

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных производственных систем

Составитель
А. Н. Трусов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНОВКИ И РАСЧЕТ
СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ИЗ КОМПЛЕКТА УСПО**

**Методические указания к лабораторным работам по дисциплине
«Технологическое оснащение автоматизированного производства»
для студентов направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация
технологических процессов и производств»
всех форм обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления подготовки
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
в качестве электронного издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2017

Рецензенты

А. В. Протодьяконов – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных и автоматизированных производственных систем

И. В. Чичерин – кандидат технических наук, доцент, председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Трусов Александр Николаевич

Проектирование компоновки и расчет станочного приспособления из комплекта УСПО: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «**Технологическое оснащение автоматизированного производства**» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» всех форм обучения / сост. А. Н. Трусов; КузГТУ. – Кемерово, 2017.

В данных методических указаниях изложены содержание лабораторной работы, пример выполнения, контрольные вопросы.

© КузГТУ, 2017

© Трусов А. Н.,
составление, 2017

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНОВКИ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

1.1. Цель работы

Цель работы – закрепить полученные теоретические знания и ознакомить студентов с методами проектирования станочных приспособлений с использованием системы приспособлений УСПО. Продолжительность работы – 2 часа.

1.2. Основные теоретические положения

Компоновка УСПО создается из готовых деталей и СЕ (сборочных единиц), входящих в комплект [7]. При отсутствии в каталоге деталей нужного типоразмера их можно спроектировать самостоятельно, исходя из модульного принципа построения деталей УСПО. Описание конструктивных особенностей и рационального применения деталей по группам приведены в [2, 3]. При разработке компоновок рекомендуется использовать типовые решения [5]. Ниже приводится методика проектирования компоновки станочного приспособления систем УСПО, УСП, СРП.

1.2.1. Исходные данные

К исходным данным относятся:

1) сведения о заготовке (берутся с чертежа детали):

- геометрическая форма заготовки;
- габаритные размеры;

2) сведения о ТП:

- вид обрабатываемых поверхностей;
- вид обработки;
- схема базирования;
- число одновременно обрабатываемых деталей;
- режимы резания;

3) годовая программа выпуска;

4) технические данные оборудования:

- размеры рабочего пространства станка;

- вид и мощность привода станка;
- 5) справочно-нормативная и руководящая информация.

1.2.2. Определение положения заготовки в рабочей зоне станка

Положение обрабатываемых поверхностей заготовки определяют относительно исполнительных поверхностей станка (стола, шпинделя и т. д.). Положение заготовки в общем случае зависит:

- от метода обработки;
- от модели оборудования;
- от размеров, массы и формы заготовки;
- от конструктивных форм и расположения базовых поверхностей заготовки;
- от типа применяемого режущего инструмента;
- от количества одновременно устанавливаемых заготовок.

Выбранное положение заготовки должно отвечать следующим требованиям:

- затраты времени на установку и снятие заготовки должны быть минимальными;
- заготовка должна сниматься и устанавливаться без нарушения наладки станка.

1.2.3. Выбор серии комплекта УСПО

Определяют по габаритам и массе заготовки. Ориентировочно принимают серию 12 (3), если габариты детали не превышают 300 мм, если хоть один габарит больше – серию 16 (4) [7].

1.2.4. Определение степени механизации и автоматизации приспособления

Степень механизации зависит от типа производства (с учетом типа оборудования). В крупносерийном и массовом типах производства степень механизации и автоматизации наибольшая. В единичном и мелкосерийном можно использовать ручной зажим, но для станков с ЧПУ, ГПМ, РТК целесообразно и здесь механизировать