильностью в работе. Вместе с тем пневмопривод имеет недостатки: неплавное перемещение штока, большие габаритные размеры силовых агрегатов из-за низкого давления воздуха, шум при сбросе давления воздуха.

Пневмопривод включает в себя следующие части: источник сжатого воздуха (обычно цеховая или заводская компрессорная установка); силовой агрегат-пневмодвигатель, преобразующий энергию сжатого воздуха в силу на штоке; пневмоаппаратура – контролирующие приборы, распределительные, предохранительные устройства, воздухопроводы и т.д.

Пневмодвигатель располагается, как правило, на корпусе приспособления. Пневмоаппаратура размещается вне приспособления и соединяется с пневмодвигателем при помощи воздухопроводов.

Наибольшее распространение получили пневмодвигатели двух типов: поршневые (пневмоцилиндры) и диафрагменные (пневмокамеры) (рис. 3.1).

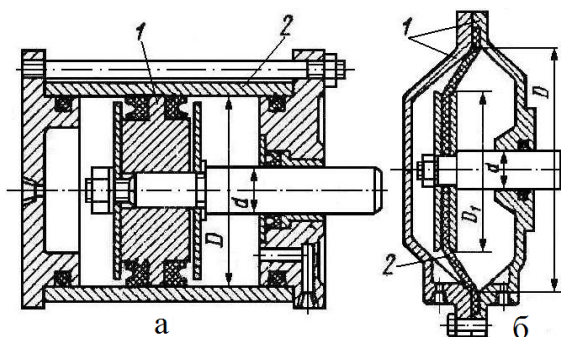


Рис. 3.1. Типы пневмодвигателей:
а – поршневой; б – диафрагменный

Основными деталями поршневого привода являются поршень 1 и цилиндр 2 (рис. 3.1, а). Поршневые приводы могут быть *одностороннего* и *двустороннего* действия. В приводе одностороннего действия рабочий ход производится сжатым воздухом, а холостой – усилием пружины. Они применяются, когда не требуется большой ход штока и когда при обратном ходе не требуется большой силы для отвода зажимных элементов в исходное положение. В приводе двустороннего действия и рабочий и холостой ход производятся сжатым воздухом. Эти приводы применяют при больших ходах штока. Для герметизации рабочих полостей в пневмоцилиндре необходимы уплотнения на поршне и штоке, которые довольно быстро изнашиваются (обычно срок их службы не превышает 10 тыс. циклов срабатывания).

Пневмокамеры представляют собой конструкцию из двух литых или штампованных корпусов 1, между которыми зажата упругая диафрагма 2 из резины или прорезиненной ткани (рис. 3.1, б). В связи с этим рабочий ход штока пневмокамеры ограничен величиной возможной упругой деформации диафрагмы. Диафрагмы могут быть **плоские** и **тарельчатые** (рис. 3.2).

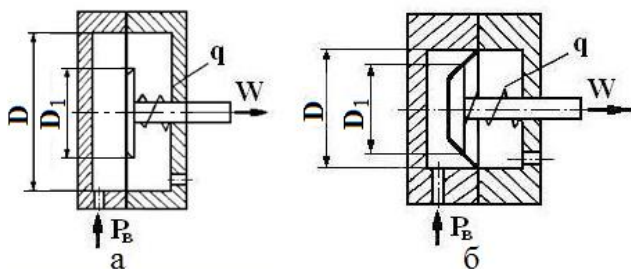


Рис. 3.2. Схемы пневмокамер:
а – с тарельчатой диафрагмой; б – с плоской диафрагмой

Тарельчатые диафрагмы позволяют увеличить ход штока. Как и пневмоцилиндры, пневмокамеры могут быть **одностороннего** и **двустороннего** действия. Основным достоинством пневмокамеры является высокая долговечность (600 тыс. циклов срабатывания), что объясняется отсутствием трущихся уплотнений.

3.2 Расчёт силы зажима, развиваемой пневмокамерой

Расчётная схема пневмокамеры представлена на рис. 3.3.

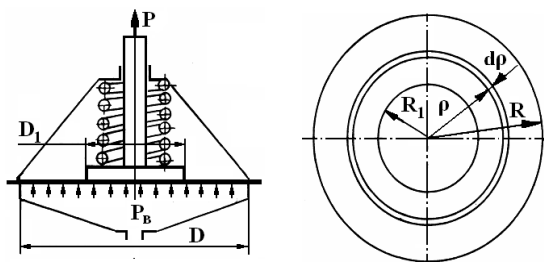


Рис. 3.3. Расчётная схема пневмокамеры

При расчёте силы на штоке пневмокамеры необходимо учитывать, что в связи с жёстким креплением диафрагмы в корпусе не вся сила сжатого воздуха передаётся на шток. Часть этой силы, приходящейся на кольцевую площадку $0,5(D-D_1)$, передаётся корпусу. Поэтому полезное усилие W на штоке пневмокамеры можно представить состоящим из силы W_1 , приходящейся на шайбу радиусом $R_1 = 0,5 \cdot D_1$, и силы W_2 , приходящейся на кольцевую площадку, за вычетом силы Q , необходимой для сжатия пружины: $W = W_1 + W_2$.

Сила W_1 определяется по формуле:

$$W_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} P_b = \pi R_1^2 P_b.$$

Силу W_2 можно определить, пренебрегая упругостью материала диафрагмы. Для этого выделим элементарную кольцевую площадку на текущем радиусе ρ шириной $d\rho$ (рис. 3.3). На эту площадку воздух действует с силой, равной $2\pi P_b \rho d\rho$ (величиной $(d\rho)^2$ можно пренебречь). Допустим, что на шток камеры будет передаваться только часть этой силы, пропорциональная отношению $(R-\rho) / (R-R_1)$, характеризующему положение элементарной кольцевой площадки, тогда:

$$\begin{aligned} W_2 &= \int_{R_1}^R \frac{R-\rho}{R-R_1} dW_2 = \frac{2\pi P_b}{R-R_1} \int_{R_1}^R (R\rho d\rho - \rho^2 d\rho) = \pi P_b \int_{R_1}^R \left(\frac{R\rho^2}{R-R_1} - \frac{2}{3} \frac{\rho^3}{R-R_1} \right) = \\ &= \pi P_b \left[R(R+R_1) - \frac{2}{3} (R^2 + RR_1 + R_1^2) \right] = \frac{\pi P_b}{3} (R^2 + RR_1 - 2R_1^2) \end{aligned}$$

Подставив выражения для W_1 и W_2 в формулу для определения силы тяги, получим

$$W = \frac{\pi P_b}{3} (R^2 + RR_1 - 2R_1^2) - q.$$

Величина силы W зависит от положения диафрагмы в камере, которое непрерывно изменяется при перемещении штока. Изменение силы W объясняется зависимостью величины Q и упругого сопротивления материала мембраны от хода штока. На рис. 3.4 приведён график изменения усилия W в зависимости от хода штока L для нор-

мализованной камеры диаметром 230 мм при давлении воздуха в сети $P_b = 0,4$ МПа.

Как видно из графика, кривая изменения силы имеет три характерных участка – в начале и конце рабочего хода сила резко уменьшается, в середине – стабилизируется. Поэтому при конструировании приспособлений с пневмокамерами рабочий ход следует выбирать таким образом, чтобы при закреплении заготовки диафрагма занимала примерно среднее положение (обеспечение постоянного усилия зажима).

Расчёт величины усилий, развиваемых пневмокамерами, можно производить по формулам, представленным в табл. 3.1.

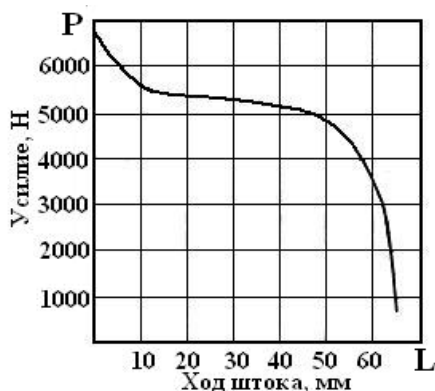


Рис. 3.4. График зависимости усилия от хода штока пневмокамеры

Таблица 3.1. **Формулы для определения усилий, развиваемых пневмокамерами**

Для тарельчатых резинотканевых диафрагм	
	В исходном положении штока: $W = \frac{\pi}{16} (D + D_1)^2 P_e - q \cdot$ При перемещении штока на расстояние $0,15D$ (крайнее положение штока): $W = \frac{0,75\pi}{16} (D + D_1)^2 P_e - q,$ $D = 4 \sqrt{\frac{W + q}{0,75P_e}} - D_1.$

Для плоских резинотканевых диафрагм	
	В исходном положении штока: $w = \frac{\pi}{16} (D + D_1)^2 P_e - q$ При перемещении штока на расстояние $0,07D$: $w = \frac{0,75\pi}{16} (D + D_1)^2 P_e - q,$ $D = 4 \sqrt{\frac{W + q}{0,75\pi P_e}} - D_1.$

3.3 Описание лабораторной установки

Конструкция лабораторной установки представлена на рис. 3.5.

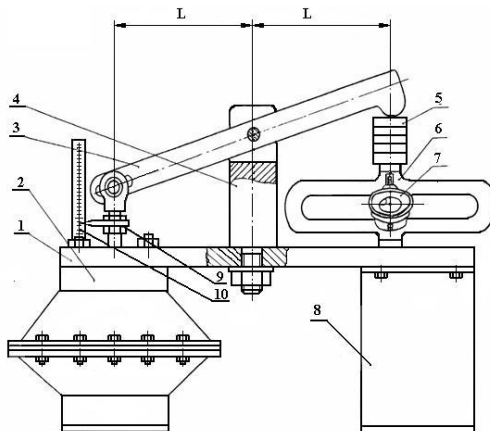


Рис. 3.5. Конструкция лабораторной установки

На основании 1 закреплена пневмокамера 2, которая через рычаг 3, закреплённый в стойке 4, передаёт усилие на блок образцов 5. Блок образцов располагается на динамометре 6 марки ДОСМ-3-5. Величина усилия закрепления фиксируется индикатором 7. К основанию 1 снизу прикреплены четыре опорных элемента 8, выполнен-

ных из швеллера, с помощью которых установка располагается на рабочем столе. Величина хода штока пневмокамеры контролируется с помощью линейки 10 и жёстко закреплённой на нём стрелки 9.

При работе усилие, создаваемое пневмокамерой 2 через рычаг 3, передаётся на блок образцов и динамометр. Рычаг является равноплечным, поэтому усилие, создаваемое пневмокамерой, без трансформации передаётся на динамометр.

На рис. 3.6 представлена конструкция пневмокамеры. Между нижней 1 и верхней 2 чашками корпуса камеры закреплена резино-тканевая тарельчатая диафрагма 3 с наружным диаметром 200мм, сверху над диафрагмой расположен шток 4, посредством которого передаётся развиваемое пневмокамерой усилие.

Опорная поверхность штока имеет размер $\varnothing 107$ мм. В эту поверхность упираются пружины 5, которые возвращают шток в исходное положение после стравливания воздуха из нижней полости пневмокамеры. Пружины развивают усилие сжатия 60...100Н.

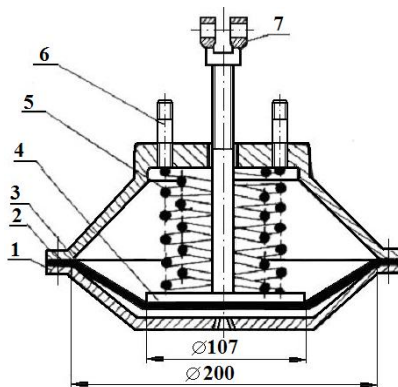


Рис. 3.6. Конструкция пневмокамеры

С помощью шпилек 6 пневмокамера прикрепляется к основанию 1 (рис. 3.6). Вилка 7 навинчивается на резьбовой конец штока и служит для его соединения с рычагом.

На рис. 3.7 представлена конструкция блока образцов, в состав которого входят два плоских опорных образца (верхний и нижний) толщиной 10 мм и десять образцов толщиной 5 мм. Диаметр образцов $\varnothing 50$ мм. В комплект также входит один образец (верхний) толщиной 9 мм. Между собой образцы центрируются по цилиндрическим

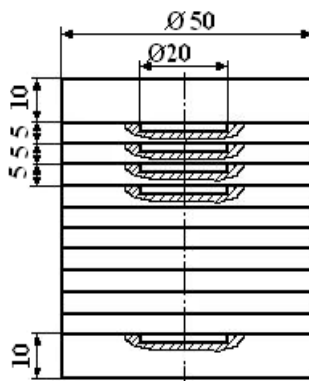


Рис. 3.7. Блок образцов

пояскам $\varnothing 20$ мм. Конструкция блока образцов позволяет изменять его высоту с интервалом в 5 мм и тем самым регулировать величину хода штока пневмокамеры.

3.4 Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкции пневмоприводов и конструкцию пневмокамеры, приведённую на рис. 3.6.

2. Расчётным путём определить величину зажимного усилия, развиваемого пневмокамерой, в исходном положении штока и после его перемещения на расстояние $0,3 D$ при давлениях воздуха $P_v = 0,4$ МПа и $P_v = 0,6$ МПа.

3. Экспериментально определить зависимость усилия закрепления от хода штока, для чего:

- установить блок образцов (высота блока 70 мм) на динамометр, что соответствует исходному положению штока;
- подать сжатый воздух в пневмокамеру последовательно при давлении $P_v = 0,4$ МПа и $P_v = 0,6$ МПа, фиксируя при этом в протоколе проведения экспериментальных исследований (табл. 3.2) показания индикатора динамометра 7 (рис. 3.5) в мм;
- по тарифовочному графику динамометра ДОСМ-3-5, представленному на рис. 3.8, определить численное значение усилия закрепления в ньютонах;

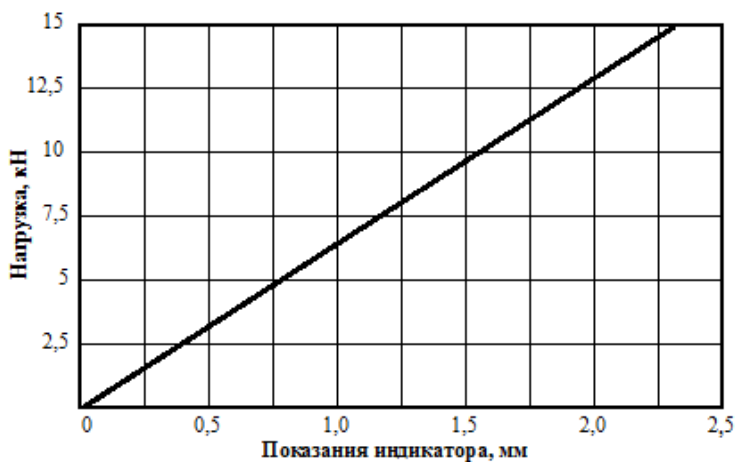


Рис. 3.8. Тарировочный график динамометра ДОСМ-3-5

- из блока образцов удалить один из средних образцов, толщиной 5 мм, и повторить замеры усилия закрепления;
- повторить измерения при последовательном удалении средних образцов до хода штока, соответствующего величине $0,3 D$;
- построить график зависимости усилия закрепления от величины хода штока пневмокамеры (см. рис. 3.4);
- провести сравнение экспериментальных данных с теоретическими расчётами;
- сделать выводы по полученным результатам.

Таблица 3.2. Протокол проведения экспериментальных исследований

Давление воздуха	Усилие		Ход штока L, мм											
			0	1	5	10	15	20	25	30	31	35	40	45
$P_v = 0,4 \text{ МПа}$	W	мм												
		Н												
$P_v = 0,6 \text{ МПа}$	W	мм												
		Н												

4. Определить изменение сил закрепления при зажиме заготовок, имеющих допуск на установочную базовую поверхность в пределах 1,0 мм, для чего:

- в блоке образцов заменить верхний образец толщиной 10 мм на образец толщиной 9 мм, высота блока после этого составит 69 мм;
 - установить блок образцов на динамометр и провести замер усилий при давлениях воздуха $P_v = 0,4$ МПа и $P_v = 0,6$ МПа;
 - удалить шесть средних образцов, что будет соответствовать перемещению штока на 31 мм от исходного положения и повторить измерения;
 - определить разброс усилий закрепления и сделать вывод.
5. Оформить отчёт по выполненной работе.

3.5 Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение силового привода в приспособлении?
2. Достоинства и недостатки пневматических приводов?
3. Что входит в состав пневмопривода?
4. Какие типы пневмодвигателей используют в приспособлениях?
5. В чём достоинства и недостатки пневмокамер?
6. Какие типы диафрагм применяют в пневмокамерах?
7. Нарисуйте график зависимости усилия от хода штока пневмокамеры.
8. Каким образом экспериментально определяется усилие, развиваемое пневмокамерой при различных положениях штока?

Лабораторная работа № 4 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, АНАЛИЗ И ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Цель работы:

1. Изучение конструкций делительных приспособлений.
2. Выявление и оценка факторов, влияющих на точность деления.
3. Получение навыков расчёта на точность делительного приспособления.

4.1 Общие сведения о делительных устройствах

Делительные приспособления широко применяются в производстве деталей авиационных двигателей. Они дают возможность, не освобождая установленной и закреплённой в приспособлении заготовки, повернуть её на заданный угол или передвинуть на заданное расстояние. Таким образом, заготовка при одной установке и одном закреплении может занимать различные, заранее предусмотренные и обеспеченные конструкцией приспособления положения относительно станка и инструмента. Каждое из таких положений называется **позицией**.

В практике чаще всего применяются делительные приспособления для поворота заготовки и установки её в заданные позиции. Поэтому такие приспособления называют **поворотными**. Они широко применяются на сверлильных и фрезерных станках.

Делительные приспособления состоят из **подвижной** и **неподвижной** частей. На подвижную часть устанавливается заготовка. Неподвижная часть (**корпус**) устанавливается на стол станка.

Обязательной частью этих приспособлений является делительное устройство, главными элементами которого являются **делительная плита** или **диск** и **фиксатор**, определяющий положение плиты.

Фиксатор располагается в корпусе приспособления, а делительная плита – на поворотной части приспособления. Делительная плита имеет столько гнёзд, сколько позиций должна занимать обрабатываемая заготовка. Фиксатор, входя в гнездо, стопорит подвижную часть приспособления относительно неподвижной. Рабочий профиль фиксатора определяется профилем гнезда делительного диска.

По форме гнёзд делительные диски разделяют на две группы: **с отверстиями** и **с пазами**. На рис. 4.1, а показаны делительные плиты с отверстиями. В плите для уменьшения износа запрессовываются термически обработанные до высокой твёрдости (закалка, цементация) и точно отшлифованные втулки (гнёзда). Отверстие в них под фиксатор выполняется цилиндрическим или коническим. Коническое отверстие обеспечивает более высокую точность деления. Отверстия под гнёзда получают на координатно-расточных станках с точностью линейных размеров до 0,005 мм.

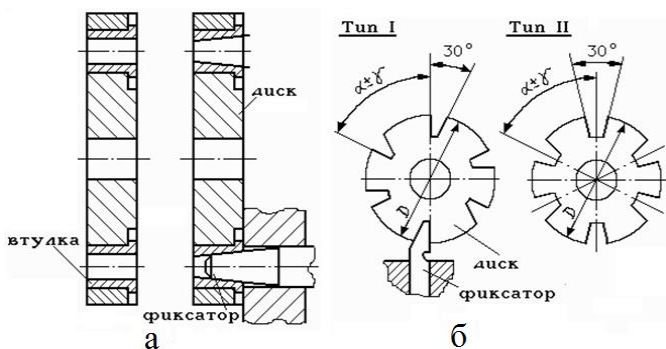


Рис. 4.1. Конструкции делительных плит

На рис. 4.1, б представлены делительные плиты с пазами. Плиты с асимметричными пазами (тип I) более эффективны, чем с симметричными (тип II), так как загрязнение симметричного паза по любой плоскости неизбежно вызовет погрешность деления. При загрязнении же асимметричного паза фиксатор удалит грязь с его рабочей поверхности, расположенной по радиусу, а загрязнение наклонной поверхности не сказывается на точности деления. При равной точности угловых шагов ($\alpha \pm \gamma$) плиты с пазами обеспечивают более высокую точность деления, чем плиты с отверстиями. Однако плиты с пазами более сложные в изготовлении.

Для изготовления сопрягаемых деталей делительных устройств используются цементируемые или инструментальные углеродистые стали (У7, У8).

Фиксаторы различаются конструкцией механизмов, применяемых для их перемещения. На рис. 4.2 приведены различные конструкции фиксаторов.

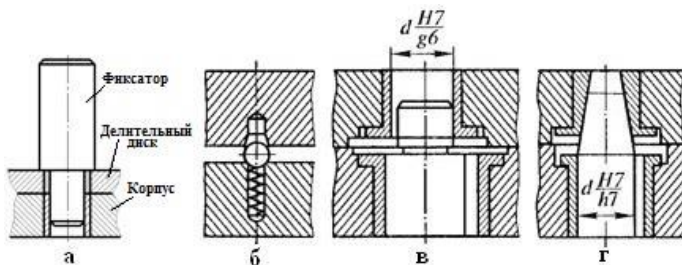


Рис. 4.2. Конструкции фиксаторов:

а – простейший; б – шариковый; в – вытяжной цилиндрический;
г – вытяжной конический

Наибольшее применение в делительных приспособлениях находят вытяжные фиксаторы с кнопочным оттягиванием (рис. 4.3, а, б) и вытяжные фиксаторы с реечным приводом (рис. 4.3, в).

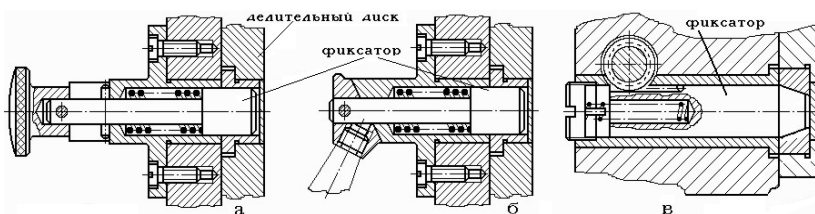


Рис. 4.3. Конструкции вытяжных фиксаторов:

а, б – с кнопочным оттягиванием; в – с реечным приводом

В зависимости от характера компоновки делительного приспособления бывает удобным различное расположение фиксатора относительно делительного диска (плиты). По этому признаку различают **две группы** делительных устройств:

1. Делительные устройства, у которых **фиксатор расположен в плоскости делительной плиты** (рис. 4.4, а).

2. Делительные устройства, у которых **фиксатор расположен в плоскости, перпендикулярной делительной плите** (рис. 4.4, б).

По расположению оси вращения делительные приспособления делятся:

- на приспособления с горизонтальной осью;
- приспособления с вертикальной осью;
- приспособления с наклонной осью.

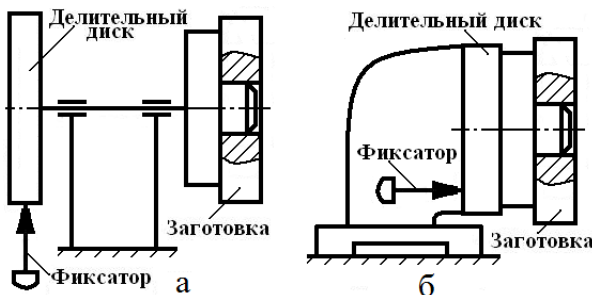


Рис. 4.4. Схемы делительных устройств:

а – фиксатор расположен в плоскости делительной плиты; б – фиксатор расположен в плоскости, перпендикулярной делительной плите

Поворотные и передвижные части делительных приспособлений для устранения вибраций, возникающих во время обработки заготовок (из-за зазоров), а также для исключения действия нагрузок от сил резания на фиксатор (в противном случае его можно повредить) необходимо **жёстко крепить к неподвижному корпусу** после процесса деления. Это требование особенно необходимо исполнять на фрезерных приспособлениях, где работа сопряжена с большим усилием резания и ударной нагрузкой при прерывистой обрабатываемой поверхности. Чаще всего, по возможности, стремятся к тому, чтобы процесс деления совместить с креплением поворотной части приспособления к неподвижному корпусу.

На рис. 4.5–4.7 представлены конструкции приспособлений с делительными устройствами, а в табл. 4.1–4.3 приведены сведения о составе входящих в приспособления элементов.

4.2 Оценка точности делительного устройства

Результирующая погрешность обработки при выполнении любой операции с применением приспособлений не должна превышать заданного допуска на геометрический параметр, т.е.

$$\omega \leq T,$$

где ω – результирующая погрешность обработки заданного геометрического параметра; T – допуск на геометрический параметр.

Результирующую погрешность можно представить в виде:

$$\omega = \omega_0 + \omega_y \leq T, \quad (1)$$

где ω_0 – погрешность, связанная с методом обработки; ω_y – погрешность, связанная с установкой.

Таблица 4.1. Элементы фрезерного делительного приспособления

№ поз.	Наименование	Колич.	Материал	Примеч.
1	Корпус	1	СЧ12-14	-
2	Втулка	1	Ст.45	-
3	Делительный диск	1	Ст.45	HRC46...50
4	Шпонка	1	Ст.45	HRC46...50
5	Фиксатор	1	У7А	HRC52...56
6	Пружина	1	65Г	HRC58...62
7	Стакан	1	Ст.45	HRC46...50
8	Фиксатор	1	Ст.35	-
9	Пробка	1	Ст.35	-
10	Винт	1	Ст.45	-
11	Фиксатор	1	Ст.35	-
12	Ручка	1	Ст.3	-
13	Хомут	1	65Г	HRC56...60
14	Коническая втулка	1	Ст.45	-
15	Гайка	1	Ст.45	-
16	Гайка контрольная	1	Ст.45	-
17	Штурвал	1	Ст.3	-
18	Гайка	1	Ст.3	-
19	Вал	1	Ст.3	-
20	Шпонка	1	Ст.45	HRC46...50
21	Гайка	1	Ст.3	-
22	Винт	1	Ст.3	-
23	Винт	1	Ст.3	-
24	Ручка	1	Ст.3	-
25	Штифт	1	Ст.45	HRC46...50
26	Штифт	1	Ст.45	HRC46...50

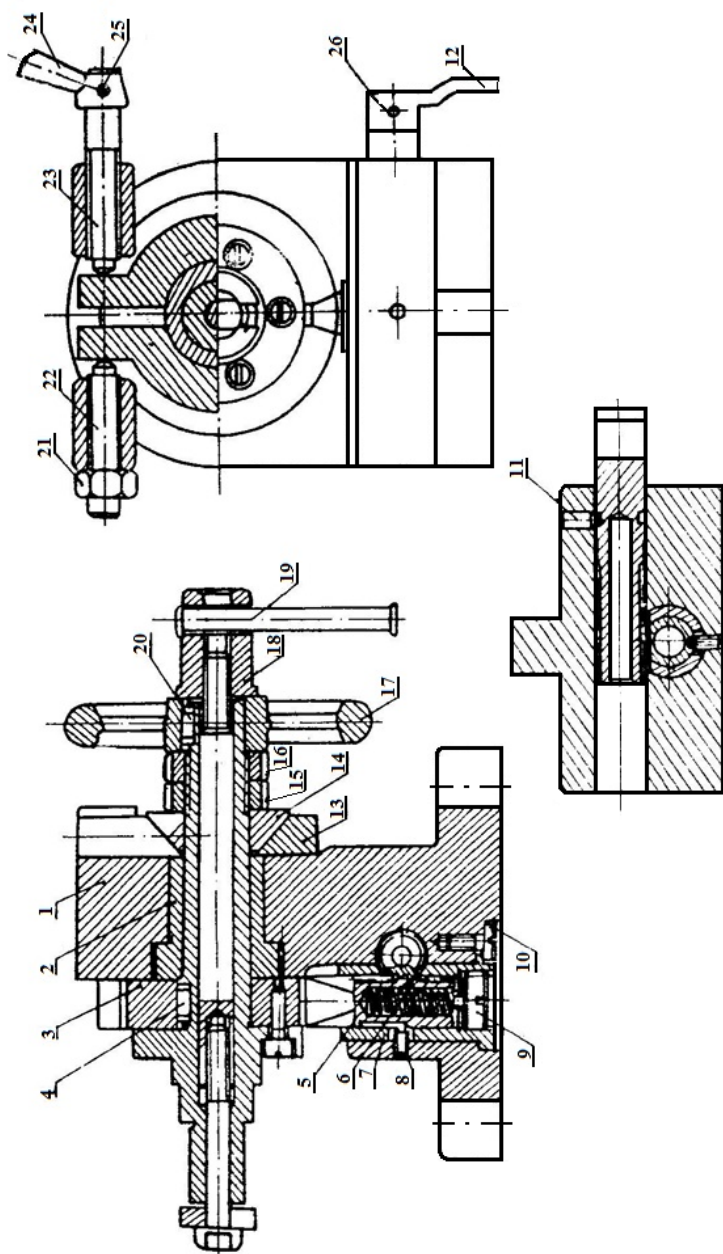


Рис. 4.5. Фрезерное делительное приспособление

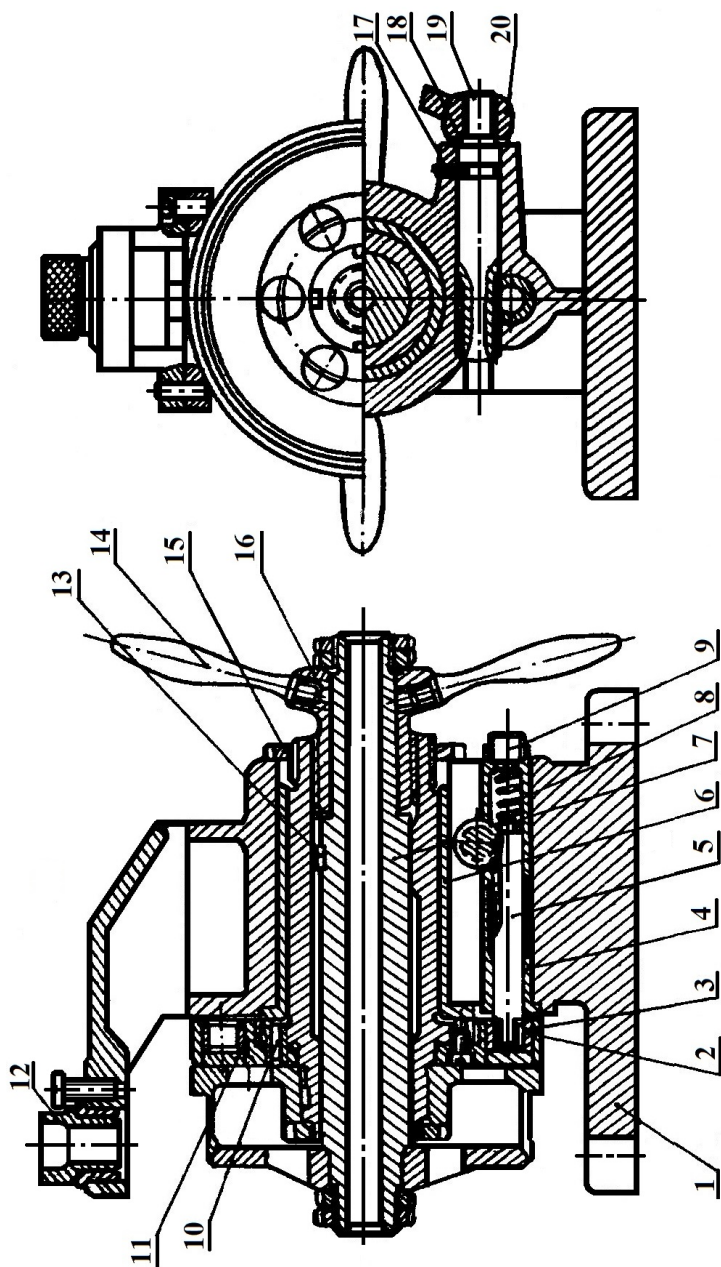


Рис. 4.6. Сверльное делительное приспособление

Запишем формулу (1) в виде $\omega_{уд} \leq T - \omega_0$, т.е. допустимая погрешность, связанная с установкой заготовки, является частью допуска. Обычно погрешность установки составляет $\omega_{уд} = (0,3 \dots 0,4)T$.

При проектировании приспособлений конструктор определяет расчётную погрешность установки $\omega_{ур}$, которая не должна превышать допустимую погрешность $\omega_{уд}$.

В общем случае расчётная погрешность установки определяется по формуле:

$$\omega_{ур} = 1,2 \sqrt{\omega_6^2 + \omega_3^2 + \omega_{пр}^2},$$

где ω_6 – погрешность базирования; ω_3 – погрешность закрепления; $\omega_{пр}$ – погрешность изготовления и износа приспособления.

Таблица 4.2. Элементы сверлильного делительного приспособления

№ поз.	Наименование	Колич.	Материал	Примеч.
1	Корпус	1	СЧ12-14	-
2	Делительный диск	1	Ст.45	-
3	Стакан	6	У7А	HRC48...52
4	Втулка	1	Ст.45	HRC52...56
5	Фиксатор	1	У7А	HRC52...56
6	Подшипник	1	Ст.45	HRC45...50
7	Вал	1	Ст.45	HRC46...50
8	Пружина	1	65Г	-
9	Пробка	1	Ст.3	-
10	Штифт	1	Ст.45	-
11	Пробка	6	Ст.3	-
12	Кондукторная втулка	1	У7А	HRC52...56
13	Шпонка	1	Ст.45	HRC45...50
14	Ручка	4	Ст.3	-
15	Гайка	1	Ст.45	HRC45...50
16	Гайка	1	Ст.45	HRC45...50
17	Фиксатор	1	Ст.3	-
18	Шайба	1	Ст.3	-
19	Вал	1	Ст.45	-
20	Рукоятка	1	Ст.3	-

Погрешность изготовления и износа приспособления определяется по формуле:

$$\omega_{\text{пр}} = \omega_{\text{изг}} + \sqrt{3\omega_{\text{и}}^2 + \omega_{\text{у.пр}}^2},$$

где $\omega_{\text{изг}}$ – погрешность изготовления элементов приспособления;
 $\omega_{\text{и}}$ – погрешность, связанная с износом установочных элементов;
 $\omega_{\text{у.пр}}$ – погрешность установки приспособления на станке.

Точность работы делительного устройства (точность деления) зависит от характера и величин погрешностей изготовления его деталей, т.е. от точности взаимного расположения сопряжённых поверхностей корпуса приспособления, делительной плиты и фиксатора. Поэтому точность деления является составной частью погрешности изготовления $\omega_{\text{изг}}$.

При оценке точности необходимо различать погрешности изготовления, которые приводят к смещению делительного диска по линии, соединяющей ось вращения диска и ось фиксатора. Эта погрешность будет определяться минимальным из максимальных зазоров в посадках: диск–корпус; фиксатор–корпус; фиксатор–гнездо.

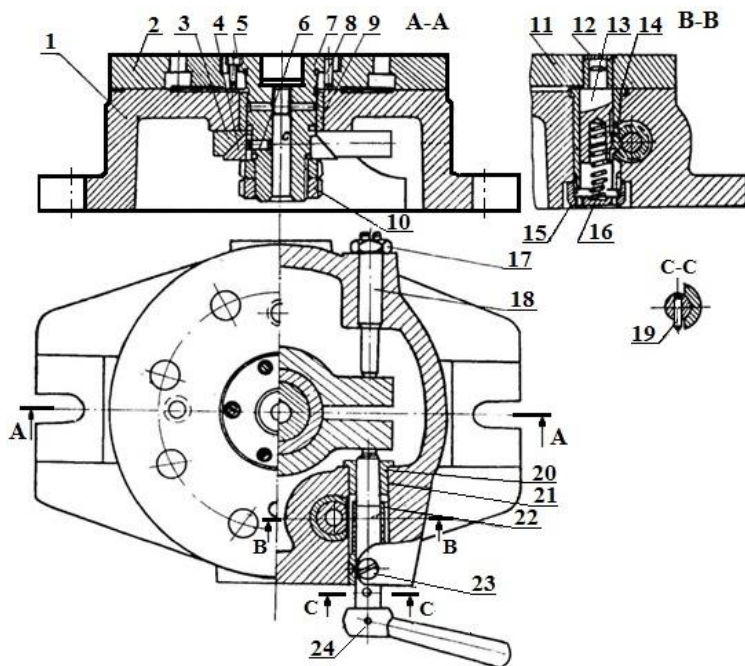


Рис. 4.7. Нормализованный делительный стол

Таблица 4.3. Элементы нормализованного делительного стола

№ поз.	Наименование	Колич.	Материал	Примеч.
1	Корпус	1	СЧ12-14	-
2	Делительный диск	1	Ст.45	HRC52...56
3	Хомут	1	Ст.45	HRC52...56
4	Втулка коническая	1	Ст.45	HRC52...56
5	Винт	6		-
6	Штифт	1	Ст.45	-
7	Стакан	1	30ХГСА	HRC42...45
8	Штифт	2	Ст.45	-
9	Втулка	1	Ст.45	HRC46...50
10	Гайка	2	Ст.45	-
11	Втулка	1	Ст.35	HRC52...56
12	Упор	1	Ст.3	-
13	Фиксатор	1	65Г	HRC52...56
14	Корпус фиксатора	1	Ст.45	-
15	Подпятник	1	Ст.45	-
16	Пружина	1	Ст.45	HRC58...62
17	Гайка	1	Ст.3	-
18	Палец резьбовой	1	Ст.3	HRC52...56
19	Штифт	1	Ст.3	-
20	Втулка	1	Ст.45	-
21	Шток	1	Ст.3	HRC52...56
22	Валик шлицевой	1	Ст.3	HRC52...56
23	Винт	1	Ст.3	-
24	Ручка	1	Ст.3	-

На рис. 4.8 представлена схема нормализованного делительного устройства (конструкцию см. на рис.4.7).

Погрешность деления – это погрешность, возникающая при повороте делительного диска на заданный угол. Очевидно, что для обеспечения заданной точности деления необходимо, чтобы

$$\omega_{\text{дел}} = \sum_{i=1}^n \omega_{\text{изг.}i} \leq T_{\text{дел}} ,$$

где $\omega_{\text{изг.}i}$ – погрешности элементов приспособления, влияющие на точность деления; $T_{\text{дел}}$ – заданная точность (допуск) деления.

Для схемы на рис. 4.8 источниками погрешностей, влияющих на точность деления, являются:

- зазоры в посадках;
- погрешности в угловом расположении отверстий гнёзд под фиксатор.

$$\omega_{\text{дел}} = \omega_s + \omega_a,$$

где ω_s – погрешность, обусловленная зазорами; ω_a – погрешность углового расположения отверстий гнёзд.

$$\omega_a = T_{\Theta} + T_a,$$

где T_{Θ} – допуск на эксцентриситет втулки под фиксатор; T_a – допуск на расположение осей отверстий под гнёзда в плите.

На рис. 4.9 приведена схема для расчёта погрешности поворота делительного диска.

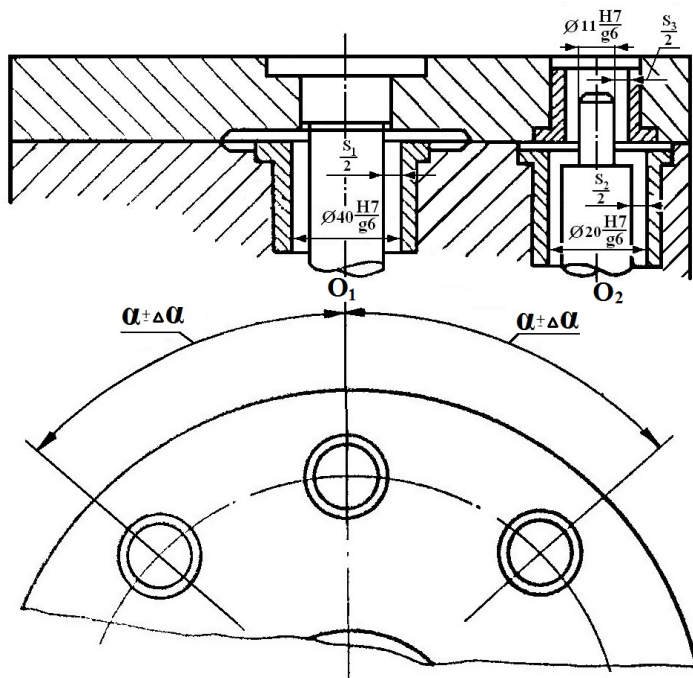


Рис. 4.8. Схема делительного устройства приспособления

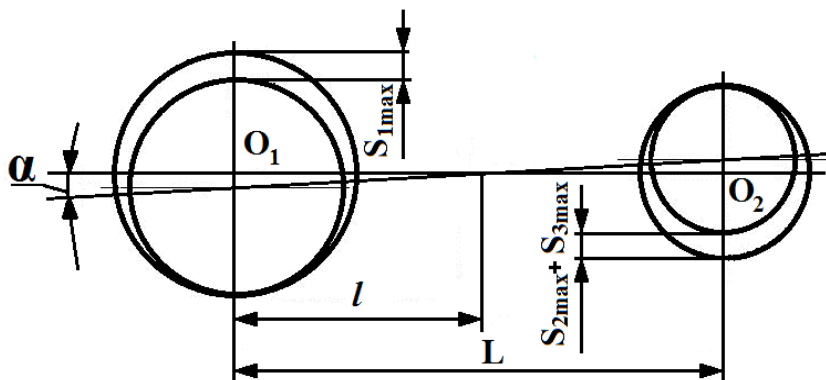


Рис. 4.9. Схема для расчёта погрешности поворота делительного диска

Угол и центр поворота определяются по формулам:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max} + S_{3\max} + T_{\beta} + T_{\alpha}}{2L},$$

$$l = \frac{S_{1\max}}{S_{1\max} + S_{2\max} + S_{3\max} + T_{\beta} + T_{\alpha}} L.$$

Если $T_{\text{дел}}$ задаётся в градусах (минутах), то используя эти формулы, определяют расчётную погрешность поворота делительного диска. Если $T_{\text{дел}}$ задаётся в миллиметрах, то определяют максимальное смещение делительного диска по окружности расположения осей фиксаторов. В этом случае ω_s будет равно:

$$\omega_s = \frac{S_{1\max}}{2} + \frac{S_{2\max}}{2} + \frac{S_{3\max}}{2}.$$

4.3 Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкции делительных приспособлений (см. рис. 4.5 – 4.7). При этом следует обратить внимание на классификационные признаки делительных устройств.

2. Произвести анализ точности приспособления, представленного на рис. 4.8:

- выявить факторы, влияющие на точность деления;
 - исходя из посадок и погрешностей расположения элементов делительного устройства, произвести расчёт максимально возможной погрешности деления. При расчётах принять значения допусков $T_a=0,02\text{мм}$; $T_\Delta = 0,005 \text{ мм}$;
 - определить угловую погрешность деления (угол поворота делительного диска).
3. Замерить фактическую точность деления.
 4. Сравнить расчётную точность деления с фактической точностью и дать заключение.

4.4 Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение делительных устройств?
2. Какие конструкции фиксаторов применяют в делительных устройствах?
3. Каким образом классифицируют делительные устройства?
4. От каких факторов зависит погрешность деления?

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ И УСИЛИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ НА ОПРАВКЕ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ

Цель работы:

1. Ознакомление студентов с принципом действия и конструкцией приспособлений с гидропластмассой.
2. Изучение методики и приобретение практических навыков расчёта приспособлений с гидропластмассой.
3. Экспериментальное исследование влияние технологических факторов на точность установки и усилие закрепления заготовок на оправке с гидропластмассой.

5.1 Общие сведения

При изготовлении деталей авиационных двигателей предъявляются высокие требования к погрешности взаимного расположения цилиндрических поверхностей. Во многих случаях несоосность базовой и обрабатываемой поверхности допускается не более 0,01...0,05 мм. Такая точность достигается применением высокоточных центрирующих зажимных устройств, в том числе приспособлений с гидропластмассой.

Приспособления с гидропластмассой используются для точной установки заготовок при обработке на различных станках и для контроля поверхностей деталей. В этих приспособлениях центрирующим элементом являются тонкостенная упругая втулка, которая деформируется по диаметру под действием давления гидропластмассы, находящейся в кольцевой полости, образованной между упругой втулкой и корпусом приспособления. Базирование и закрепление заготовки осуществляется упругими деформациями втулки. При этом силы зажима заготовки невелики, поэтому приспособления применяются для чистовой или окончательной обработки. Учитывая, что де-

формация упругой втулки по диаметру мала, базовые поверхности заготовки должны быть обработаны с точностью порядка 7...8 качества. Форма и размеры тонкостенной втулки должны обеспечивать достаточную её деформацию для надёжного закрепления заготовки при её обработке на станке.

Среди гидропластмассовых приспособлений наибольшее распространение получили патроны, которые устанавливают заготовки по базовой наружной цилиндрической поверхности, и оправки, которые устанавливают заготовки по базовому отверстию.

На рис. 5.1 представлены конструкции приспособлений с гидропластмассой.

Концевая оправка (рис. 5.1, а) предназначена для установки втулок по внутренней цилиндрической поверхности при обработке на шлифовальном станке. На корпус оправки 1 напрессована упругая втулка 5, между корпусом и втулкой образуется кольцевая полость 4, соединённая каналами с отверстием, в котором перемещается плунжер 3. Полость и каналы заполнены гидропластмассой. Заготовка устанавливается на втулку 5, наружный диаметр которой выполнен по посадке **г6**. Поэтому между втулкой и базовым отверстием образуется гарантированный зазор S_r .

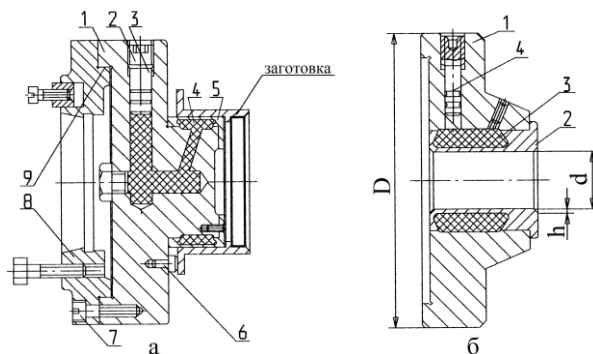


Рис. 5.1. Конструкции приспособлений с гидропластмассой:
а – концевая оправка; б – патрон

При вращении винта 2 плунжер перемещается поступательно, давит на гидропластмассу, которая равномерно деформирует втулку 5. Втулка одновременно центрирует и закрепляет заготовку. Базирование заготовки в осевом направлении осуществляется по опорным

штырям 6. Приспособление к шпинделю станка крепится с помощью переходного фланца 8. Корпус 1 центрируется по буртику 9 фланца и соединяется с ним винтами 7.

Патрон представлен на рис. 5.1, б. В корпусе 1 запрессована втулка 2. Между корпусом и тонкостенной частью втулки расточена кольцевая замкнутая полость, заполненная гидропластмассой 3. Через плунжер 4 на гидропластмассу создаётся давление, деформирующее тонкостенную часть втулки, которая центрирует и зажимает заготовку.

Гидропластмасса представляет собой смесь полихлорвиниловой смолы, дибутилфталата и стеарата кальция в различных процентных соотношениях для различных марок гидропластмасс. Температура плавления их колеблется в пределах от 110 до 160°C (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Состав гидропластмасс и их характеристика

Компоненты и параметры	Состав в % и показатели		
	МАТИ-1-4	ДМ	СМ
Полихлорвиниловая смола:			
М	-	10	20
ПБ	20	-	-
Дибутилфталат	59,2	88	78
Стеарат кальция	0,8	2	2
Вакуумное масло ВМ-4	20	-	-
Температура плавления, °С	150...160	110...160	135
Удельный вес	1,02	1,08	1,05
Усадка объёма после остывания до 10°С, %	10...12	10...12	10...12
Рекомендуемые температурные условия эксплуатации	до +60 °С	от +60 °С	+60 °С
Область применения	При передаче усилий зажима в условиях незначительных потерь на трение	При передаче усилий зажима в условиях повышенных потерь на трение (при заполнении рабочих полостей, имеющих сложную конфигурацию и значительную протяжённость)	

Расчётная схема оправки с упругой втулкой, разжимаемой изнутри гидропластмассой, показана на рис. 5.2. Принцип действия такой оправки заключается в том, что при создании давления в полости с гидропластмассой 1 посредством плунжера 2 тонкостенная втулка 3 разжимается (рис. 5.2, а).

В начальный момент **I** между втулкой 3 и базовой поверхностью заготовки 4 возможен наибольший диаметральный зазор $S_{\max}$:

$$S_{\max} = D_{\text{заг. max}} - D_{\min}.$$

С повышением давления стенка втулки начинает деформироваться до тех пор, пока не коснётся заготовки своим средним участком (момент **II**).

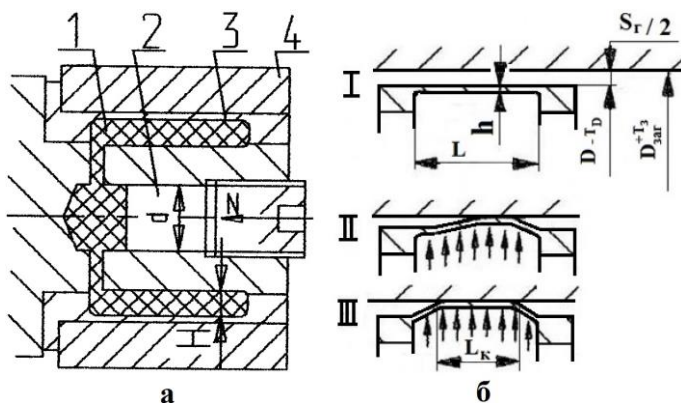


Рис. 5.2. Расчётная схема оправки с гидропластмассой:
а – конструктивная схема; б – схема действия втулки

Если $S_{\max}$ не превышает допустимого значения, то при дальнейшем повышении давления (момент **III**) длина L_k контакта достигает $0,7L$. Это положение соответствует нормальной работе устройства в качестве установочного.

После этого повышение давления уже незначительно изменяет длину контакта и почти полностью воспринимается базой заготовки. В сопряжении втулки с заготовкой создаётся натяг. За счёт возникающих при этом сил трения заготовка прочно закрепляется. Устройство приобретает качество зажимного элемента.

С целью предотвращения пластической деформации втулки базовая цилиндрическая поверхность заготовки должна быть выполнена не ниже 7...8 кв. точности. Втулка изготавливается из углеродистой стали У7А или легированных сталей 30ХГСА и др. Твёрдость после термообработки **HRC**, 36...42.

Для надёжного закрепления заготовки гидропластмасса должна быть сжата до определённого давления. Сжатие обеспечивается плунжером от винта, пневмоцилиндра или другого силового механизма. На концах втулка имеет утолщённые бурты, которыми она с натягом (**H7/p6**, **H7/r6**) насаживается на корпус (или в корпус) приспособления, обеспечивая герметичность полости с гидропластмассой. Поэтому втулку при расчёте можно рассматривать как жёстко заделанную по краям.

5.2 Расчёт втулки оправки

1. Определяется длина тонкостенной части втулки:

$$L = (1,0 \dots 1,3) L_{\text{заг}},$$

где $L_{\text{заг}}$ – длина базовой поверхности заготовки.

2. Определяется толщина h тонкостенной части втулки, которая зависит от величины передаваемого крутящего момента или осевой силы и длины втулки (табл. 5.2).

Таблица 5.2. Толщина h деформируемой стенки втулки

Длина тонкостенной части L , мм	Номинальный диаметр втулки, мм	
	$D \leq 50$ мм	$D \geq 50$ мм
$L > 0,5 D$	$h = 0,015D + 0,5$	$h = 0,025D$
$L \leq 0,5 D$	$h = 0,01D + 0,25$	$h = 0,02D$

3. Определяется допускаемая упругая деформация втулки ΔD :

- для втулок из хромистых сталей $\Delta D \approx 0,003D$;
- для втулок из конструкционных сталей $\Delta D \approx 0,002 D$.

4. Максимальный посадочный зазор между заготовкой и установочной поверхностью втулки до зажима в общем случае определяется по формуле

$$S_{\max} = D_{\text{заг. max}} - D_{\min} = S_r + T_D + T_{\text{заг}},$$

где S_r – гарантированный зазор; T_D – допуск на наружный диаметр упругой втулки; $T_{\text{заг.}}$ – допуск на базовое отверстие заготовки.

Обычно величина гарантированного зазора S_r лежит в пределах 0,01...0,03 мм. При этих условиях на оправку можно устанавливать заготовки, базовое отверстие, которых выполнено по посадкам, указанным в табл. 5.3.

Таблица 5.3. Посадки заготовок на гидропластмассовые оправки

Номинальный диаметр наружной поверхности оправки D , мм	Рекомендуемые поля допусков	
	Оправка	Заготовка
до 30	h6, g6, h8	H7
30...50	h6, g6, h8	H7, H8
50...80	h6, g6, F7, h8	H7, H8, H9
80...120	h6, g6, F7, e8, h8	H7, H8, H9

В этих случаях напряжения в материале оболочки не превышают допустимые. Для обеспечения высокой точности центрирования толщина оболочки должна быть одинаковой. Допустимая разностенность не должна превышать 0,05 мм.

5. Натяг при зажиме заготовки определяется по формуле:

$$\delta_{\text{нат}} = \Delta D - S_{\max},$$

- при $\Delta D > S_{\max}$ втулка зажимает заготовку;
- при $\Delta D = S_{\max}$ втулка просто центрирует, но не зажимает заготовку;
- при $\Delta D < S_{\max}$ втулка не центрирует и не зажимает заготовку, т.е. её нельзя применять.

6. Требуемая сила зажима обрабатываемой заготовки на тонкостенной втулке определяется по формуле

$$Q = 5 \times 10^5 \times \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D}} \times \delta_{\text{нат}} \times D,$$

где Q – в Н; h , D и $\delta_{\text{нат}}$ – в мм.

7. Определяется сила F , удерживающая заготовку от осевого перемещения и поворота:

$$F = f \times Q = 5 \times 10^5 \times \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D}} \times \delta_{\text{нат.}} \times D \times f ,$$

где F – коэффициент трения ($F = 0,15 \dots 0,18$).

8. Рассчитывается максимальный передаваемый крутящий момент:

$$M_{\text{max}} = F \times \frac{D}{2} = 2,5 \times 10^5 \times \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D}} \times \delta_{\text{нат.}} \times D^2 \times f ,$$

где M_{max} – в Н м; $h, D, \delta_{\text{нат}}$ – в мм.

9. Определяется высота рабочей полости под заполнение гидропластмассой:

$$H = 2 \sqrt[3]{D} .$$

10. Диаметр плунжера d определяется по формуле:

$$d = (1,5 \dots 1,8) \sqrt{D} .$$

11. Увеличение объёма рабочей полости за счёт приращения диаметра втулки определяется по формуле

$$\Delta V = \pi D L \frac{\Delta D}{2} .$$

12. Уменьшение объёма гидропластмассы за счёт сжимаемости находящихся в её среде воздушных пузырьков:

$$v = 0,002V ,$$

где V – объём гидропластмассы, заключённой в рабочей полости.

13. Величина перемещения плунжера, необходимая для зажима заготовки:

$$m = \frac{\Delta(\Delta V + v)}{\pi d^2} .$$

5.3 Оборудование для выполнения лабораторной работы

1. Лабораторная установка (рис. 5.3), включающая в себя: оправку с гидропластмассой; центры для её установки; узел для создания нагрузки на оправку; устройство для измерения, передаваемого оправкой крутящего момента.

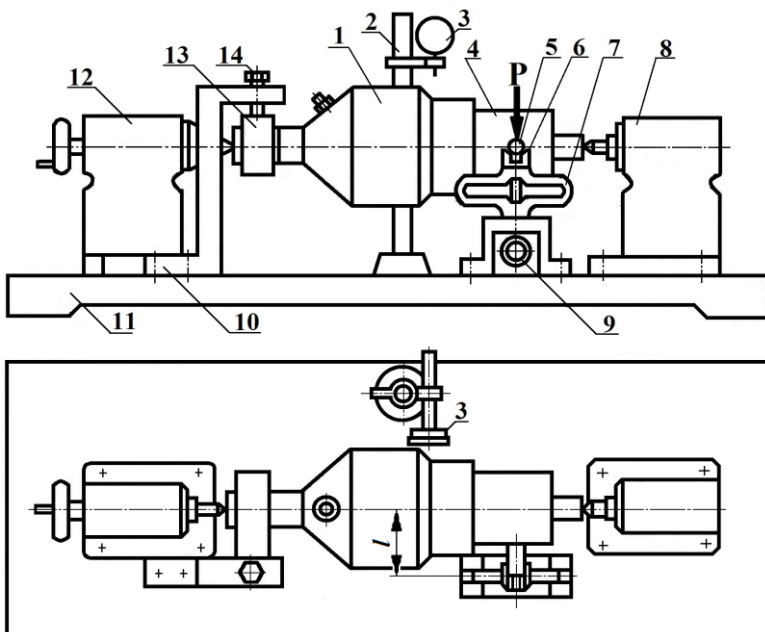


Рис. 5.3. Схема лабораторной установки

2. Набор образцов с различными размерами базового диаметра.

3. Мерительный инструмент:

а) микрометр 25-50;

б) индикаторный нутромер 25-50, цена деления 0,01 мм;

в) индикатор часового типа ИЧ10, цена деления 0,01 мм;

г) динамометр.

5.4 Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 5.3) представляет собой основание 11, на котором установлены центры 8,12, кронштейн 10, динамометр 7, стойка 2 с индикатором 3. Образец (заготовка) 4 закрепляется на оправке с гидропластмассой 1, которая устанавливается в центры 8, 12. В заготовку вворачивается палец 5, находящийся в контакте с призмой 6, установленной на площадке с динамометром 7. Передаваемое на динамометр усилие фиксируется индикатором 9.

На левом конце оправки закреплён рычаг 13, который передаёт на оправку крутящий момент, создаваемый вращением винта 14, ввёрнутым в кронштейн 10. Стойка 2 с индикатором 3 используются для замера биения базовой поверхности оправки, устанавливаемой в центрах и биения наружной поверхности образца, закреплённого на оправке.

Лабораторная установка позволяет определять максимальный передаваемый оправкой крутящий момент $M_{\max}$. Для этого вращением винта 14 на рычаге 13 создаётся сила, приводящая к возникновению крутящего момента на оправке. Величина момента может быть определена путём измерения усилия P , передаваемого пальцем 5 на динамометр 7:

$$M_{\max} = P \times l,$$

где l – величина вылета пальца относительно оси центров ($l = 110$ мм).

Максимальный, передаваемый оправкой крутящий момент $M_{\max}$ возникает при смещении (повороте) образца относительно оправки.

На рис. 5.4 представлена конструкция оправки с гидропластмассой.

На корпус 1 напрессована упругодеформируемая втулка 4, соединённая с ним тремя винтами 5. В корпусе выполнены перекрещивающиеся каналы, в которых установлены плунжер 3, винт 2 и заглушка 6. Между корпусом и втулкой находится кольцевая полость, заполненная гидропластмассой. Давление на гидропластмассу создаётся плунжером 3 посредством винта 2. Заглушка 6 используется при заполнении внутренней полости оправки гидропластмассой. Корпус с обеих сторон имеет цилиндрические хвостовики с центровыми гнёздами. Правый хвостовик оправки имеет резьбу.

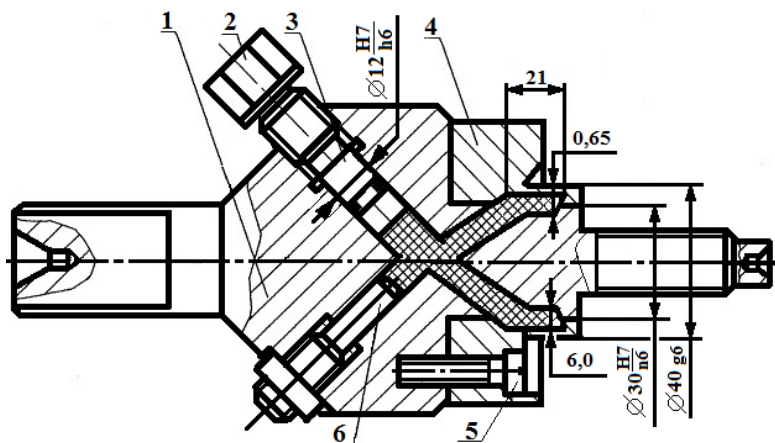


Рис. 5.4. Конструкция оправки с гидропластмассой

5.5 Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию оправки (рис. 5.4), записать в протокол основные параметры оправки (**h**, **L**, **H**, **d**). Измерить микрометром диаметр оправки **D** в 2...3 диаметральных плоскостях с повторением 2...3 раза. Подсчитать среднее значение и записать в отчёт.

2. Измерить индикаторным нутромером базовые отверстия двух заготовок-образцов (рис. 5.5). Результаты измерений записать в отчёт.

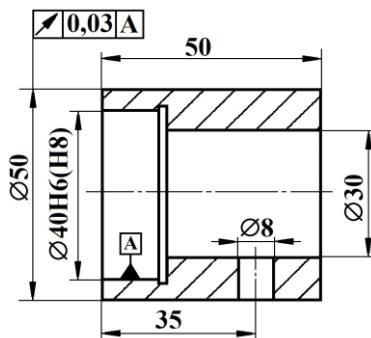


Рис. 5.5. Конструкция заготовки-образца

3. По формулам для расчёта втулки оправки определить её расчётные геометрические параметры и сравнить полученные значения с размерами реальной конструкции.

4. На призме (рис. 5.6) замерить погрешность (биение) взаимного расположения базовой и наружной цилиндрической поверхностей каждой заготовки. Результаты занести в протокол.

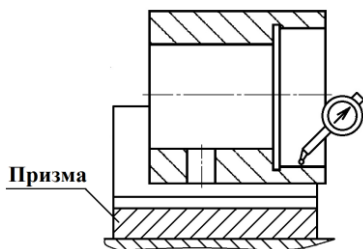


Рис. 5.6. Схема измерения биения базовой и наружной цилиндрической поверхностей заготовки

5. В центрах проверить биение наружной поверхности тонкостенной втулки в ненагруженном состоянии.

6. Закрепить образец на оправке, установить её в центрах и замерить биение наружной цилиндрической поверхности (рис. 5.7). Повторить процесс перезакрепления и измерений 2...3 раза.

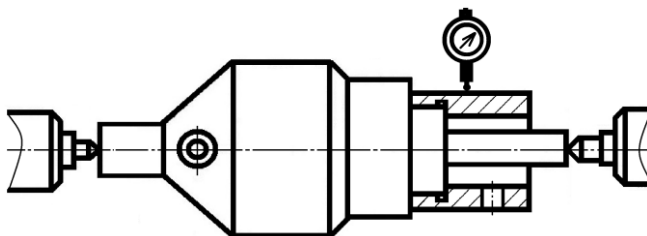


Рис. 5.7. Схема измерения биения заготовки, установленной на оправке

7. По результатам измерений определить погрешность установки заготовок на оправке и сделать вывод.

8. Для заданных размеров оправки рассчитать величину передаваемого крутящего момента в случае закрепления двух заготовок, отличающихся размерами базового отверстия.

9. Закрепить на оправке одну из заготовок, установить в неё палец 5 (рис. 5.3), установить оправку в центры. Вращением винта 14 создать силу, приводящую к проворачиванию заготовки на оправке. Сила определяется по показаниям индикатора динамометра в момент проворачивания заготовки (показания индикатора переводятся в ньютоны с помощью тарировочного графика, приведённого на рис. 5.8). Повторить измерения для второй заготовки.

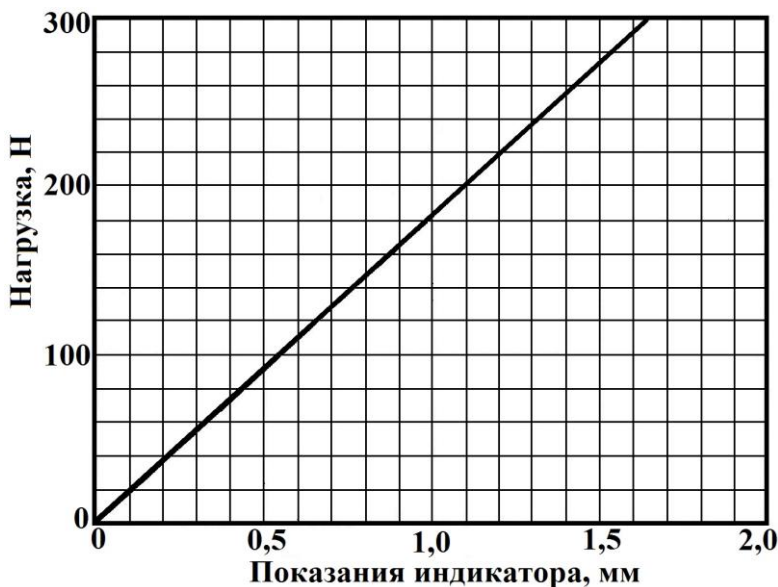


Рис. 5.8. Тарировочный график

10. Определить максимальный передаваемый оправкой крутящий момент $M_{\max}$. Сравнить полученные значения с расчётными и сделать общий вывод по работе.

5.6 Вопросы для самоконтроля

1. Каков принцип работы приспособления с упругодеформируемой втулкой?
2. Какова должна быть точность изготовления базового отверстия заготовки, устанавливаемой на оправку с гидропластмассой?

3. Какова область применения приспособлений с гидропласт-массой?

4. Из какового материала изготавливается упругодеформируемая втулка?

5. При каких условиях обеспечивается центрирование и закрепление заготовки?

Лабораторная работа № 6

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В ЗАГОТОВКАХ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ИХ В КОНДУКТОРЕ

Цель работы:

1. Ознакомление студентов с принципом действия и конструкцией приспособлений к сверлильным станкам.
2. Изучение методики и приобретение практических навыков оценки точности при сверлении отверстий с использованием кондуктора.

6.1 Общие сведения о кондукторах

Приспособления к сверлильным станкам, служащие для базирования и закрепления обрабатываемых заготовок и снабжённые направляющими элементами – кондукторными втулками, называются кондукторами.

В авиадвигателестроении в соответствии с ОСТ 1.51558-84 и ОСТ 1.51574-84 наибольшее распространение получили следующие типы кондукторов: накладные, крышечные (со съёмной или откидной кондукторной плитой – крышкой), с откидной кондукторной планкой, кантующиеся или перекладные, поворотные (рис. 6.1).

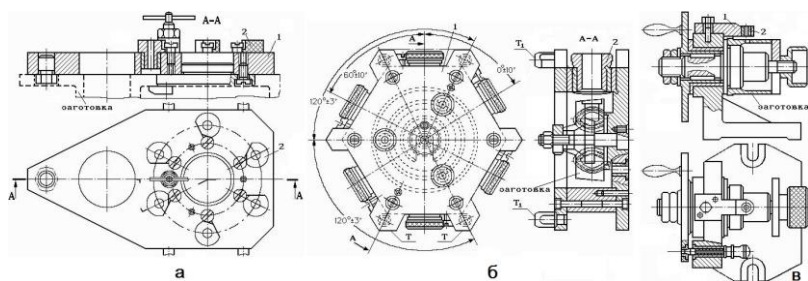


Рис. 6.1. Конструкции кондукторов:
а – накладной, б – кантующийся; в – поворотный;
1 – кондукторная плита; 2 – кондукторная втулка

Кондукторные втулки определяют положение режущего инструмента (сверла, зенкера, развёртки и т.п.) относительно установочных поверхностей приспособления, создают ему заданное направление при обработке отверстий в заготовке и повышают осевую жёсткость инструментов малых диаметров. Кондукторные втулки разделяют на постоянные, сменные, быстросменные (рис. 6.2) и специальные (рис. 6.3). Первые три группы стандартизированы.

Кондукторные втулки устанавливают либо непосредственно в корпус приспособления, либо в специальную кондукторную плиту (планку). Для уменьшения изнашивания втулок и для отвода стружки между её нижним торцом и поверхностью заготовки предусматривают зазор – $a = (0,3 \dots 1,0) d$.

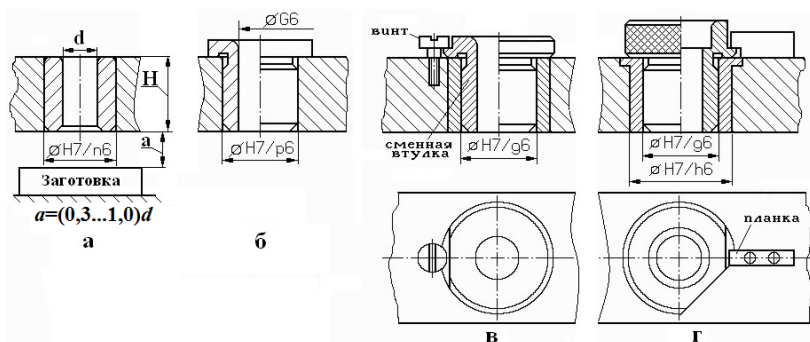


Рис. 6.2. Конструкции кондукторных втулок:

а – постоянная, б – постоянная с буртом; в – сменная; г – быстросменная

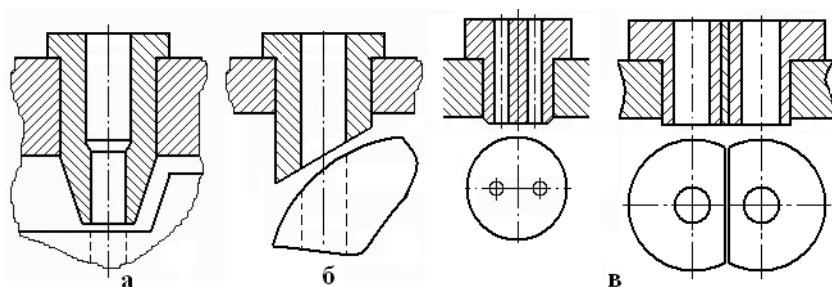


Рис. 6.3. Конструкции специальных кондукторных втулок:

а – для обработки отверстия в углублении; б – для обработки отверстия на криволинейной поверхности; в – для близко расположенных отверстий

Постоянные втулки (рис. 6.2, а, б) запрессовываются в корпус или кондукторную плиту и предназначены для обработки отверстий в заготовках одним инструментом заданного размера.

По конструкции втулки могут быть **без бурта** и **с буртом** (применяют при малой толщине стенки). Недостаток – после износа втулку необходимо выпрессовывать, а новую втулку подгонять под отверстие, что можно сделать в условиях инструментального участка.

Сменные втулки (рис. 6.2, в), как и постоянные, используются при обработке отверстий одним инструментом, но в тех случаях, когда необходима сравнительно частая их замена из-за износа. Сменные втулки устанавливаются в промежуточные втулки по посадке **H6/g5** или **H7/g6** с минимальным зазором, а для того, чтобы они не проворачивались или не поднимались, их закрепляют за буртик винтами или прижимными планками. Втулка может быть заменена непосредственно в условиях основного производства (на рабочем месте). Однако из-за наличия зазора между гнездом и втулкой возникает дополнительная погрешность.

Быстросменные втулки (рис. 6.2, г) применяют, когда отверстия в заготовках обрабатывают несколькими инструментами, например, сверлом, зенкером, развёрткой. Для направления каждого инструмента предусматривается своя быстросменная втулка. Поэтому к кондуктору изготавливается комплект втулок, имеющих одинаковый наружный диаметр, а внутренние диаметры соответствуют диаметрам направляемого инструмента. Втулка устанавливается в специальное гнездо по посадке **H7/g6** и закрепляется путём поворота вокруг своей оси. Гнездо предохраняет корпус от износа при частой смене втулки. Для удобства захвата руками втулку делают с высоким буртиком с накаткой.

Специальные кондукторные втулки (рис. 6.3) применяют, когда не представляется возможным использовать стандартные втулки.

Втулки с диаметром отверстия до 25 мм изготавливают из инструментальных сталей У10А, У12А и закачивают до твёрдости **HRC 62...65**, а при диаметре отверстия больше 25 мм из стали марки 20-20Х с цементацией и закалкой до той же твёрдости.

Режущий инструмент направляется в отверстиях всех кондукторных втулок по подвижной посадке с гарантийным зазором. При

этом инструмент принимают за основной вал (система вала), а посадка обеспечивается за счёт диаметра отверстия втулки. Для направления свёрл и зенкеров используются посадки **G7** или **F8**, а для развёрток – **G7**.

Применение кондукторов позволяет значительно повысить производительность и точность обработки отверстий в заготовках по сравнению с выполнением этой операции без использования кондуктора. Повышение производительности достигается за счёт исключения предварительной разметки обрабатываемых отверстий в заготовках и сокращения вспомогательного времени на установку заготовки при обработке в кондукторе.

Повышение точности обеспечивается за счёт точного расположения кондукторных втулок относительно установочных поверхностей кондуктора, которые определяют положение и направление режущего инструмента. При этом уменьшается разбивка (погрешность) диаметра обрабатываемого отверстия и точность повышается примерно на один квалитет. Кроме этого повышается точность расположения отверстий, т.е. смещение их относительно номинального положения, а также уменьшается увод оси отверстия.

При изготовлении отверстий в заготовках обычно выдерживаются два геометрических параметра:

- размер отверстия, т.е. диаметр с заданным допуском;
- расположение отверстия или отверстий, т.е. смещение оси отверстия от номинального положения в пределах заданного допуска.

При изготовлении отверстий в ответственных деталях, где перекос (увод) оси отверстия оказывает влияние на прочность соединяющих крепёжных деталей или приводит к смещению осей маслопроводных и др. каналов, назначается допуск на третий геометрический параметр. Устанавливается допустимая величина отклонения оси отверстия от перпендикуляра к базовой установочной поверхности заготовки или к плоскости сверления.

Для обеспечения точности указанных параметров при проектировании кондуктора проводят точностной расчёт по всем заданным геометрическим параметрам обрабатываемого отверстия, ограниченных допуском. Годным кондуктор является тогда, когда расчётная (ожидаемая) погрешность обработки каждого параметра не превы-

шает заданного допуска на соответствующий геометрический параметр отверстия заготовки.

6.2 Общая методика расчёта приспособлений на точность

Результирующая погрешность обработки при выполнении любой операции с применением приспособлений не должна превышать заданного допуска на геометрический параметр, т.е.

$$\omega \leq T,$$

где ω – результирующая погрешность обработки заданного геометрического параметра; T – допуск на геометрический параметр.

Результирующую погрешность можно представить в виде:

$$\omega = \omega_0 + \omega_y \leq T, \quad (1)$$

где ω_0 – погрешность, связанная с методом обработки; ω_y – погрешность, связанная с установкой.

Запишем формулу (1) в виде $\omega_y \leq T - \omega_0$, т.е. допустимая погрешность, связанная с установкой заготовки, является частью допуска. Обычно погрешность установки составляет $\omega_y = (0,3 \dots 0,4)T$.

Для того, чтобы знать допустимую погрешность $\omega_{уд}$, необходимо определить погрешность ω_0 , которая зависит от многих производственных погрешностей. Обычно величину ω_0 для конкретного метода обработки находят по таблицам статистических данных, которые приводятся в справочниках.

Для конструктора приспособлений главным является определение **ожидаемой (расчётной) погрешности установки**. Эта погрешность зависит в основном от выбора и точности установочных баз, конструкции установочных элементов, прочности и износа установочных и других элементов приспособлений, которые оказывают влияние на погрешности установки.

Таким образом, расчёт приспособления на точность сводится к определению **ожидаемой (расчётной) погрешности установки** $\omega_{ур}$, которая не должна превышать допустимую погрешность $\omega_{уд}$.

В общем случае погрешность установки включает следующие составляющие: погрешность базирования ω_6 ; погрешность закрепления ω_3 ; погрешность изготовления и износа приспособления $\omega_{пр}$.

$$\omega_{уп} = 1,2 \sqrt{\omega_6^2 + \omega_3^2 + \omega_{пр}^2}.$$

При расчёте $\omega_{уп}$ конструктор не располагает всеми достоверными данными, вследствие чего рекомендуется принимать до 20% запас точности приспособления, поэтому в формуле введён коэффициент 1,2.

Погрешность базирования – это отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого. Эта погрешность является величиной геометрической. Для данной схемы базирования она определяется проекцией расстояния между предельными положениями измерительной базы заготовки на направление размера, получаемого при обработке.

Погрешность закрепления ω_3 – это разность предельных смещений измерительной базы в направлении получаемого размера под действием сил зажима заготовки. При достаточной жёсткости корпуса приспособления и заготовки погрешность закрепления зависит в основном от перемещения в стыке **заготовка – установочные элементы**.

Величина погрешности ω_3 обычно невелика, и её определяют по экспериментальным данным или расчётным путём.

Погрешность изготовления и износа приспособления определяется по формуле:

$$\omega_{пр} = \omega_{изг} + \sqrt{3\omega_{и}^2 + \omega_{у.пр}^2},$$

где $\omega_{изг}$ – погрешность изготовления элементов приспособления; $\omega_{и}$ – погрешность, связанная с износом установочных элементов; $\omega_{у.пр}$ – погрешность установки приспособления на станке.

Составляющая $\omega_{изг}$ характеризует неточность положения установочных и направляющих элементов приспособления. Погрешность изготовления может включать в себя несколько составляющих звеньев и определяется исходя из анализа конструктивной схемы приспособления.

Составляющая $\omega_{и}$ характеризует износ установочных и направляющих элементов приспособления. Величина износа зависит: от

времени работы приспособления; материала, массы и состояния базовых поверхностей заготовки, а также условий установки заготовки в приспособление и снятия её. Эту погрешность устанавливает конструктор и её величина обычно не превышает 0,01 ... 0,02 мм.

Составляющая $\omega_{y,пр}$ возникает при установке приспособления на станок. Её величина не превышает 0,02 ... 0,05 мм. В некоторых приспособлениях, например кондукторах, $\omega_{y,пр} = 0$.

Расчёт точности рекомендуется вести в следующей последовательности:

- определяется значение ω_0 ;
- определяется $\omega_{уд}$;
- на основании анализа технологической операции и конструкции приспособления выявляются основные погрешности, влияющие на точность обработки;
- определяются их значения по таблицам и формулам;
- определяется расчётная погрешность $\omega_{y,р}$;
- расчётная величина $\omega_{y,р}$ сопоставляется с допустимой погрешностью установки ($\omega_{уд} \leq T - \omega_0$); если $\omega_{y,р} \geq \omega_{уд}$, необходимо уменьшить составляющие погрешности и снова определить $\omega_{y,р}$; если $\omega_{y,р} \leq \omega_{уд}$, то делается вывод о том, что приспособление обеспечивает заданную точность.

6.3 Расчёт на точность кондуктора крышечного типа

Расчёт выполняется в следующем порядке:

1. Изучение исходных данных. На рис. 6.4 приведён операционный эскиз обработки заготовки (деталь – фланец). Установочными базами являются опорный торец и отверстие $D_6 = 12,4^{+0; 12}$.

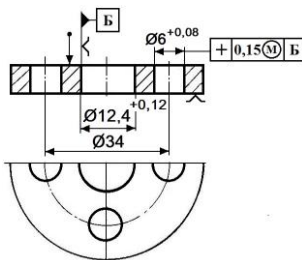


Рис. 6.4. Операционный эскиз обработки заготовки – фланец

В операции выполняются два геометрических параметра:

- диаметр отверстия $D_o = 6,0^{+0,08}$;
- смещение оси отверстия от номинального положения с допуском $T_c = \pm 0,15$ мм.

Для сверления отверстий используется кондуктор крышечного типа, схема которого приведена на рис. 6.5. Кондуктор состоит из корпуса 1, в котором запрессован установочный палец 4, на пальце базируется заготовка 2 и кондукторная плита 3 с постоянной кондукторной втулкой 6. Заготовка закрепляется с помощью зажима 5.

Размеры, допуски, посадки и отклонения основных поверхностей деталей кондуктора приведены в табл. 6.1.

2. Определение погрешности параметра $D_o = 6,0^{+0,08}$. Диаметр получаемого отверстия определяется диаметром применяемого инструмента. Значения размера, допуска и отклонений применяемого сверла приведены в табл. 6.1.

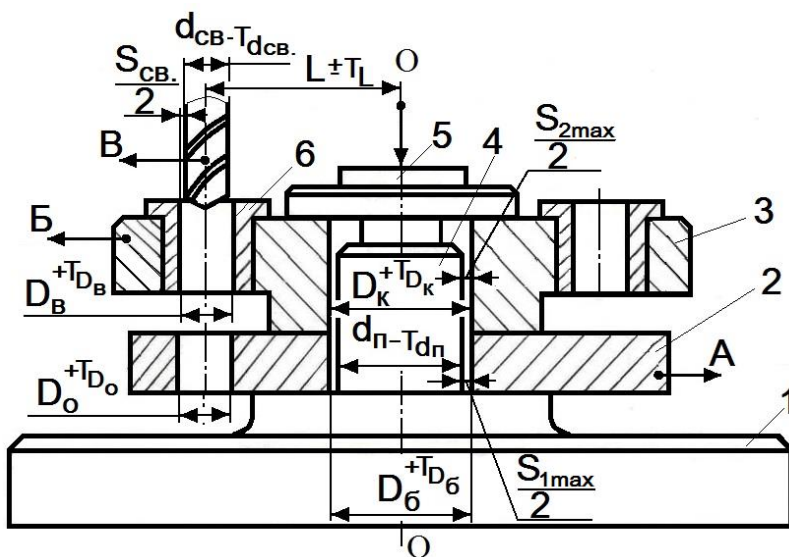


Рис. 6.5. Схема обработки заготовки в кондукторе:

0-0 – ось установочного пальца

Таблица 6.1. Геометрические параметры деталей кондуктора

Размеры, допуски, отклонения	Поверхности деталей кондуктора						
	Установочный палец	Базовое отверстие кондукторной плиты	Кондукторная втулка	Сверло	Расстояние между осями	Высота втулки	Расстояние до заготовки
Размер	$d_n=12,4$	$D_k=12,4$	$D_b=6$	$d_{св}=6,0$	$L=17$	$H = 20$	$a = 4$
Посадка	$g6$	$H7$	$F7$	$h6$			
Допуск	$0,011$	$0,018$	$0,012$	$0,009$	$0,06$		
Отклонения	$-0,006$ $-0,017$	$+0,018$	$+0,022$ $+0,01$	$-0,009$	$\pm 0,03$		
Износ	$0,012$	$0,012$					
Эксцентриситет кондукторных втулок T_{ε}			$0,005$				

3. Расчёт погрешности смещения осей отверстия от номинального положения (допуск $T_c = \pm 0,15$ мм). Расчёт проводится в последовательности, изложенной выше.

Погрешность метода обработки ω_0 .

Определение погрешности метода обработки при сверлении отверстий имеет некоторые особенности.

Прежде всего ω_0 зависит от зазора, определяемого посадкой между инструментом и отверстием в кондукторной втулке (D_b).

$$S_{св \max} = S_{г.св} + T_{d \text{ св}} + T_{D_b} + T_{изн.вт} ,$$

где $T_{d \text{ св}}$ – допуск на диаметр инструмента; $S_{г.св}$ – гарантированный зазор посадки; T_{D_b} – допуск на диаметр D_b кондукторной втулки; $T_{изн.вт}$ – допуск на износ кондукторной втулки.

Однако при сверлении возможен перекося оси сверла в кондукторной втулке, который вызывается следующими причинами:

- неперпендикулярностью оси шпинделя к плоскости стола станка;
- неперпендикулярностью оси кондукторной втулки к основанию корпуса приспособления;
- деформацией технологической системы.

Схема перекося сверла приведена на рис. 6.6.

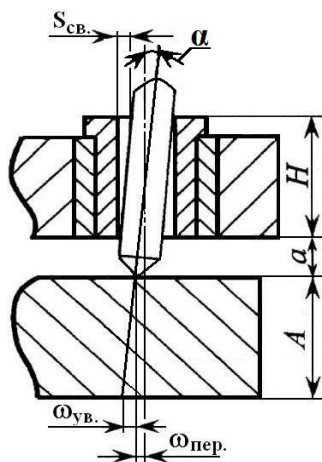


Рис. 6.6. Схема перекоса сверла

Погрешность перекоса определяется по формуле:

$$\omega_{\text{пер}} = \left(\frac{H}{2} + a \right) \text{tg} \alpha, \text{ но } \text{tg} \alpha = \frac{S_{\text{св}}}{H}, \text{ тогда } \omega_{\text{пер}} = S_{\text{св.мах}} \left(\frac{1}{2} + \frac{a}{H} \right).$$

Погрешность перекоса уменьшается при уменьшении зазора $S_{\text{св}}$, уменьшении размера a и увеличении H . Так как $\omega_{\text{пер}}$ определяет положение оси отверстия в детали, то это и будет погрешностью метода обработки при сверлении по кондукторным втулкам, т.е.

$$\omega_0 = S_{\text{св.мах}} \left(\frac{1}{2} + \frac{a}{H} \right).$$

Анализ схемы обработки (рис. 6.6) показывает, что смещение осей отверстий происходит от действия многих первичных погрешностей, которые входят в погрешность $\omega_{\text{ур}}$. При расчёте принимаем наихудшие условия обработки, когда при базировании и закреплении заготовка смещается по стрелке A , а кондукторная плита и сверло смещаются в противоположном направлении по стрелкам B и B .

Для наглядности при определении погрешности $\omega_{\text{ур}}$ составим общую схему размерных цепей (рис. 6.7). При этом за исходную базу принимаем ось установочного пальца $O_{\text{п}} - O_{\text{п}}$.

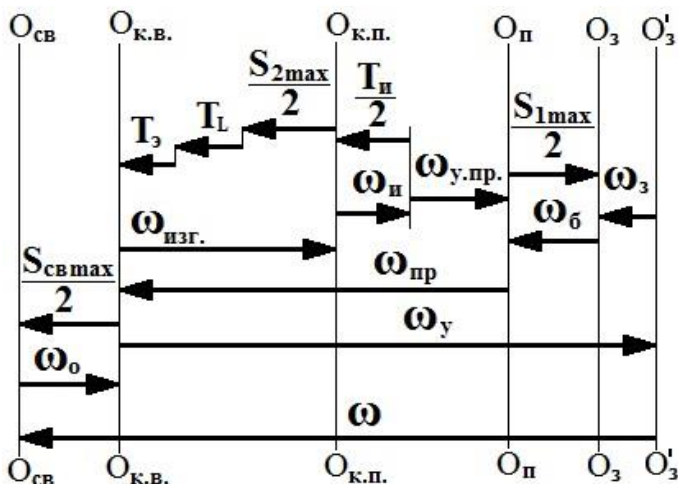


Рис. 6.7. Схема размерных цепей:

$O_{п} - O_{п}$ – ось установочного пальца; $O_3 - O_3$ – ось базового отверстия заготовки после базирования; $O_3^I - O_3^I$ – после закрепления;
 $O_{к.п.} - O_{к.п.}$ – ось кондукторной плиты; $O_{к.в.} - O_{к.в.}$ – ось кондукторной втулки; $O_{св} - O_{св}$ – ось сверла

Погрешность базирования ω_6 (смещение оси заготовки).

Эта погрешность определяется половиной максимального зазора в посадке заготовка – установочный палец:

$$\omega_6 = \frac{S_r}{2} + \frac{T_{дп}}{2} + \frac{T_{дб}}{2} + \frac{T_{изн.п}}{2},$$

где $T_{изн.п}$ – допуск на износ установочного пальца.

На рис. 6.8 приведена размерная цепь погрешности базирования.

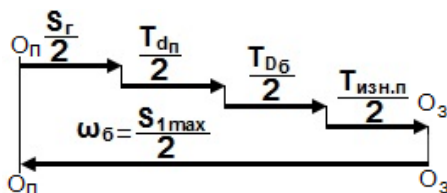


Рис. 6.8. Размерная цепь погрешности базирования

Погрешность закрепления ω_3 (смещение оси заготовки).

При принятой схеме закрепления заготовки $\omega_3 = 0$.

Погрешность изготовления элементов приспособления $\omega_{изг}$.

Эта погрешность включает следующие составляющие (см. рис. 6.7):

$$\omega_{изг} = \omega_{S_2} + \omega_{T_3} + \omega_{T_L},$$

где ω_{S_2} – погрешность смещения оси кондукторной плиты относительно оси установочного пальца;

ω_{T_3} – погрешность смещения оси кондукторной втулки из-за допуска на несоосность диаметров кондукторной втулки T_3 ;

ω_{T_L} – погрешность смещения оси кондукторной втулки из-за допуска на смещение оси отверстия в кондукторной плите под кондукторную втулку относительно базового отверстия кондукторной плиты T_L .

Погрешность ω_{S_2} определяется максимальным зазором в посадке кондукторная плита – установочный палец.

$$\omega_{S_2} = \frac{S_r}{2} + \frac{T_{dп}}{2} + \frac{T_{Dк}}{2}.$$

Размерная цепь для ω_{S_2} приведена на рис. 6.9.

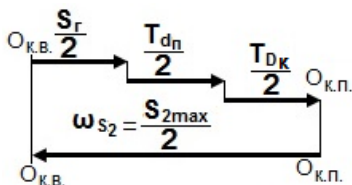


Рис. 6.9. Размерная цепь смещения оси кондукторной плиты относительно оси установочного пальца при установке

Погрешность износа $\omega_{и}$. Эта погрешность характеризует смещение оси кондукторной плиты за счёт износа в посадке кондукторная плита – установочный палец и включает следующие составляющие (рис. 6.10):

$$\omega_{и} = \omega_{изн.к.п} + \omega_{изн.п}$$

где $\omega_{\text{изн.к.}} = T_{\text{изн.к.п.}} / 2$ – погрешность износа кондукторной плиты;
 $\omega_{\text{изн.п.}} = T_{\text{изн.п.}} / 2$ – погрешность износа установочного пальца.

$$\omega_{\text{и}} = \frac{T_{\text{изн.к.п.}}}{2} + \frac{T_{\text{изн.п.}}}{2}.$$

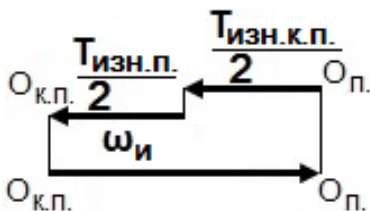


Рис. 6.10. Размерная цепь смещения оси кондукторной плиты относительно оси установочного пальца при износе

Погрешность установки приспособления на станке $\omega_{\text{у.пр.}}$.

При обработке отверстий с использованием кондукторов $\omega_{\text{у.пр.}} = 0$.

Погрешность, связанная с изготовлением и износом приспособления $\omega_{\text{пр.}}$ (размерная схема представлена на рис. 6.11).

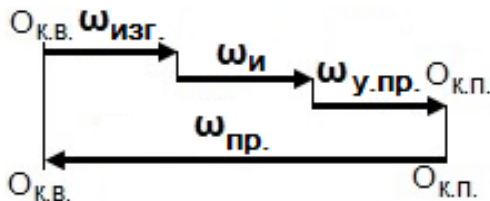


Рис. 6.11. Размерная цепь изготовления и износа приспособления

Полученные выше значения $\omega_{\text{изг.}}$, $\omega_{\text{и}}$, $\omega_{\text{у.пр.}}$ подставляем в уравнение:

$$\omega_{\text{пр}} = \omega_{\text{изг.}} + \sqrt{3\omega_{\text{и}}^2 + \omega_{\text{у.пр.}}^2}.$$

Расчётная погрешность установки $\omega_{\text{у.р.}}$ (размерная схема представлена на рис. 6.12) определяется по формуле:

$$\omega_{yp} = 1,2 \sqrt{\omega_6^2 + \omega_3^2 + \omega_{np}^2}.$$

Для определения ω_{yp} подставляем значения ω_{np} , ω_6 и ω_3 в данную формулу.

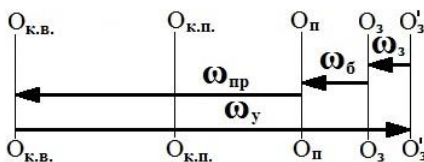


Рис. 6.12. Размерная цепь погрешности установки

4. Оценка годности кондуктора по расчётной точности. Полученное в результате расчётов значение ω_{yp} сопоставляется с допустимой погрешностью установки $\omega_{yp} \leq \omega_{уд} = T - \omega_0$. Если это условие не выполняется, то необходимо уменьшить составляющие погрешности: предельные отклонения базового отверстия кондукторной плиты и диаметра установочного пальца; допуски на износ; высоту кондукторной втулки и др. Если условие $\omega_{yp} \leq \omega_{уд}$ выполняется, то делается вывод о том, что кондуктор обеспечивает заданную точность.

6.4 Содержание и порядок выполнения работы

1. Изучить типовые конструкции кондукторов и кондукторных втулок.
2. Изучить общую методику расчёта приспособлений на точность и методику расчёта на точность кондуктора крышечного типа.
3. Изучить операционный эскиз обрабатываемой заготовки – фланец (см. рис. 6.4). При этом определить базовые поверхности, требования по точности обработки отверстий.
4. Изучить конструктивную схему кондуктора крышечного типа для обработки отверстий в заготовке – фланец.
5. Изучить методику расчёта на точность кондуктора крышечного типа.
6. Построить размерные цепи.

7. Выполнить расчёт на точность кондуктора крышечного типа и дать оценку годности кондуктора по расчётной точности, обеспечивающей $d_0^{+0,08}$ и $T_c = \pm 0,15$ мм.

8. Провести экспериментальную проверку точности обработки отверстий с использованием кондуктора:

- установить заготовку в кондуктор и просверлить отверстия ($d_0 = 6$ мм) в соответствии с операционным эскизом;
- измерить диаметры полученных отверстий и расстояния между осями отверстий (рис. 6.13). Измерение диаметра осуществлять индикатором для внутренних измерений, а межосевое расстояние – с помощью контрольного прибора.

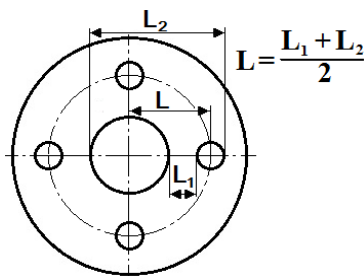


Рис. 6.13. Схема измерения расстояния между осями

- по результатам замеров определить действительные погрешности и сравнить их с заданными по чертежу и результатами точностных расчётов.
9. Дать заключение о годности кондуктора крышечного типа для выполнения операции по сверлению отверстий в заготовке – фланец.
10. Внести предложения по повышению точности обработки отверстий во фланце.

6.5 Вопросы для самоконтроля

1. На какие виды делятся кондукторы в зависимости от их конструкции?
2. С какой целью применяют кондукторные втулки?

3. Какие типы кондукторных втулок используются в конструкциях приспособлений?
4. С какой целью проводится расчёт приспособления на точность?
5. Какие составляющие входят в расчётную погрешность установки заготовки в приспособлении?
6. Что понимают под погрешностью базирования?
7. Какие особенности расчёта точности при сверлении по кондукторным втулкам?

Лабораторная работа № 7

СБОРКА И НАСТРОЙКА

УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Цель работы:

1. Ознакомление студентов с элементами и компоновками универсально-сборных приспособлений.
2. Получение практических навыков сборки и настройки УСП на примере кондуктора.
3. Изучение методик расчёта кондуктора на точность.

7.1 Общие сведения об УСП

Одним из путей сокращения объёма работ при проектировании и изготовлении станочных приспособлений является использование в их конструкциях нормализованных деталей и узлов. Наибольшая степень нормализации и взаимозаменяемости достигнута в системе универсально-сборных приспособлений (УСП).

Универсально-сборным называется сборно-разборное приспособление, состоящее из 100% стандартизованных элементов по всем параметрам. Такая степень стандартизации и взаимозаменяемости в системе УСП позволяет многократно собирать из элементов различные приспособления – **компоновки**. Компоновки УСП применяют для обработки заготовок на всех типах металлорежущих станков. На рис. 7.1 приведены компоновки УСП.

УСП нашли широкое применение в единичном, мелкосерийном и даже среднесерийном производствах, а также на опытных заводах. Объясняется это тем, что они позволяют значительно сократить срок подготовки производства, так как сборка УСП для выполнения определённой операции производится за 2...4 часа и собранное приспособление гарантирует точность и экономичность обработки.

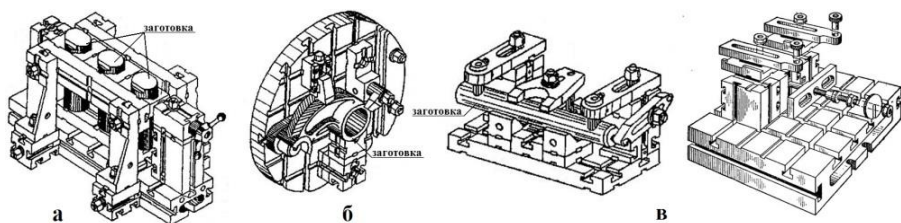


Рис. 7.1. Компонки УСП:
а – фрезерное; б – токарное; в – сверлильные

УСП собирается из универсальных стандартных элементов, но собранное приспособление становится **специальным**, так как оно предназначено для выполнения конкретной операции. После обработки заданной партии заготовок приспособление разбирают, а элементы УСП используются для сборки других приспособлений, т. е. они находятся в непрерывном обращении.

Число стандартизованных деталей и неразборных узлов, которые находятся в постоянном кругообороте при обслуживании компоновками одного цеха или ряда цехов, принято называть **комплексом элементов**. Комплекты элементов УСП изготавливаются централизованно. Для станочных приспособлений выпускаются три серии комплектов УСП-8, УСП-12, УСП-16, которые различаются шириной Т-образных и П-образных пазов (соответственно 8, 12 и 16 мм), числом и типоразмерами элементов. В зависимости от масштаба производства и объема применения сборной оснастки комплект УСП может состоять из 15 ... 30 тысяч деталей. При таком количестве деталей в комплекте на рабочих местах можно использовать одновременно до 300 компоновок-приспособлений для сверления, фрезерования, шлифования, токарной обработки, штамповки, сварки, контроля.

Номенклатура комплекта элементов УСП по **функциональным признакам** делится на семь групп: базовые, опорные (корпусные), установочные, направляющие, прижимные, крепёжные и сборочные единицы (например, поворотные головки, делительные плиты, центровые бабки, механизированные быстродействующие пневмоприводы). На рис. 7.2 представлены примеры основных групп элементов УСП, входящих в комплект, а на рис. 7.3 – фотографии элементов.

Базовые детали являются самыми сложными и дорогими, они имеют различные размеры и форму: плиты круглые и прямоуголь-

ные, угольники. На базовые детали монтируются все остальные элементы при компоновке приспособления.

Корпусные детали предназначены для образования корпуса приспособления совместно с базовыми элементами. К этим элементам относятся опоры, проставки, прокладки, призмы, угольники, кондукторные планки и др.

Установочные и направляющие детали обеспечивают требуемое взаимное расположение базовых, опорных и других элементов в компоновке. С их помощью координируется также положение обрабатываемой заготовки относительно приспособления и режущего инструмента. К ним относятся штыри, шпонки, пальцы, диски, переходники и др.

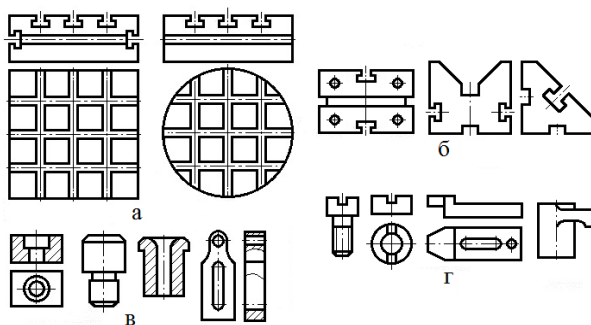


Рис. 7.2. Примеры элементов системы УСП:
а – базовые; б – опорные; в – установочные и направляющие; г – крепёжные



Рис. 7.3. Элементы комплекта УСП

Крепёжные (прихваты, планки и т.п.) и **прижимные** (болты, шпильки, винты, гайки, шайбы) детали предназначены для соединения отдельных элементов компоновки в одно целое и для закрепления обрабатываемых заготовок на приспособлении.

Сборочные единицы служат для ускорения процесса сборки приспособлений УСП. Они позволяют получить наиболее рациональные и компактные конструкции. В эту группу входят поворотные устройства, бабки центровые, фиксаторы, зажимы эксцентриковые, кулачковые, призмы подвижные, диски делительные, головки самоцентрирующие, кулачковые зажимы.

Поскольку элементы УСП используются многократно, они должны быть долговечными и в течение всего срока эксплуатации сохранять свои точностные параметры, поэтому они имеют следующие особенности:

1. Высокая точность изготовления элементов УСП. Основные размеры рабочих поверхностей базовых, корпусных, установочных и направляющих элементов выполняются с точностью 5...7 квалитета. С такой же точностью выполняются отверстия, пазы, служащие базой для сочленения элементов. При этом обеспечивается полная взаимозаменяемость соединения элементов УСП. Координирующие размеры между осями отверстий, пазами выполняются с допусками $\pm 0,01$ мм. Отклонение от параллельности и перпендикулярности всех сторон пазов не превышает 0,01 мм на длине 100 и 200 мм.

2. Применение износостойких и прочных материалов:

- **базовые и корпусные детали** – хромоникелевая сталь 12ХН3А, твёрдость рабочих поверхностей после закалки – HRC 59...63, а внутренний слой – HRC 29...31;
- **установочные** – стали У8А и У10А, твёрдость HRC 52...56;
- **направляющие** – стали 20Х, 40Х;
- **кондукторные втулки** – сталь 9ХС, 20Х с твёрдостью HRC61...65,
- **большинство прижимных и крепёжных деталей** – стали 38ХА и 40Х с последующей закалкой и отпуском до твёрдости HRC 36...41;
- **неответственные детали** – сталь 45.

3. Низкая шероховатость поверхностей. Рабочие поверхности базовых, корпусных и других элементов обрабатывают с шероховатостью $Ra = 0,32...0,16$ мкм, а остальные – $Ra = 2,5...1,25$ мкм.

4. Высокая точность собранного приспособления (0,02...0,05 мм).

5. Большой срок службы элементов УСП. Базовые и корпусные элементы имеют срок службы 15...20 лет, а остальные детали – 10...15 лет.

7.2 Сборка и настройка компоновок УСП

Изготовление приспособления сводится к его сборке по предварительно разработанной компоновочной схеме. Чтобы выяснить, обеспечит ли предлагаемая компоновочная схема приспособления заданную точность геометрических параметров обработанных поверхностей, следует подвергнуть её соответствующему расчёту (методика расчёта изложена в п.7.3).

Сборка компоновки осуществляется на основании заказа технолога и при наличии операционной карты заготовки. В операционной карте с эскизом обрабатываемой заготовки указывается следующая информация:

- обрабатываемые поверхности с их размерами, координатами и техническими требованиями;
- технологические и измерительные (исходные) базовые поверхности;
- поверхности для закрепления;
- вид обработки и режимы резания;
- модель станка, на котором осуществляется данная операция;
- габаритные размеры заготовки.

Сборка УСП выполняется на специализированных участках вспомогательных цехов квалифицированными слесарями-сборщиками.

На рис. 7.4. приведены примеры компоновок УСП – кондукторов для сверления отверстий в различных по форме заготовках.

Как видно из сопоставления приведённых конструкций, схемы их одинаковы, а существенное отличие наблюдается лишь в элементах для установки заготовок. Выбор этих элементов диктуется формой базовых поверхностей заготовки. Для заготовки на рис. 7.4,а двум плоским базам отвечают два упора 1 и 2 кондуктора. У заготовки на рис. 7.4,б базой является наружная цилиндрическая поверхность, поэтому

в качестве установочного элемента используется призма 1. Заготовка на рис. 7.4,в устанавливается на два пальца – один цилиндрический 1, а второй срезанный (ромбический) 2.

После сборки выполняется настройка приспособления. Задача настройки состоит в том, чтобы придать скомпонованным деталям УСП требуемое взаимное расположение с целью обеспечения заданной точности обработки.

При настройке конструкций УСП, подобных изображённым на рис. 7.4, используются точные контрольные валики и плоские концевые меры (плитки). На рис. 7.5 показана схема использования этих элементов при настройке кондуктора, приведённого на рис. 7.4,а. Как видно из схемы, при настройке вместо сверла в кондукторную втулку устанавливают контрольный валик 1, а расстояние от его образующей до упора приспособления реализуют набором (блоком) мерных плиток 2. Таким же образом осуществляется настройка кондуктора и в другом направлении (размер Б).

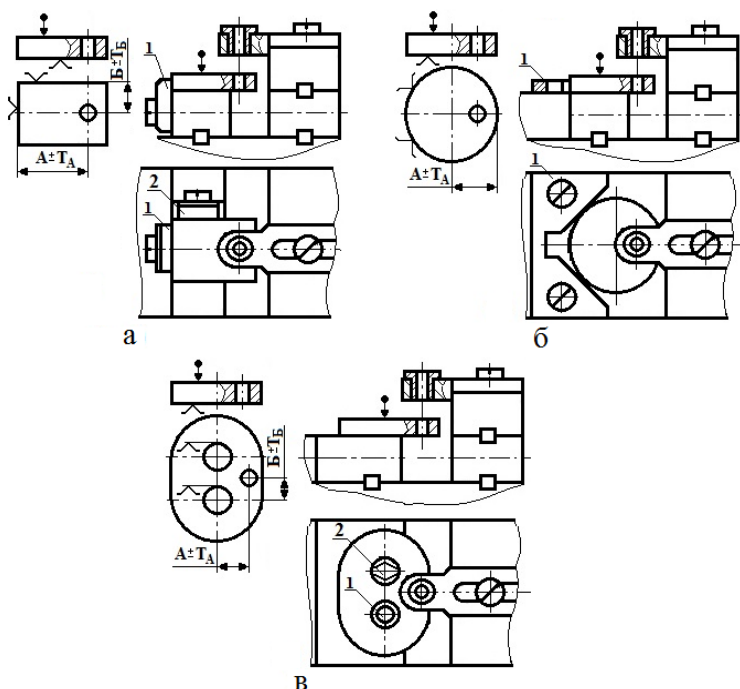


Рис. 7.4. Операционные эскизы заготовок и схемы УСП для их обработки

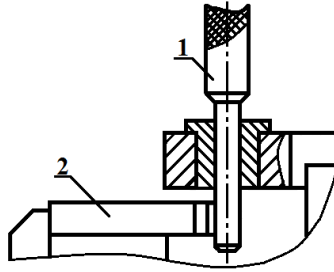


Рис. 7.5. Схема настройки УСП-кондуктора:
1 – контрольный палец; 2 – блок концевых мер

7.3 Расчёт ожидаемой погрешности обработки

Разработанная компоновка УСП должна обеспечить требуемую точность заданных геометрических параметров. Поэтому перед окончательной наладкой выполняют расчёт приспособления на точность.

Результирующая погрешность обработки при выполнении любой операции с применением приспособлений не должна превышать заданного допуска на геометрический параметр, т.е.

$$\omega \leq T,$$

где ω – результирующая погрешность обработки заданного геометрического параметра; T – допуск на геометрический параметр.

Результирующую погрешность можно представить в виде:

$$\omega = \omega_0 + \omega_y \leq T,$$

где ω_0 – погрешность, связанная с методом обработки; ω_y – погрешность, связанная с установкой.

В общем случае погрешность установки включает следующие составляющие: погрешность базирования ω_6 ; погрешность закрепления ω_3 ; погрешность изготовления и износа приспособления $\omega_{пр}$.

$$\omega_{yp} = 1,2 \sqrt{\omega_6^2 + \omega_3^2 + \omega_{пр}^2}.$$

Погрешность базирования – это отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого. Эта погрешность является величиной геометрической.

Погрешность закрепления ω_z – это разность предельных смещений измерительной базы в направлении получаемого размера под действием сил зажима заготовки.

Погрешность изготовления и износа приспособления определяется по формуле:

$$\omega_{\text{пр}} = \omega_{\text{изг}} + \sqrt{3\omega_{\text{и}}^2 + \omega_{\text{у.пр}}^2},$$

где $\omega_{\text{изг}}$ – погрешность изготовления элементов приспособления; $\omega_{\text{и}}$ – погрешность, связанная с износом установочных элементов; $\omega_{\text{у.пр}}$ – погрешность установки приспособления на станке.

Рассмотрим в качестве примера расчёт на точность компоновки УСП, приведённой на рис. 7.4, а. Для наглядности построим размерные цепи, которые возникают при наладке и при обработке заготовки. На рис. 7.6 приведена размерная схема, возникающая при настройке приспособления.

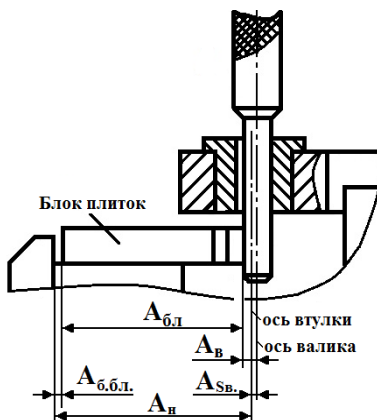


Рис. 7.6. Размерная схема настройки кондуктора

Размерная цепь настройки кондуктора:

$$A_{\text{б.л}} + A_{\text{б.б.л}} + A_{\text{в}} + A_{\text{св}} + A_{\text{н}} = 0,$$

где $A_{6л}$ – размер блока плиток; $A_{6.6л}$ – отклонение контактной поверхности блока плиток от номинального положения; $A_в$ – радиус контрольного валика; $A_{св}$ – смещение оси контрольного валика относительно оси кондукторной втулки за счёт зазора в посадке; A_n – настроечный размер.

Замыкающим звеном в размерной цепи является настроечный размер A_n – размер между базой приспособления и осью кондукторной втулки (его номинальное или среднее значение равно номиналу операционного и конструкторского размеров, записанных соответственно в операционной карте и рабочем чертеже). Этот размер в свою очередь является размером, определяющим изготовление кондуктора, и поэтому его погрешность будет равна $\omega_n = \omega_{изг}$ (для данной компоновки). Размерную цепь запишем в виде:

$$A_n = A_{6.6л} + A_{6л} + A_в + A_{св}.$$

Погрешность настройки определяется по формуле:

$$\omega_n = \omega_{6.6л} + \omega_{6л} + \omega_в + \omega_{св}.$$

Цепь настройки позволяет рассчитать размер блока плиток, который используют при настройке (номинальные размеры $A_{6.6л}$ и $A_{св}$ по смыслу равны нулю):

$$A_{6л} = A_n - A_в.$$

При расчёте погрешности необходимо учитывать, что значения $\omega_{6.6л}$ и $\omega_{6л}$ вследствие их малости можно принять равными нулю, т.е. $\omega_{6.6л} = 0$, $\omega_{6л} = 0$. Тогда

$$\omega_n = \omega_в + \omega_{св}.$$

Для определения суммарной погрешности рассмотрим размерную схему, приведённую на рис. 7.7.

Размерная цепь обработки:

$$A_6 + A_n + A_{св} + A_\Delta = 0,$$

где A_6 – отклонение технологической базы заготовки от номинального положения; $A_{св}$ – смещение оси сверла относительно оси кондукторной втулки; A_Δ – ожидаемый размер.

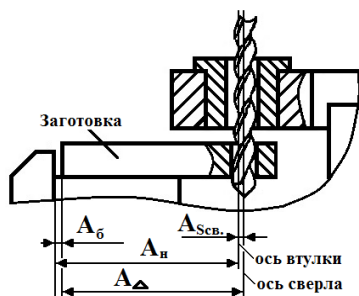


Рис. 7.7. Размерная схема обработки

Замыкающим звеном в размерной цепи является ожидаемый размер A_{Δ} – размер между исходной базой заготовки и осью обработанного отверстия (его номинальное значение равно номиналу операционного размера). Размерную цепь запишем в виде:

$$A_{\Delta} = A_{\text{б}} + A_{\text{н}} + A_{\text{св.}}$$

Ожидаемая (расчётная) результирующая погрешность обработки определяется по формуле:

$$\omega_{\Delta p} = \omega_{\text{б}} + \omega_{\text{н}} + \omega_{\text{св.}}$$

В этой формуле $\omega_{\text{св.}}$ является погрешностью метода обработки при сверлении, $\omega_{\text{б}}$ – погрешность базирования, а $\omega_{\text{н}}$ – погрешность изготовления.

Необходимо отметить, что при определении погрешности метода обработки при сверлении и погрешности наладки должны учитываться перекосы сверла и контрольного валика во втулке. Эти погрешности будут увеличиваться с увеличением расстояния от втулки до заготовки (блока плиток) и уменьшаться с увеличением длины втулки. В данной лабораторной работе для упрощения перекосы не рассматриваются.

Погрешность износа назначается (рассчитывается) конструктором приспособления. Обычно $\omega_{\text{изг}}$ принимают равной 0,01 мм.

Погрешность установки приспособления на станке для кондукторов равна нулю.

По результатам точностного расчёта сопоставляется полученное значение $\omega_{\text{Др}}$ с допуском на операционный размер T и делается вывод о возможности использования приспособления.

7.4 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с элементами УСП и изучить конструкции приспособлений различного назначения из этих элементов.
2. Изучить методику расчёта приспособлений на точность.
3. Изучить операционный эскиз обрабатываемой заготовки – фланец (рис. 7.8). При этом определить базовые поверхности, требования по точности обработки отверстия.

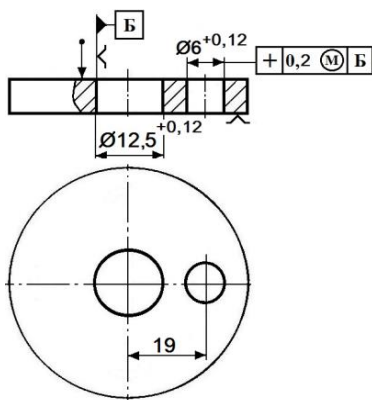


Рис. 7.8. Операционный эскиз фланца

4. Предложить схему компоновки приспособления для выполнения операции «Сверление отверстия».
5. Выполнить анализ погрешностей, характерных для предложенного приспособления и построить размерные цепи, которые возникают при наладке и при обработке заготовки.
6. Определить ожидаемую суммарную погрешность обработки. Расчёт выполнять по фактическим геометрическим параметрам. Для сокращения объёма работы, связанной с измерениями, студентам предлагается воспользоваться данными табл. 7.1.

Таблица 7.1. Геометрические параметры элементов УСП

Диаметр, мм				
установочного пальца	базового отверстия заготовки	контрольного валика	сверла	кондукторной втулки
12,44	12,55	6,0	6,0	6,02

7. Рассчитав ожидаемую погрешность и убедившись, что $\omega_{\Delta p} \leq T$, выполнить сборку и настройку приспособления.

8. Провести экспериментальную проверку точности обработки отверстий с использованием кондуктора:

- установить заготовку в кондуктор и просверлить отверстие в соответствии с операционным эскизом (повторить обработку не менее трёх раз);
- измерить расстояния между осями отверстий (см. рис. 6.13);
- по результатам замеров определить действительные погрешности и сравнить их с заданными по чертежу и результатами точностного расчёта.

9. Дать заключение о годности кондуктора для выполнения операции по сверлению отверстия в заготовке – фланец.

10. Внести предложения по повышению точности обработки отверстия во фланце.

11. Оформить отчёт по работе.

7.5 Вопросы для самоконтроля

1. Какие приспособления называют универсально-сборными?
2. В чём заключается преимущество УСП перед другими приспособлениями?
3. Каковы особенности УСП?
4. Из каких групп элементов состоит комплект УСП?
5. В чём особенность наладки компоновок кондукторов из элементов УСП?
6. С какой целью проводится расчёт приспособления на точность?

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЦЕНТРИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК В ТОКАРНОМ ТРЁХКУЛАЧКОВОМ ПАТРОНЕ

Цель работы:

1. Изучение конструкции трёхкулачковых токарных патронов.
2. Исследование точности центрирования при установке заготовок в патроне.

8.1 Общие сведения о кулачковых патронах к станкам токарного типа

Патроны служат для установки коротких заготовок с $l / d < 5 \dots 6$ при обработке их на станках токарного типа. Патроны бывают двух-, трёх- и четырёхкулачковые. Перемещение кулачков осуществляется вручную или механизированно с помощью привода. По конструкции механизма перемещения кулачков патроны разделяются на спирально-реечные, клиновые, рычажные, рычажно-клиновые, винтовые. Патроны могут иметь одновременное перемещение всех кулачков – самоцентрирующие патроны или независимое перемещение каждого кулачка. По специализации патроны разделяются на универсальные, специализированные и специальные.

В практике наиболее распространёнными являются трёхкулачковые самоцентрирующие универсальные патроны. Самоцентрирующие патроны позволяют одновременно базировать и закреплять заготовку. Патроны изготавливаются различных размеров по четырём классам точности:

- Н – нормальная точность;
- П – повышенная точность;
- В – высокая точность;
- А – особо высокая точность.

Классы точности установлены в зависимости от величины допускаемой неуравновешенности (дисбаланса), предельных отклоне-

ний от геометрической формы и расположения рабочих поверхностей деталей патронов. Например, радиальное биение контрольного (центрирующего) пояса у нового самоцентрирующего патрона диаметром до 630 мм не должно превышать для классов точности: А и В – 10 мкм; Н и П – 20 мкм.

Для каждого типоразмера и класса патрона назначаются свои допуски на точность центрирования, которая контролируется на заводе-изготовителе патронов. Однако следует иметь в виду, что при эксплуатации рабочие поверхности патронов изнашиваются и точность центрирования снижается.

Токарные патроны устанавливаются на шпиндель станка при помощи вспомогательного элемента – **переходного фланца** (планшайбы). Фланец позволяет устанавливать патроны на станки с различной конструкцией переднего конца шпинделя – конус или резьба. На рис. 8.1 приведены схемы установки токарных приспособлений с использованием переходного фланца.

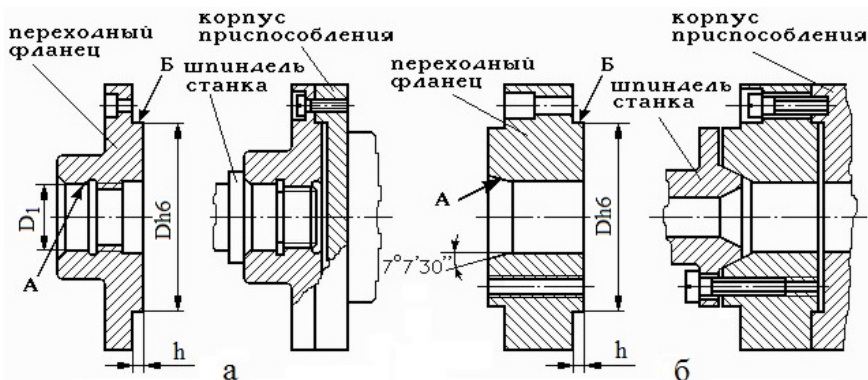


Рис. 8.1. Установка приспособлений на переходном фланце:
а – на резьбовом шпинделе, б – на фланцевом (конусном) шпинделе

Патроны точно установлены на фланце, а фланец, с высокой точностью, на шпинделе станка. При установке патронов на переходные фланцы последние имеют слева посадочные поверхности А, выполненные по форме посадочного места шпинделя, а справа – центрирующий буртик Б диаметром D и высотой $h = 2 \dots 4$ мм. Диаметр D рекомендуется выполнять с отклонениями по **к6** или **h6**. В корпусе патрона предусмотрена центрирующая выточка по диаметру

буртика **Б** фланца. Диаметр **D** выточки рекомендуется выполнять с отклонениями по **H7** или **H6**.

На рис. 8.2, 8.3 представлены примеры конструкций трёхкулачковых самоцентрирующих патронов.

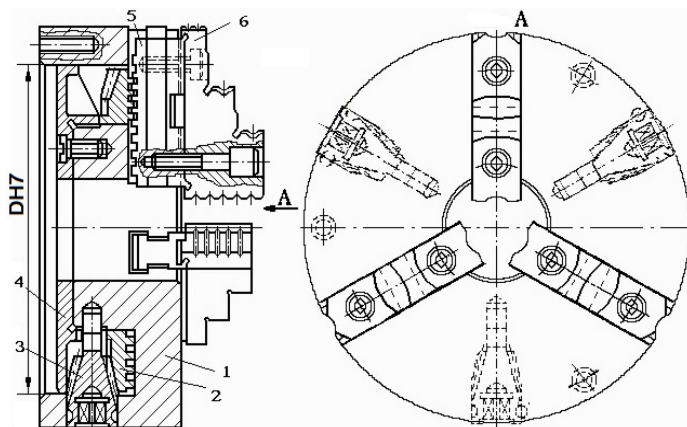


Рис. 8.2. Трёхкулачковый самоцентрирующий патрон спирально-реечного типа:

- 1 – корпус; 2 – диск; 3 – зубчатое колесо; 4 – отражатель (крышка);
5 – основной кулачок; 6 – сменный кулачок

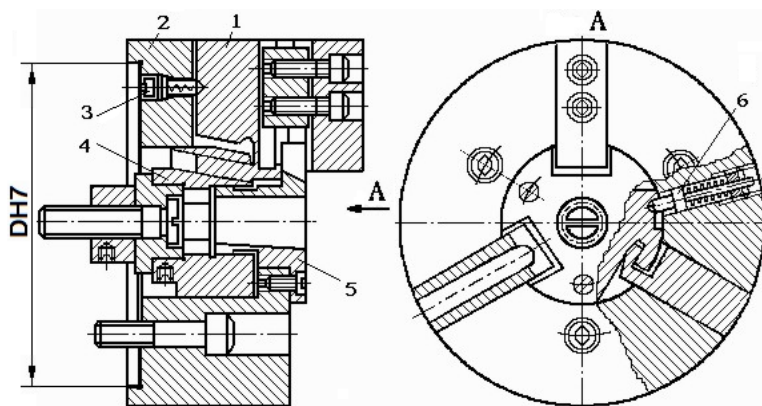


Рис. 8.3. Трёхкулачковый самоцентрирующий патрон с клиновым механизмом:

- 1 – основной кулачок; 2 – корпус; 3 – фиксатор; 4 – клиновья муфта;
5 – втулка (крышка); 6 – штифт; 7 – сменный кулачок; 8 – сухарь

8.2 Точность центрирования патронов

Под точностью центрирования при установке заготовки в токарном патроне понимают степень совмещения оси кулачков (установочной базы заготовки) с осью вращения шпинделя (заготовки). Точность центрирования характеризуется погрешностью центрирования, которая определяется путём измерения биения контрольного пояса валика, закреплённого в патроне. Измерение осуществляется индикатором на расстоянии 10 мм от торца кулачков. Погрешность центрирования (смещение оси контрольного валика) будет равна половине биения (рис. 8.4): $\omega_y = 0,5 \omega_\epsilon$.

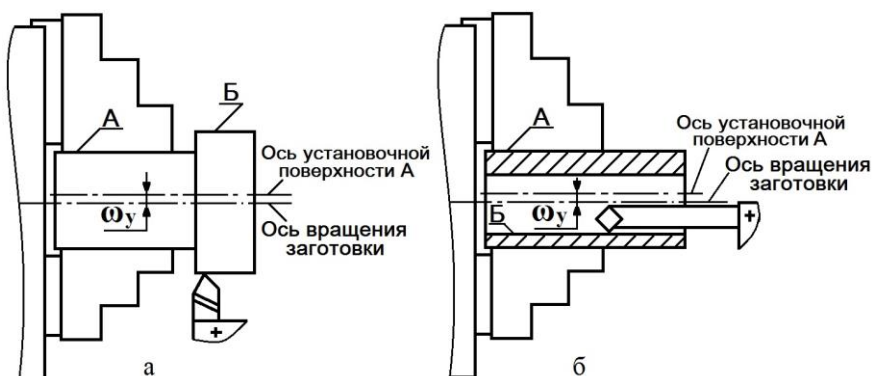


Рис. 8.4. Схема возникновения погрешности центрирования в патроне:

- а — обработка наружной поверхности;
- б — обработка внутренней поверхности

Наличие погрешности центрирования приводит к тому, что обработанная поверхность заготовки Б не будет концентрична установочной базе А. Биение поверхности Б относительно А равно ω_ϵ . Если эта погрешность возникает на предварительной операции, то она может быть исправлена при последующей обработке. Однако для этого необходимо увеличить припуск под окончательную обработку на величину ω_ϵ . Если выполняется окончательная операция, то неконцентричность не должна превышать заданного допуска на этот геометрический параметр, в противном случае заготовка будет забракована.

Основными составляющими погрешности центрирования (установки) заготовки в патроне ω_y являются:

ω_{yn} – погрешность, вызванная неточностью установки патрона на шпинделе, т.е. несовмещением оси вращения шпинделя с осью центрирующего пояска патрона;

$\omega_{изг}$ – погрешность, обусловленная смещением кулачков при их установке относительно оси центрирующего пояска патрона и неточностью изготовления механизма перемещения кулачков;

ω_b – погрешность, зависящая от формы и колебания размеров базовой установочной поверхности заготовки;

ω_d – погрешность, вызванная смещением и деформацией кулачков и других деталей патрона при закреплении обрабатываемой заготовки;

$\omega_{изн}$ – погрешность, появляющаяся вследствие износа рабочих поверхностей патрона;

ω_n – погрешность перекаса осей вращения патрона и заготовки.

Первые две составляющие погрешности возникают на стадии изготовления деталей, сборки и установки патрона на станок. Результатом их действия является появление систематических составляющих погрешностей установки, которые имеют приближённо постоянные величину и направление при обработке соответствующей партии заготовок за одну настройку станка.

Остальные составляющие погрешности установки могут иметь как случайный, так и систематический характер и изменяются по величине и направлению от заготовки к заготовке внутри партии.

Определение ω_y расчётным путём является сложной задачей, т.к. выявить конкретные значения таких составляющих погрешности как ω_d , ω_n , $\omega_{изн}$ не представляется возможным. Эти погрешности проявляются одновременно при установке заготовки. Поэтому погрешность установки в производственных условиях определяют непосредственным замером (статистическим методом) и по приближенным формулам, полученным на основании статистического анализа.

Профессор И.А. Иващенко предложил расчёт погрешности центрирования заготовок при установке в трёхкулачковых самоцентрирующих патронах проводить по приближенной эмпирической формуле

$$\omega_y = a\sqrt{T_D(1+bL)} , \quad (1)$$

где T_D – допуск на установочную базу заготовки; L – вылет заготовки от торцов кулачков; a и b – коэффициенты, зависящие от вида обработки и износа патрона (табл. 8.1).

Для повышения точности центрирования патронов на практике применяют следующие способы.

1. Расточка зажимных поверхностей сырых (не закалённых) кулачков и шлифовка закалённых кулачков непосредственно на станке на размер, соответствующий диаметру установочной поверхности закрепляемой заготовки.

Таблица 8.1. Значения коэффициентов a и b

Коэффициенты	Черновая обработка (или сильно изношенный патрон)	Получистовая обработка (или средне изношенный патрон)	Чистовая обработка (или слабо изношенный, новый патрон)
a	0,17	0,11	0,08
b	0,02	0,02	0,02

Перед выполнением этой обработки кулачки нагружают так, чтобы создать такое напряжённое состояние в механизме зажима, которое будет соответствовать условиям обработки заготовки. Для этого в патроне зажимают образец (распорное кольцо), размер которого подбирается так, чтобы диаметр базовой поверхности кулачков после расточки соответствовал среднему диаметру заготовки $D_{\text{заг.ср}}$ (рис. 8.5).

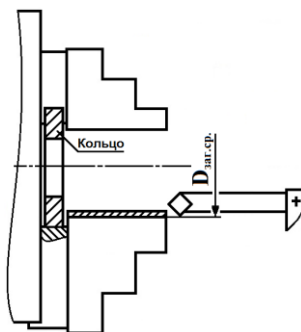


Рис. 8.5. Схема расточки сырых кулачков

При этом способе повышения точности центрирования систематические погрешности $\omega_{уп}$ и $\omega_{изг}$ будут уменьшены до минимума. Кроме того, уменьшаются и составляющие погрешности установки ω_d , $\omega_{изн}$, так как обработка зажимных поверхностей кулачков происходит в нагруженном состоянии, соответствующем усилиям закрепления заготовки. Биение контрольного валика, закреплённого в средне изношенном патроне, как правило, имеет значение 0,15...0,25 мм, а после расточки – 0,04...0,06 мм.

2. Обеспечение стабильности зажима заготовки в патроне.

При ручном зажиме применяют динамометрические ключи, позволяющие создавать необходимое усилие закрепления заготовки. При применении патронов с механизированным зажимом устанавливают устройства, которые стабилизируют усилие зажима заготовки. Стабилизация величины силы зажима способствует тому, что деформация различных элементов патрона в пределах партии заготовок будет примерно одинакова, а следовательно уменьшается и ω_d .

3. Закрепление заготовки через одну и ту же малую коническую шестерню, обеспечивающую минимальное биение. Этот способ применяется при использовании патронов спирально-реечного типа (см. рис. 8.2). Такой способ обеспечивает стабильность условий закрепления заготовок, а следовательно уменьшение погрешности установки. Обычно токарь помечает такую шестерню.

8.3 Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкции токарных патронов, используя альбом чертежей и натурные экспонаты.

2. Для трёхкулачкового самоцентрирующего патрона спирально-реечного типа (см. рис. 8.2) определить:

- схему центрирования и крепления корпуса патрона на переходном фланце и переходного фланца на шпинделе станка (см. рис. 8.1);
- конструкцию механизма, перемещающего кулачки;
- причины, вызывающие погрешность центрирования заготовки в патроне;
- преимущества и недостатки патрона.

3. Выполнить расчёт погрешности центрирования заготовок при установке в трёхкулачковых самоцентрирующих патронах по фор-

муле (1) для $T_D = 0,05$ мм и $T_D = 0,15$ мм при расстояниях от торцов кулачков $L = 50$ мм и $L = 100$ мм.

4. Экспериментально определить шестерню, обеспечивающую минимальное биение при установке заготовки, для чего:

- установить на патрон закалённые кулачки;
- закрепить в закалённых кулачках контрольный валик (рис. 8.6), используя одну из шестерён (отметить шестерню с помощью мела цифрой 1);

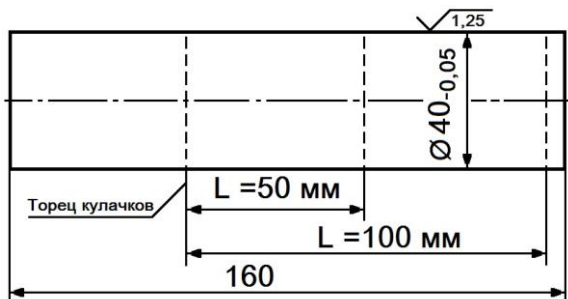


Рис. 8.6. Контрольный валик

- проворачивая патрон вручную, замерить с помощью индикатора биение валика на расстоянии $L = 50$ мм от торцов кулачков, схема измерения показана на рис. 8.7 (закрепление и измерение биения повторить 6 раз);

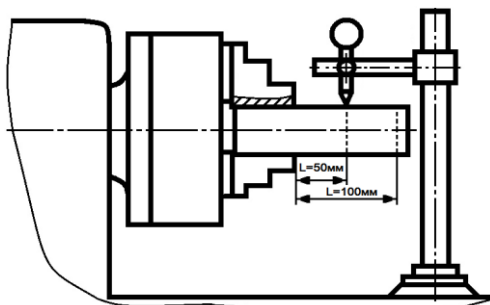


Рис. 8.7. Схема измерения биений контрольного валика

- определить среднеарифметическое значение биения ω_x и погрешность установки $\omega_y = 0,5 \omega_x$;
- повторить все действия по закреплению валика, измерениям и расчётам, используя шестерни номер 2 и 3;
- результаты измерений представить в виде табл. 8.2;
- шестерню, при закреплении которой было получено наименьшее биение контрольного валика, пометить мелом и при дальнейших исследованиях закрепление образцов осуществлять через эту шестерню динамометрическим ключом с моментом закрепления $M_{\text{зак}} = 105 \text{ Нм}$;

5. Измерить биение контрольного валика на расстоянии $L = 100 \text{ мм}$ (измерения повторить 6 раз и определить среднеарифметическое значение), определить погрешность установки ω_y .

Таблица 8.2. Результаты экспериментов по определению шестерни, обеспечивающей минимальную погрешность установки заготовки

Номер закрепляющей шестерни	1						2						3					
№ замера	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Биение, мм																		
Среднеарифметическая величина биения, мм																		
Погрешность установки ω_y , мм																		

6. Определить погрешность установки при обточке натурального образца (рис. 8.8) в закалённых кулачках, для чего:

- установить в патрон образец и закрепить через отмеченную шестерню;
- обточить поверхность **Б** при $S = 0,1 \text{ мм/об}$; $t = 0,5 \text{ мм}$; $N = 120 \text{ об/мин}$ и замерить биение поверхности **Б** на станке не раскрепляя заготовки (схема замера показана на рис. 8.9);
- замерить биение поверхности **Б** относительно **А** на призме при расстояниях $L = 50 \text{ мм}$ и $L = 100 \text{ мм}$ (рис. 8.10) и определить погрешность установки ω_y ;
- результаты измерений и расчётов по пунктам 5,6 представить в табл. 8.3;

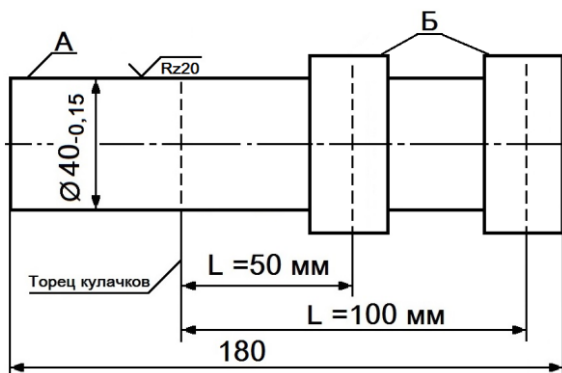


Рис. 8.8. Эскиз образца

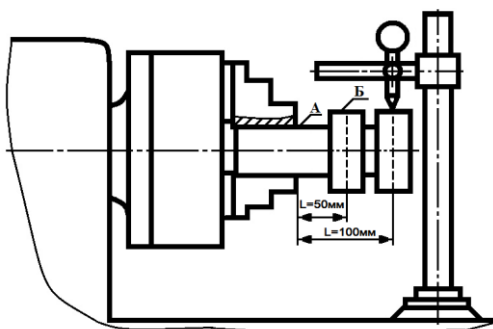


Рис. 8.9. Схема измерения биений образца

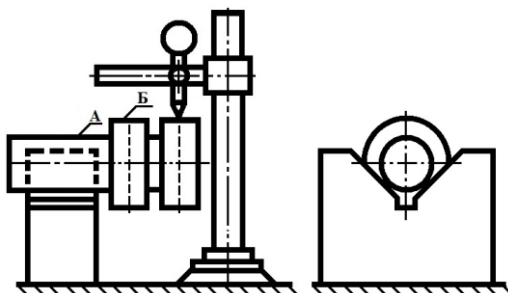


Рис. 8.10. Схема измерения биений образца на призме

Таблица 8.3. Погрешность установки в закалённых кулачках

Расстояние от торцов кулачков	L = 50 мм						L = 100 мм					
Контрольный валик												
№ замера	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Биеение, мм												
Среднеарифметическая величина биеения, мм												
Погрешность установки ω_y замеренная, мм												
Погрешность установки ω_y расчётная, мм												
Образец												
Погрешность установки ω_y , замеренная на станке, мм												
Погрешность установки ω_y , замеренная на призме, мм												
Погрешность установки ω_y расчётная, мм												

- сравнить полученные величины ω_y с значениями для контрольного валика и расчётными значениями и объяснить причины несовпадения значений погрешностей.

7. Экспериментально проверить возможность снижения погрешности установки за счёт расточки сырых кулачков, для чего:

- снять закалённые кулачки и установить сырые кулачки;
- закрепить распорное кольцо, размер которого должен быть подобран так, чтобы расточка кулачков соответствовала среднему диаметру контрольного валика и образца D_{cp} (см. рис. 8.5);
- расточить сырые кулачки на режиме $S = 0,1 \text{ мм/об}$; $t = 0,15 \text{ мм}$; $N = 40 \dots 50 \text{ об/мин}$;

- установить в патрон контрольный валик и замерить биение на расстояниях $L = 50$ мм и $L = 100$ мм (опыты повторить 6 раз), результаты представить в табл. 8.4;
- определить среднеарифметические значения биений ω_{ϵ} и погрешности установки $\omega_y = 0,5 \omega_{\epsilon}$;
- сравнить полученные значения ω_y с значениями при установке контрольного валика в закалённых кулачках и сделать заключение по результатам сравнения;
- установить образец в патроне, проточить при $S = 0,1$ мм/об; $t = 0,5$ мм; $N = 120$ об/мин и замерить биение поверхности **Б** на станке не закрепляя заготовки (см. рис. 8.9);
- замерить биение поверхности **Б** относительно **А** на призме при расстояниях $L = 50$ мм и $L = 100$ мм (рис. 8.9) и определить погрешность установки ω_y ;
- сравнить полученные величины ω_y с значениями для контрольного валика и расчётными значениями и объяснить причины несовпадения значений погрешностей.

Таблица 8.4. Погрешность установки в сырых кулачках

Расстояние от торцов кулачков	L = 50 мм						L = 100 мм					
Контрольный валик												
№ замера	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Биение, мм												
Среднеарифметическая величина биения, мм												
Погрешность установки ω_y замеренная, мм												
Погрешность установки ω_y расчётная, мм												
Образец												
Погрешность установки ω_y , замеренная на станке, мм												
Погрешность установки ω_y , замеренная на призме, мм												
Погрешность установки ω_y расчётная, мм												

8. Оформить отчёт по работе.

8.4 Вопросы для самоконтроля

1. Какие приспособления называют патронами?
2. Какова причина невысокой точности 3-кулачкового патрона со спирально-реечным механизмом?
3. Каким образом токарные патроны устанавливаются на шпиндель станка?
4. Что понимают под точностью центрирования при установке заготовки в токарном патроне?
5. Перечислите основные составляющие погрешности центрирования (установки) заготовки в патроне.
6. Какие способы применяют для повышения точности центрирования токарных патронов?

Лабораторная работа № 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Цель работы:

1. Изучение методики расчёта приспособлений на надёжность закрепления заготовок.
2. Получение практических навыков разработки схем действующих на заготовку сил и моментов и расчёта необходимых усилий закрепления заготовок в приспособлениях.

9.1 Краткие теоретические сведения

При механической обработке резанием на заготовку действуют силы резания, объёмные силы, а также силы второстепенного и случайного характера. Эти силы могут привести к смещению заготовки в приспособлении в процессе обработки. Поэтому при разработке конструкции приспособления особое внимание уделяется расчёту требуемой силы закрепления. В процессе обработки под действием всех сил резания и моментов от сил резания, а также сил и моментов от сил закрепления заготовка не должна сдвигаться из заданного положения, т.е. должно быть обеспечено надёжное закрепление в течение всего времени обработки.

Задача о надёжности закрепления заготовки должна решаться исходя из анализа силовой схемы действующих на заготовку сил и моментов.

Силы резания возникают при воздействии на заготовку режущего инструмента (рис. 9.1). По своей величине, направлению и точке приложения они являются переменными величинами.

При неустановившемся режиме (врезание инструмента) силы резания возрастают от нуля до максимального значения и уменьшаются от максимума до нуля (выход инструмента). При установившемся режиме они также непостоянные и изменяются в определённых пределах. Амплитуда колебаний их значений может достигать 10 % от номинальных величин. Точка приложения силы резания в процессе обработки непрерывно перемещается по обрабатываемой поверхности,

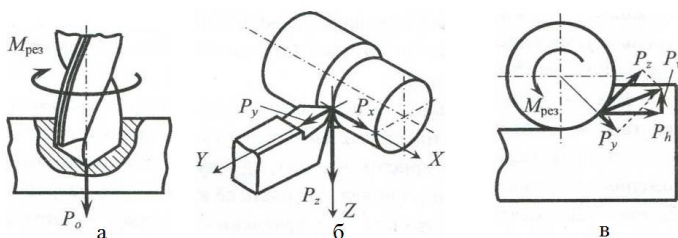


Рис. 9.1. Силы резания для некоторых видов обработки:
а – силы резания при сверлении; б – силы резания при точении;
в – силы резания при фрезеровании

поэтому сила резания имеет не статический, а динамический характер. При обработке прерывистых поверхностей динамичность резания ещё более возрастает. С затуплением инструмента силы резания увеличивается на 10–30 % и более.

Силы и моменты резания стремятся повернуть заготовку относительно установочных элементов приспособления, сдвинуть с установленного положения в приспособлении или даже вырвать её из зажимного устройства. На рис. 9.2 показаны возможные направления перемещения заготовки под действием сил резания.

При выполнении токарной операции (рис. 9.2,а) возможны три перемещения заготовки в соответствии с направлением действия сил резания: от силы P_1 – смещение вдоль оси вращения, от силы P_2 – проворот вокруг точки O (вырывание заготовки из кулачков патрона), от момента резания $M_{рез}$ – проворот в патроне.

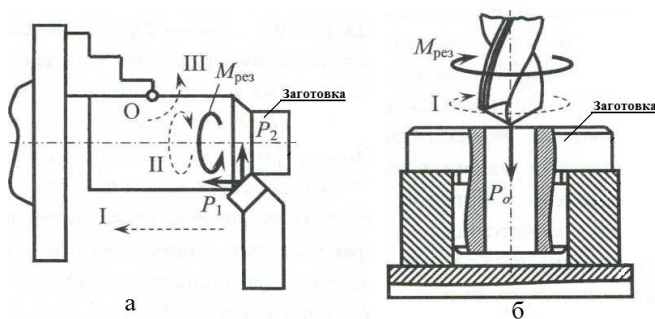


Рис. 9.2. Направления возможных перемещений заготовки:
а – возможные перемещения заготовки при выполнении токарной операции;
б – возможные перемещения заготовки при сверлении

При выполнении сверлильной операции (рис. 9.2,б) возможно лишь одно перемещение – проворот заготовки вокруг оси под действием крутящего момента $M_{рез}$. Перемещение заготовки под действием силы P_0 невозможно, так как она направлена в установочный элемент приспособления (в опору) и не может сместить заготовку в данном направлении.

Аналогичным образом можно определить перемещение заготовки при других видах обработки. Все эти перемещения возможны в том случае, когда заготовка недостаточно надёжно закреплена в приспособлении. Для того чтобы предотвратить перемещение заготовки под воздействием сил резания, к ней необходимо приложить силу закрепления Q , величина которой позволяет противодействовать силам резания напрямую или через силы трения. Она гарантирует неизменность положения заготовки, достигнутого при её базировании, в процессе обработки.

Определение величины требуемой силы закрепления является одной из основных задач при проектировании станочного приспособления.

Расчёт выполняется в следующей последовательности:

- на схеме установки заготовки выбираются места приложения сил зажима с учётом направления сил резания в самый **неблагоприятный момент** обработки;
- стрелками отмечаются все силы, стремящиеся нарушить положение заготовки в приспособлении (силы резания, силы зажима) и силы, стремящиеся сохранить это положение (силы трения, реакции опор). При необходимости учитываются сила тяжести заготовки и силы инерции;
- записывают уравнения равновесия статики, применимые к данному случаю:

$$\sum_1^n F_i = 0, \dots \sum_1^k M_i = 0.$$

При составлении уравнения сил необходимо установить направление возможного перемещения заготовки под действием сил резания и определить величину проекций всех сил на направление возможного перемещения. При составлении уравнения моментов необходимо определить точку, вокруг которой возможен поворот за-

готовки под действием силы резания и определение относительно этой точки моментов сил резания и моментов удерживающих сил:

– определяют искомое значение величины сил зажима с учётом **надёжности закрепления**, которое в общем случае может быть записано в виде:

$$Q = k P_{\text{рез.}}, M_{\text{зак.}} = k M_{\text{рез.}},$$

где k – коэффициент надёжности закрепления (коэффициент запаса), учитывающий колебаниями сил закрепления и сил резания в процессе обработки.

Значение коэффициента надёжности закрепления k определяют исходя из конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки в приспособлении. При предварительных расчётах коэффициент надёжности закрепления может быть принят:

- для чистовой обработки $k = 1,3 \dots 1,5$,
- для черновой обработки $k = 2,0 \dots 2,5$.

Если возможны перемещения заготовки в нескольких направлениях, то уравнения равновесия решают по каждому из них, а из полученных значений Q в качестве требуемой силы закрепления выбирают наибольшую.

В общем виде уравнения равновесия заготовки в приспособлении под действием сил и моментов резания при наличии силы закрепления можно представить следующим образом:

1. Проверка заготовки на сдвиг под действием силы $P_{\text{рез.}}$:

$$F_{\text{тр}} = k \times P_{\text{рез.}},$$

2. Проверка заготовки на поворот под действием момента $M_{\text{рез.}}$:

$$M_{\text{тр}} = k \times M_{\text{рез.}},$$

3. Проверка заготовки на опрокидывание под действием момента от силы резания $P_{\text{рез.}}$:

$$Q \times l_2 = k \times P_{\text{рез.}} \times l_1,$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения в направлении, противоположном направлению сдвига; $M_{\text{тр}}$ – момент от сил трения в направлении, противоположном направлению поворота заготовки; l_1, l_2 – кратчайшее расстояние

от точки опрокидывания до линии действия сил $P_{рез}$ и Q соответственно (плечи сил).

Силу трения $F_{тр}$ определяют по формуле

$$F_{тр} = F \times N,$$

где F – коэффициент трения по поверхностям контакта заготовки с элементами приспособления (значения коэффициента приведены в табл. 9.1); N – реакция поверхности, по которой осуществляется трение.

Таблица 9.1. Значения коэффициента трения

Условия контакта заготовки и приспособления	Коэффициент трения, f
<i>Заготовка контактирует с опорами:</i>	
- с плоской головкой по обработанным поверхностям	0,16
- со сферической головкой по необработанным поверхностям	0,25
- с насеченной головкой по необработанным поверхностям заго-	0,70
<i>Заготовка контактирует с опорными пластинами приспособления:</i>	
- обработанными поверхностями	0,15
- необработанными поверхностями	0,2 – 0,25
<i>Заготовка закреплена в патроне с кулачками:</i>	
- гладкими	0,15-0,2
- с кольцевыми канавками	0,3 – 0,4
- с взаимно перпендикулярными канавками	0,4 – 0,5
- с острыми рифлениями	0,7 – 0,9

9.2 Примеры расчёта надёжности закрепления заготовки в приспособлении

Пример 1. Определение усилия закрепления с использованием кулачковых патронов.

Требуется определить необходимое усилие закрепления заготовки в трёхкулачковом патроне без упора при сверлении осевого отверстия. На заготовку со стороны сверла действует осевая сила $P_0 = 420 \text{ Н}$ и момент резания $M_{рез} = 14 \text{ Нм}$, коэффициент трения между кулачком патрона и заготовкой в окружном $F_1 = 0,12$; в осевом направлении $F_2 = 0,3$. Коэффициент надёжности закрепления $k = 2,2$. Диаметр заготовки $D = 60 \text{ мм}$.

Схема действующих на заготовку сил и моментов представлена на рис. 9.3. Заготовка в трёхкулачковом патроне может перемещаться

вдоль кулачков под действием силы резания P_o и проворачиваться в кулачках под действием момента резания $M_{рез}$.

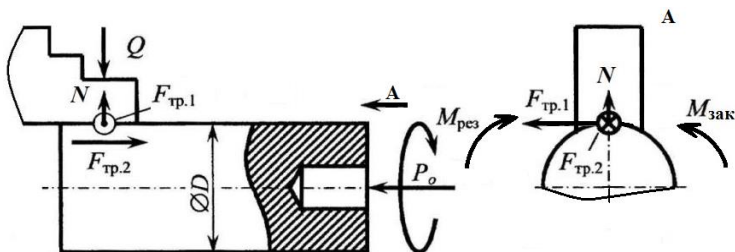


Рис. 9.3. Схема действия сил при сверлении отверстия на токарном станке

1. Уравнение равновесия моментов от сил резания и закрепления из условия *недопустимости проворачивания заготовки* в кулачках патрона:

$$M_{зак} = k \times M_{рез}, \text{ но } M_{зак} = 3 \times M_{тр},$$

где $M_{тр}$ – момент от силы трения на кулачке при проворачивании заготовки.

$$M_{тр} = F_{тр.1} \times r,$$

тогда $M_{зак} = 3 \times F_{тр.1} \times r$.

Сила трения между кулачком и заготовкой при проворачивании определяется по формуле:

$$F_{тр.1} = F_1 \times N = F_1 \times Q.$$

Подставляя значение $F_{тр.1}$ в уравнение равновесия, получим:

$$3 \times F_1 \times Q \times r = k \times M_{рез}, \text{ откуда } Q = \frac{k \times M_{рез}}{3 \times f_1 \times r}.$$

Определяем усилие закрепления, необходимое для предотвращения проворота заготовки:

$$Q = \frac{2,2 \times 14}{3 \times 0,12 \times 30 \times 10^{-3}} = 2852 \text{ Н}.$$

2. Уравнение равновесия сил резания и закрепления из условия недопустимости перемещения заготовки вдоль оси патрона:

$$P_{\text{зак}} = k P_0, \text{ но } P_{\text{зак}} = 3 F_{\text{тр.2}}.$$

Сила трения между кулачком и заготовкой при перемещении вдоль оси патрона определяется по формуле:

$$F_{\text{тр.2}} = F_2 \times N = F_2 \times Q.$$

Подставляя значение $F_{\text{тр.2}}$ в уравнение равновесия, получим

$$3 \times F_2 \times Q = k P_0, \text{ откуда } Q = \frac{k \times P_0}{3 \times f_2}.$$

Определяем усилие закрепления, необходимое для предотвращения перемещения заготовки вдоль оси патрона:

$$Q = \frac{2,2 \times 420}{3 \times 0,3} = 1027 \text{ Н}.$$

Из полученных значений силы закрепления выбираем наибольшую, т.е. $Q = 2852 \text{ Н}$.

Пример 2. Определение усилия закрепления при сверлении отверстий.

Для сверления двух отверстий в заготовке она устанавливается в кондукторе 1 и закрепляется при помощи быстросъёмной шайбы 2 и тяги 3, которая соединена со штоком пневмоцилиндра 4 (рис. 9.4).

Определить силу на штоке пневмоцилиндра, которую нужно создать для надёжного закрепления заготовки, если $P_0 = 62 \text{ Н}$, $M_{\text{св}} = 14 \text{ Нм}$, диаметр сверла $d_{\text{св}} = 6 \text{ мм}$, коэффициент надёжности закрепления $k = 2,5$, $F = 0,16$. Наружный диаметр заготовки $D = 100 \text{ мм}$, диаметр установочного отверстия кондуктора $d = 40 \text{ мм}$. Расстояние от оси отверстия до оси заготовки $r_1 = 40 \text{ мм}$.

Из рисунка видно, что сила резания P_0 направлена в установочный элемент (в корпус приспособления), смещение заготовки в данном направлении невозможно. Тогда расчёт силы закрепления

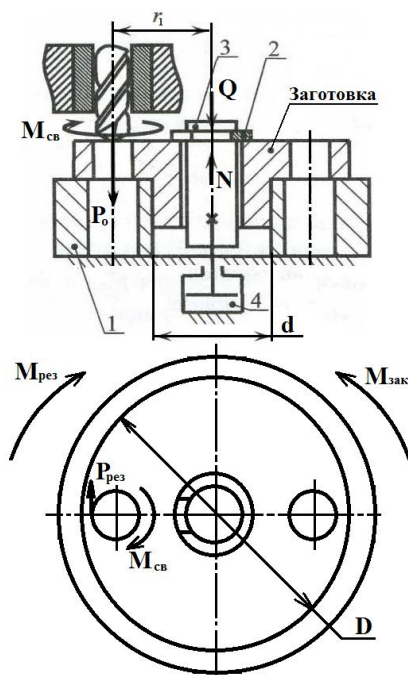


Рис. 9.4. Схема обработки заготовки в кондукторе:

1 – кондуктор; 2 – быстросъёмная шайба; 3 – тяга; 4 – пневмоцилиндр

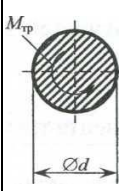
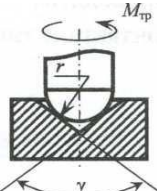
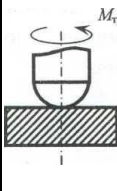
осуществляется из условия непроворачиваемости заготовки в приспособлении под действием момента от силы резания сверла $P_{рез}$.

Уравнение равновесия моментов от сил резания и закрепления из условия непроворачивания заготовки:

$$M_{зак} = k \times M_{рез}.$$

Момент закрепления в данном случае будет равен моменту от сил трения, действующих в месте контакта базовой поверхности заготовки с установочным элементом и удерживающих заготовку от проворота. Момент трения по зажимному элементу можно не учитывать, т. к. отсутствует жёсткая связь его с корпусом приспособления (из-за наличия быстросъёмной шайбы). Момент трения по установочному элементу определяется как момент трения по кольцевой площадке (табл. 9.2).

Таблица 9.2 – Формулы для расчёта моментов трения $M_{тр}$

По кольцевой площадке	По круглой площадке	По конусу и сфере	По плоскости и сфере	По резьбе
$M_{тр} = \frac{1}{3} N f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}$	$M_{тр} = \frac{1}{3} N f d$	$M_{тр} = \frac{1}{3} N f r \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$	$M_{тр} = 0$	$M_{тр} = N r_{ср} \operatorname{tg}(\rho \pm \alpha)$
				$r_{ср}$ – средний радиус резьбы (0,45d), ρ – угол трения резьбы (10°30'), α – угол подъёма резьбы; $\operatorname{tg} \alpha = s / 2\pi r_{ср}$

$$M_{тр} = \frac{1}{3} \times N \times f \times \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = \frac{1}{3} (Q + P_o) \times f \times \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}.$$

Момент от сил резания определяется по формуле:

$$M_{рез.} = P_{рез} \times (r_1 + r_{св}),$$

где $r_{св}$ – радиус сверла.

Сила резания при сверлении определяется по формуле:

$$P_{рез} = \frac{M_{св}}{r_{св}},$$

где $M_{св}$ – момент на сверле (определяется расчётным путём аналогично силам резания при точении и фрезеровании).

Подставляя значения в уравнение равновесия, получим

$$\frac{1}{3} (Q + P_o) \times f \times \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = k \frac{M_{св} (r_1 + r_{св})}{r_{св}}, \text{ откуда}$$

$$Q = 3k \frac{M_{св} (r_1 + r_{св})}{r_{св} \times f} \times \frac{D^2 - d^2}{D^3 - d^3} - P_o.$$

Подставляя заданные значения, получим:

$$Q = 3 \times 2,5 \frac{14(40 + 3)}{3 \times 0,16} \times \frac{100^2 - 40^2}{100^3 - 40^3} - 62 = 22,4 \text{ Н}.$$

9.3 Порядок выполнения работы

1. Изучить методику расчёта приспособлений на надёжность закрепления заготовок.
2. Получить у преподавателя индивидуальное задание в виде схемы обработки и исходных данных для расчёта
3. Разработать схему приложения сил резания (в самый неблагоприятный момент обработки) и закрепления и возникающих моментов от этих сил.
4. Составить уравнения равновесия заготовки в приспособлении.
5. Выполнить расчёт надёжности закрепления заготовки в приспособлении.
6. Дать анализ полученных результатов.

9.4 Вопросы для самоконтроля

1. Какова цель расчёта надёжности закрепления заготовки при проектировании приспособления?
2. В какой последовательности выполняется расчёт по определению усилий закрепления заготовок в приспособлении?
3. Для чего разрабатывается схема действующих на заготовку сил и моментов?
4. С какой целью в уравнения равновесия вводится коэффициент надёжности закрепления?
5. Каковы возможные перемещения заготовки в трёхкулачковом патроне при выполнении токарной операции?

Лабораторная работа № 10

РАСЧЁТ ДЕФОРМАЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ И РЕЗАНИЯ В СИСТЕМЕ ANSYS

Цель работы:

1. Изучение методики расчёта на прочность элементов приспособлений с использованием метода конечных элементов.
2. Получение навыков моделирования и оценки деформаций элементов приспособлений в процессе обработки заготовок с использованием системы **ANSYS**.

10.1 Общие сведения

Расчёты на прочность деталей приспособления необходимы при обработке заготовок со значительными усилиями резания, при разработке механизированных и автоматизированных быстродействующих приспособлений и в некоторых других случаях. Все они выполняются по методикам, изложенным в учебниках по общетеоретическим дисциплинам (сопротивление материалов, теория машин и механизмов, детали машин и др.).

В современных условиях для анализа прочности деталей приспособлений применяют метод конечных элементов. В настоящее время наиболее распространённой программой, позволяющей определять деформацию заготовок и элементов приспособлений под действием сил закрепления и резания, является **ANSYS**.

Для анализа возникающих в деталях напряжений и перемещений необходимы **3D**-модели деталей приспособления. Их получают при разработке **3D**-модели конструкции приспособления. Методики и схемы нагружения деталей необходимыми усилиями рассмотрены в соответствующих приложениях описания системы **ANSYS**. В то же время расчёт деформаций отдельных элементов приспособлений имеет специфические особенности, обусловленные как их конструкцией, так и схемой нагружения.

На рис. 10.1–10.4 приведены примеры приспособлений и элементов их конструкций, которые необходимо рассчитывать на прочность при проектировочных работах.

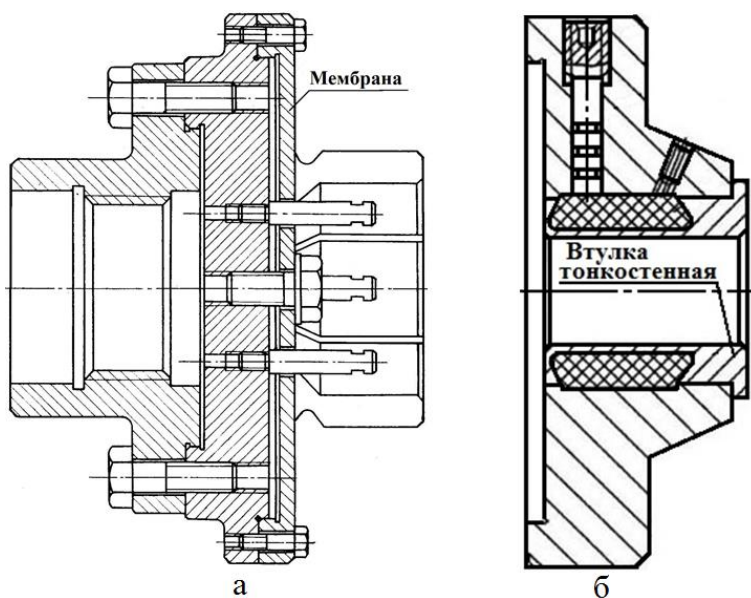


Рис. 10.1. Патроны:
а – мембранный; б – с гидропластмассой

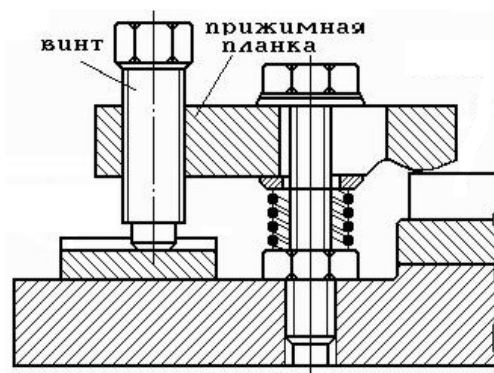


Рис. 10.2. Прихват



Рис. 10.3. Оправка с тарельчатыми пружинами

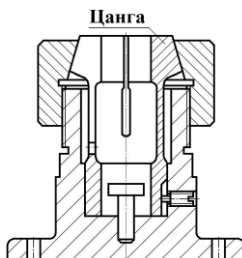


Рис. 10.4. Цанговый патрон

10.2 Методика расчёта деформаций элементов цангового патрона

Самым нагруженным элементом цангового патрона являются лепестки цанги, поэтому проведём расчёт их деформаций при воздействии сил закрепления и резания.

Рассмотрим лепесток цанги. Для расчёта деформаций необходимо создать его 3-D модель. Порядок построения модели следующий:

1. Создание ключевых точек. MM – Preprocessor(PrPr) – Modeling – Create – Keypoints (KPs) – In Active CS, откроется следующее окно (рис. 10.5). Верхний красный прямоугольник означает номер точки, нижний – координаты.

Для ввода точки необходимо последовательно ввести номер и соответствующую координату, после этого нажать **Apply** и ввести следующую точку. Введём координаты ($Z = 0$): (0;0); (21;0); (21.86;1.63); (23.5;2.5); (51;2.5); (52.4;1.63); (53.5;0); (72;0);(72;8.5); (58;12); (56;8.4); (54.4;6.08); (52;5); (23;5); (21;6.5) ;(0;6.5).

После задания всех точек получим следующее окно, приведённое на рис. 10.6.

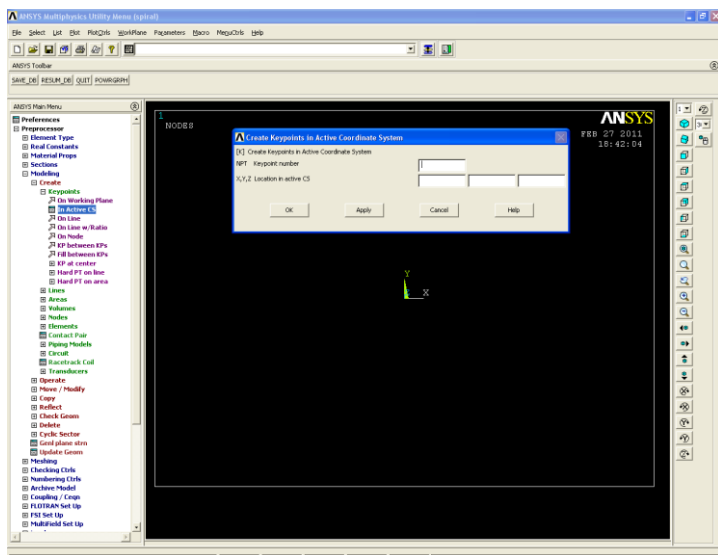


Рис. 10.5. Создание точек

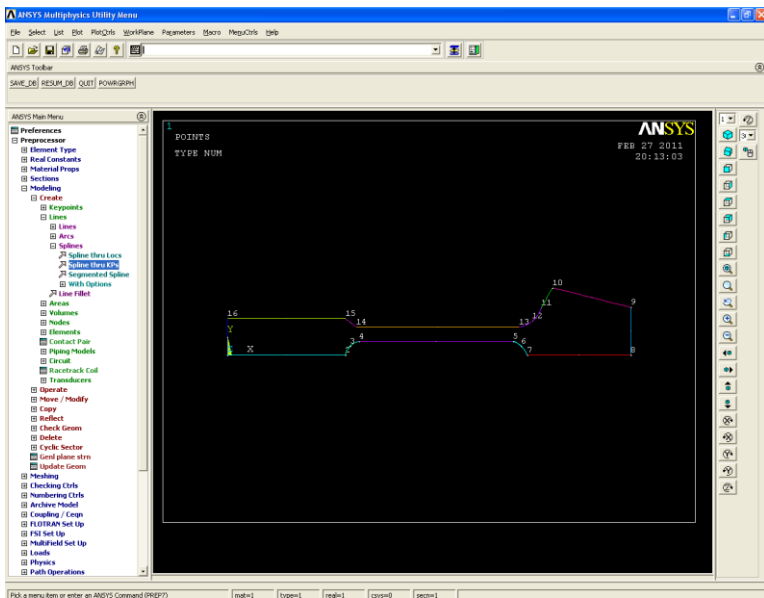


Рис. 10.6. Точки с заданными координатами

2. Создание контура. Соединяем точки линиями для получения замкнутого контура: **MM – PrPr – Modeling – Create – Lines – Straight line**, далее нажатием левой кнопки мыши последовательно выбираем ключевые точки 1,2 и 2,3 и 3,4 и ..., в результате получим прямые линии.

Для мест, где присутствуют скругления, построим сплайны: **MM – PrPr – Modeling – Create – Splines – Splines thru KPs**. Эти линии строятся аналогично предыдущим, но по трём точкам. Результат действий показан на рис. 10.7.

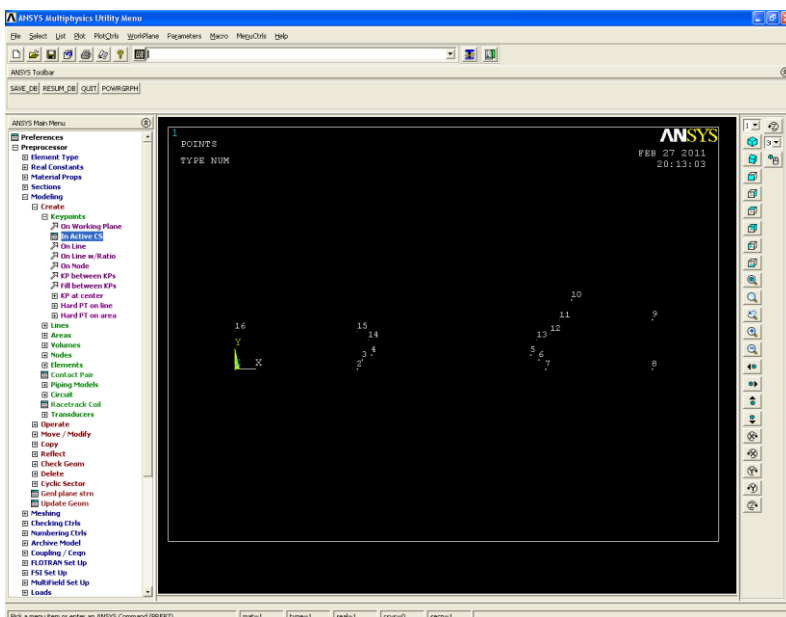


Рисунок 10.7. Контур лепестка цанги

3. Создание объёмного элемента – лепесток цанги. Сначала получим поверхность по созданным линиям: **MM – PrPr – Create – Areas – Arbitrarys – Bylines**, выбираем линии, охватывающие поверхность – **OK**. Результат показан на рис. 10.8.

Для создания объёма нужно построить две точки с координатами (0;-10) и (50;-10). Эти точки будут являться осью вращения. Для построения тела необходимо нажать **MM – PrPr – Operate – Extrude – Areas – About Axis** – выбрать поверхность – задать точки оси – **OK** –

откроется диалоговое окно (рис. 10.9), в котором нужно задать угол разворота. В нашем случае это 120 градусов – ОК.

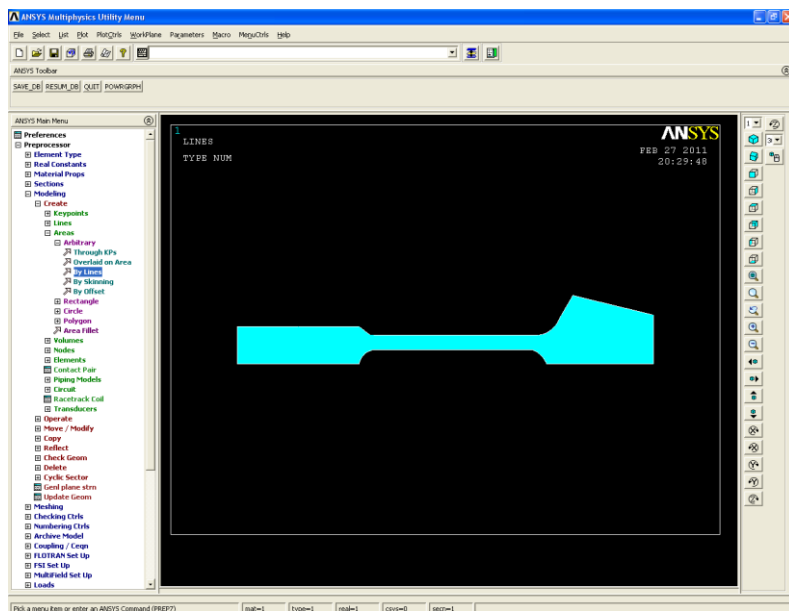


Рис. 10.8. Поверхность по линиям

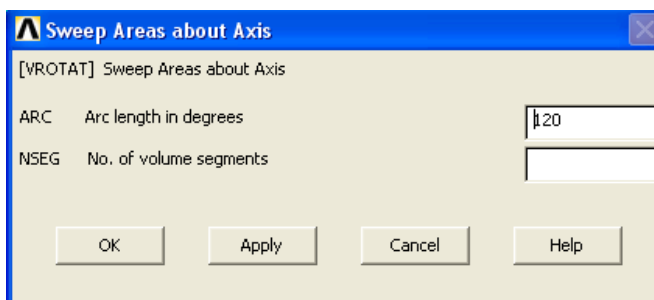


Рис. 10.9. Задание угла

В результате получим 3D-модель лепестка цанги (рис. 10.10), которая в дальнейшем используется для анализа деформаций.

Определение деформаций цанги осуществляется в следующем порядке:

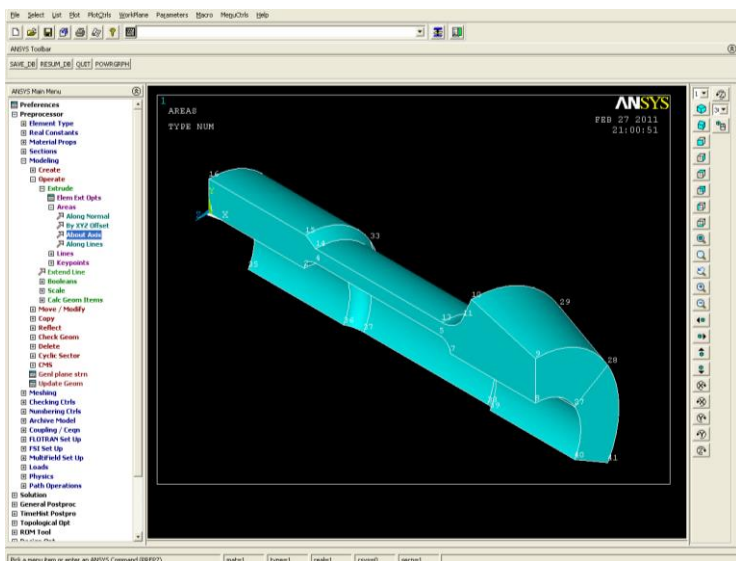


Рис. 10.10. Лепесток кангги

1. Построим сетку объёмных конечных элементов. Выбираем тип конечного элемента **PrPr – Element type – Add / Edit / Delete – Add**, в левом окне выбираем **Solid**, в правом **Brick 8 node 45 – Apply – Tet 10 node 92 – OK- Close**. Получим следующее окно (рис. 10.11).

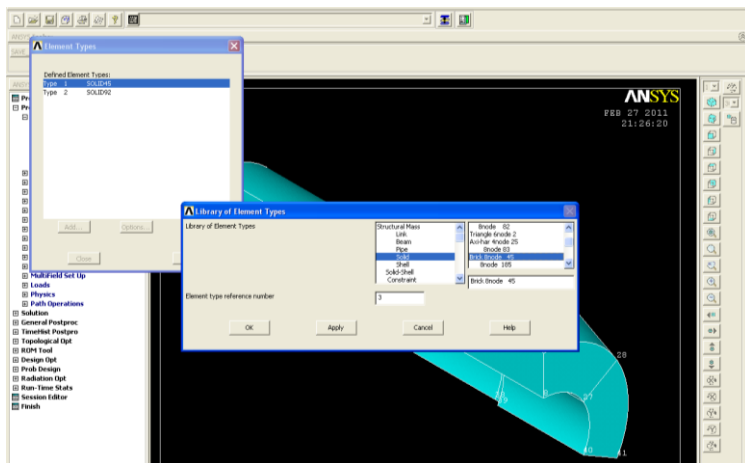


Рис. 10.11. Задание конечного элемента

Зададим свойства материала: $E=2 \times 10\text{МПа}$, $P=7800\text{кг/м}$, $M=0,3$.
MM – PrPr – Material Props – Material Models – задание параметров (рис. 10.12).

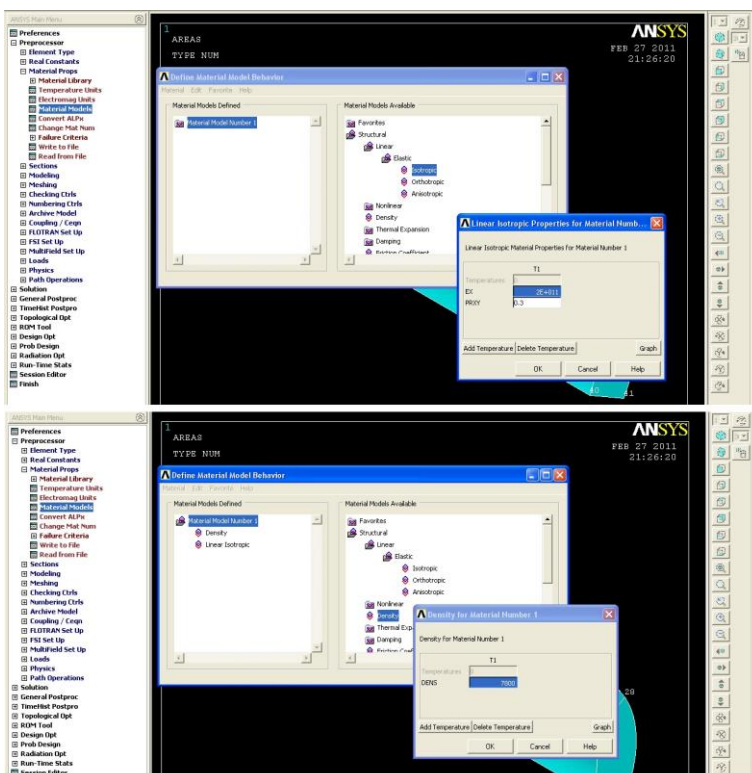


Рис. 10.12. Задание параметров тела

Строим свободную сетку конечных элементов **PrPr – Attributes Define – All Volumes – Type = Solid 92**

Следующим этапом нужно выбираем тип и шаг сетки. В нашем случае это произвольная сетка с шагом 5: **PrPr – Size Cntrls – Manual Size – Global Size – задать size=5 – OK. PrPr – Mesh – Free – Pick All**. Результат показан на рис. 10.13.

2. Расчёт цанги на прочность, используя систему ANSYS. Для этого строим схему нагружения цанги (рис. 10.14).

Закрепляем левую часть лепестка цанги, для этого необходимо смоделировать граничные условия (жёсткая заделка).

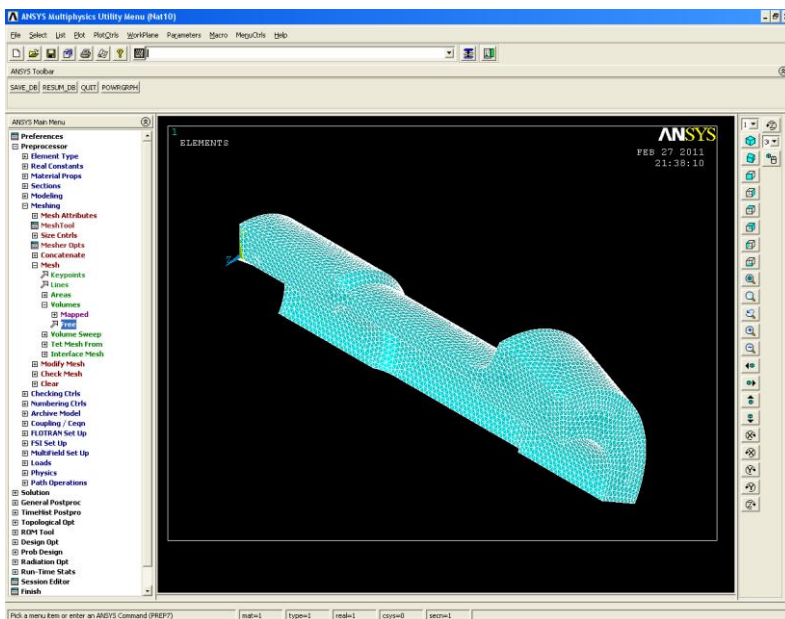


Рис. 10.13. Сетка конечных элементов

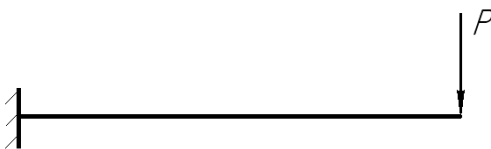


Рис. 10.14. Схема нагружения лепестка цанги

PrPr – Loads – Apply – Displacement – On Areas – выбрать поверхности **A14, A28, A13, A27, A2, A16** – выбрать в верхнем окне **All DOF** (все степени свободы или все перемещения) – задать величину перемещения **VALUE = 0** – **OK**. Результат показан на рис. 10.15.

На следующем этапе нагружаем рабочую поверхность лепестка цанги. Для этого нужно приложить силу по всей поверхности контакта лепестка и гайки.

PrPr – Loads – Define Loads – Apply – Structural – Pressure – On Areas – выбрать поверхности **A8** и **A22** – **Pres Value = 100** (рис. 10.16).

Plot results – Contour Plot – Nodal solution – Stress для напряжений (рис. 10.17), dof – для перемещений (рис. 10.18).

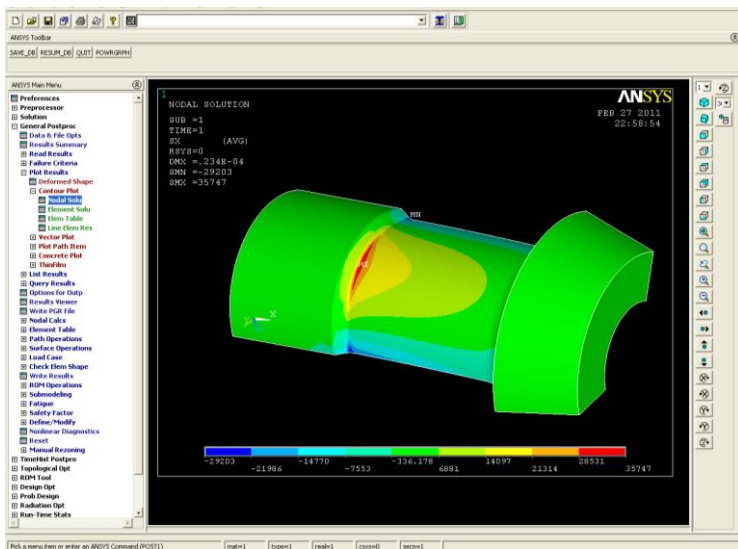


Рис. 10.17. Распределение напряжений

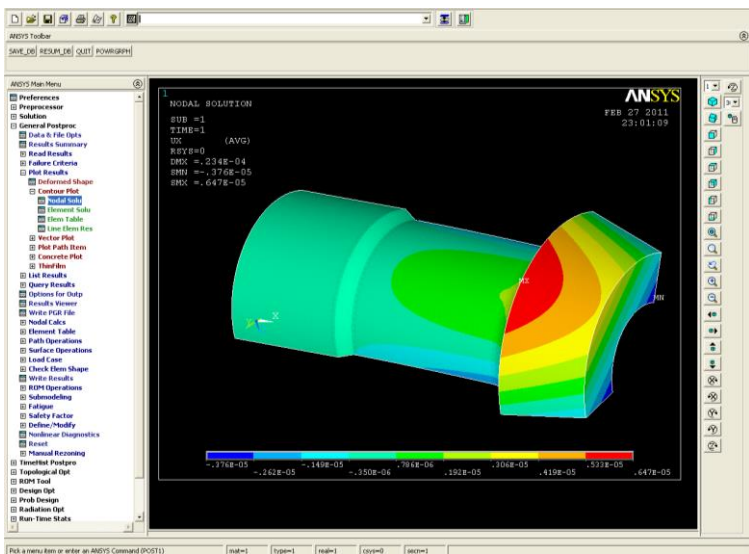


Рис. 10.18. Распределение перемещений

Результаты расчёта позволяют сделать вывод, что максимальные напряжения, возникающие в цанге, не превышают допустимых значений.

10.3 Порядок выполнения работы

1. Изучить инструкцию по работе с системой ANSYS.
2. Получить у преподавателя индивидуальное задание на расчёт элемента приспособления на прочность.
3. Выполнить моделирования и оценку деформаций заданного элемента приспособления.
4. Представить результаты расчёта и выводы преподавателю.
5. Оформить отчёт.

10.4 Вопросы для самоконтроля

1. Какие элементы приспособлений необходимо рассчитывать на прочность?
2. Порядок построения точек и линий.
3. Задание параметров материала.
4. Как задать параметр заделки?
5. Как создать сетку конечных элементов?

Лабораторная работа № 11

РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Цель работы:

1. Изучение методики расчёта экономической эффективности применения приспособлений.
2. Получение практических навыков оценки экономической эффективности различных вариантов конструкций приспособлений.

11.1 Методика расчёта экономической эффективности применения приспособлений

Целесообразность применения приспособлений должна быть экономически оправдана. Расчёты экономической эффективности основываются на сопоставлении разовых затрат и получаемой экономии. Затраты слагаются из расходов на амортизацию и эксплуатацию приспособления, а экономия достигается за счёт снижения себестоимости обработки заготовок на данной операции в результате уменьшения трудоёмкости, а иногда и разряда работы. Экономическая эффективность нового приспособления или более дорогостоящего (по сравнению с применяемым) достигается при условии, если ожидаемая годовая экономия $\mathcal{E}_r$ больше годовых затрат по использованию приспособления с учётом расходов на эксплуатацию и ремонт $\mathcal{Z}_{\text{пр.год}}$:

$$\mathcal{E}_r \geq \mathcal{Z}_{\text{пр.год}}.$$

Годовая экономия определяется как разность сравниваемых элементов годовой технологической себестоимости выполнения операции по вариантам:

$$\mathcal{E}_r = C_{\text{тех.год1}} - C_{\text{тех.год2}},$$

где $C_{\text{тех.год1}}$, $C_{\text{тех.год2}}$ – годовая технологическая себестоимость выполнения операции по первому и второму вариантам приспособления соответственно.

Считая, что расход на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию для этих вариантов одинаковы, определяют и сравнивают лишь те элементы себестоимости операции, которые зависят от конструкции приспособления.

Технологическая себестоимость выполнения операции, отнесённая к одному году эксплуатации, зависящая от конструкции приспособления, определяется для сравниваемых вариантов по формуле:

$$C_{\text{тех.год}} = \frac{C_{\text{ч.т}}}{60} \times t_{\text{шт-к}} \times N \times \left(1 + \frac{H}{100} \right) + Z_{\text{пр.год}},$$

где $C_{\text{ч.т}}$ – часовая тарифная ставка производственного рабочего, руб.; $t_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляционное время на операцию, мин; N – годовая программа выпуска деталей, шт.; H – накладные расходы, %.

Часовая тарифная ставка, нормы времени на операцию, накладные расходы определяются расчётным путём или по нормативам.

Годовые затраты по использованию приспособления с учётом расходов на эксплуатацию и ремонт определяются по формуле:

$$Z_{\text{пр.год}} = C_{\text{пр}} \times \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100} \right),$$

где $C_{\text{пр}}$ – первоначальная стоимость приспособления, руб.; A – срок амортизации приспособления, лет; q – затраты на эксплуатацию и ремонт приспособления, принимают равными 20...30% от первоначальной стоимости приспособления.

Стоимость специальных приспособлений можно установить по фактическим затратам на их проектирование и изготовление, стоимость универсальных приспособлений – по действующим прейскурантам.

Поскольку экономический расчёт делается в начальный период проектирования, т.е. когда разработана только конструктивная схема, и фактические затраты на проектирование приспособления точно определить невозможно, его первоначальная стоимость может быть определена по формуле:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{уд}} D_{\text{пр}} K_{\text{сл}},$$

где $C_{уд}$ – стоимость одной условной детали приспособления ($C_{уд} = 160...200$ руб.); $D_{пр}$ – количество деталей в приспособлении, шт.; $K_{сл}$ – коэффициент сложности, зависящий от группы сложности приспособления.

Стоимость одной условной детали, коэффициент сложности, а также срок амортизации зависят от группы сложности приспособления, которая определяется количеством наименований деталей, входящих в состав приспособления. Значения этих показателей приведены в табл. 11.1.

Таблица 11.1 – Группы сложности приспособлений

Количество наименований деталей в приспособлении, шт.	Группа сложности	Коэффициент сложности приспособления	Срок амортизации, лет	Стоимость приспособления, руб.
≤ 3	I	1,0	1	не более 350...400
3...5	II	1,5	2	350...680
5...10				680...1200
10...15	III	1,7	3	1200...2480
15...20				2480...3200
20...25				3200...3800
20...25				5000...5800
25...30	IV	2,7	4	5800...7000
30...35				7000...7600
35...40				7600...8600
35...40				12000...13000
40...45	V	3,4	5	13000...14400
45...50				14400...15600
50...55				15600...16600
50...60				24400...27600
60...70	VI	4,6	6	27600...30600
70...80				30600...34000
80...90				34000...37000

Из таблицы видно, что каждое приспособление с числом оригинальных деталей больше пяти можно отнести к двум смежным группам сложности. Чтобы решить, какую группу сложности принять для расчёта стоимости приспособления, руководствуются следующими положениями: если приспособление имеет менее сложные детали,

невысокую точность их изготовления, то его относят к меньшей группе сложности.

Годовая программа выпуска деталей задаётся в техническом задании на проектирование приспособления. Однако существует программа, при которой технологические себестоимости применения различных вариантов приспособлений будут равны между собой. Эта программа называется критической программой выпуска. На рис. 11.1 представлены графики изменения технологической себестоимости от программы выпуска для двух вариантов приспособлений.

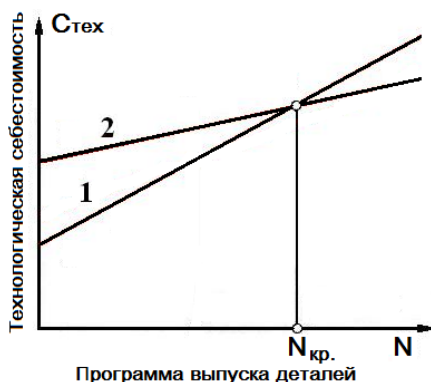


Рис. 11.1. График сравнительной оценки вариантов приспособлений

Точка пересечения прямых определяет критическую программу $N_{кр}$ и разграничивает экономически эффективные области применения сопоставляемых вариантов приспособлений. Для годовой программы выпуска деталей $N < N_{кр}$ экономически эффективным будет вариант приспособления №1, а для $N > N_{кр}$ — вариант №2.

Критическая программа выпуска определяется по формуле:

$$N_{кр.} = \frac{З_{пр.год1} - З_{пр.год2}}{\frac{C_{ч.т.}}{60} (t_{шт.-к1} - t_{шт.-к2}) \left(1 + \frac{H}{100}\right)}.$$

На основании экономического расчёта выбирается оптимальный вариант, для которого окончательно разрабатывается конструкция приспособления.

Кроме экономической эффективности часто определяют ещё ряд экономических показателей применения станочных приспособлений:

1.Срок окупаемости более дорогого приспособления

$$T_{\text{ок}} = \frac{З_{\text{пр.год2}} - З_{\text{пр.год1}}}{C_{\text{тех.1}} - C_{\text{тех.2}}} \leq T_{\text{н}}.$$

Срок окупаемости должен быть меньше, чем срок амортизации.

2. Сокращение времени выполнения операции в процентах при применении приспособления

$$\Delta t = \frac{t_{\text{шт-к1}} - t_{\text{шт-к2}}}{t_{\text{шт-к1}}} \times 100\%.$$

3. Рост производительности труда в процентах

$$\text{ПТ} = \frac{\Delta t}{100 - \Delta t}.$$

11.2 Пример выполнения расчёта экономической эффективности приспособления

Для выполнения фрезерной операции предложено два варианта специального станочного приспособления. Определить наиболее целесообразный вариант станочного приспособления из двух предложенных с точки зрения экономической эффективности при годовом объёме выпуска деталей 6000 шт. и при накладных расходах 120%. Сравнительная характеристика приспособлений приведена в табл. 11.2.

В соответствии с табл. 11.1 определяем исходные данные для расчёта в зависимости от группы сложности приспособлений.

Приспособление 1:

- группа сложности III;
- ориентировочная стоимость 1200...2480руб.;
- коэффициент сложности приспособления $K_{\text{сл}} = 1,7$;
- срок амортизации $A = 3$ года.

Таблица 11.2. Варианты приспособлений

Характеристика приспособлений	Приспособление 1	Приспособление 2
	простое одноместное с руч- ным зажимом	сложное двухместное механизированное
Назначение	фрезерное	фрезерное
Наименований деталей в кон- струкции, шт.	15	40
Всего деталей в конструкции, шт.	22	52
Штучное время операции, мин.	7,8	3,2
Требуемый разряд рабочего	IV	II

Приспособление 2:

- группа сложности V;
- ориентировочная стоимость 15600...16600руб.;
- коэффициент сложности приспособления $K_{cl} = 3,4$;
- срок амортизации $A = 5$ лет.

Уточняем стоимость приспособлений:

$$C_{пр.1} = 160 \times 22 \times 1,7 = 5984 \text{ руб.},$$

$$C_{пр.2} = 160 \times 52 \times 3,4 = 28288 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на использование приспособлений равны

$$Z_{пр.год1} = 5984 \left(\frac{1}{3} + \frac{25}{100} \right) = 3491 \text{ руб.}$$

$$Z_{пр.год1} = 28288 \left(\frac{1}{5} + \frac{25}{100} \right) = 12730 \text{ руб.}$$

Определяем годовую технологическую себестоимость при применении разных приспособлений:

$$C_{тех.год1} = 102 \frac{7,8}{60} 6000 \left(1 + \frac{120}{100} \right) + 3491 = 178523 \text{ руб.}$$

$$C_{тех.год2} = 84 \frac{3,2}{60} 6000 \left(1 + \frac{120}{100} \right) + 12730 = 71866 \text{ руб.}$$

Из расчётов видно, что затраты от применения второго варианта приспособления значительно ниже, чем от первого, следовательно именно второй вариант можно рекомендовать к использованию на рассматриваемой операции. Это объясняется сокращением затрат на заработную плату, т.к. штучное время при использовании второго приспособления почти вдвое ниже, чем для первого, также влияние оказывает и более низкая квалификация станочника.

Определяем годовую экономию при выборе второго варианта:

$$\mathcal{E}_r = 178523 - 71866 = 106657 \text{ руб.}$$

Применение приспособления по варианту 2 экономически выгодно в отличие от варианта 1. Полученная экономия составляет 106657 руб., что значительно больше, чем годовые затраты на содержание и ремонт приспособления 106657 руб. > 12730 руб., т.е. выполняется условие $\mathcal{E}_r \geq \mathcal{Z}_{\text{пр.год}}$.

Критическая программа выпуска

$$N_{\text{кр.}} = \frac{12730 - 3491}{\frac{102}{60}(7,8 - 3,2) \cdot \left(1 + \frac{120}{100}\right)} = 225 \text{ шт. ,}$$

т.е. при программе выпуска меньше 225шт. более выгодным будет первое приспособление.

11.3 Порядок выполнения работы

1. Изучить содержание и порядок расчёта экономической эффективности применения приспособлений.
2. Получить у преподавателя индивидуальное задание.
3. Выполнить расчёт технологической себестоимости, годового экономического эффекта, критической программы выпуска.
4. Дать анализ полученных результатов.

11.4 Вопросы для самоконтроля

1. При каких условиях достигается экономическая эффективность от применения нового приспособления?
2. Что называют технологической себестоимостью выполнения операции?
3. От каких факторов зависят годовые затраты по использованию приспособления?
4. От чего зависит группа сложности приспособления?
5. Что называют критической программой выпуска деталей?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21495 – 1976 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения: Введ. 1977-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 38 с.
2. Андреев, Г.Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: учеб. пособие / Г.Н. Андреев, В.Ю. Новиков, А.Г. Схиртладзе. – М. : Высшая школа, 2001. – 415 с.
3. Станочные приспособления. Справочник. В 2 т. / под ред. Б.Н. Вардашкина, В. В. Данилевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 655 с.
4. Шулепов, А.П. Проектирование технологической оснастки: учебник / А.П. Шулепов, В. А. Шманев, И. Л. Шитарев ; под ред. А.П. Шулепова ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. – Самара, 1996. – 374 с.
5. Проектирование схем технологических наладок на операции механической обработки резанием: учеб. пособие / Е.И. Федин, В.П. Кузнецов, А.С. Ямщиков. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. – 116 с.
6. Станочные приспособления для станков с ЧПУ: учеб. пособие / [В.Ф. Безъязычный и др.] ; под. общ. ред. В.Ф. Безъязычного. – М.: Машиностроение, Рыбинск, 2000. – Ч. 1. –147с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова; 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / [А.М. Дальский и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2003. – Т.2. –943 с.
9. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
10. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – 665 с.
11. Кузнецов, Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Баков. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.

12. Горошкин, А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А.К. Горошкин. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
13. Определение технологической себестоимости операции по элементам затрат: метод. указания / сост. А.П. Шулепов, Н.Д. Проничев. – Самара: Изд-во СГАУ, 2004. – 50 с.
14. Расчёт себестоимости механической обработки деталей по статьям калькуляции: метод. указания к курсовой работе / сост. А.В. Мещеряков. – Самара: Изд-во СГАУ, 2005. – 39 с.
15. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки: учеб. пособие. / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов; Федер. агентство по образованию, Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово : ГУ КузГТУ, 2006. – 204 с.
16. Аверьянов И.Н. Практические занятия по учебным дисциплинам: «Технологическая оснастка», «Проблемы проектирования технологической оснастки», «Проектирование станочной и контрольно-измерительной оснастки»: учеб. пособие / И.Н. Аверьянов, А.Н. Болотеин. – Рыбинск: РГАТУ, 2012. – 226 с.

Учебное издание

*Мещеряков Александр Викторович,
Шулепов Александр Павлович,
Хаймович Александр Исаакович*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Практикум

Редактор Н.С. Купринова
Компьютерная верстка Л.Р. Дмитриенко

Подписано в печать 22.07.2019. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 9,5.

Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 33(Р1П)/2019.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.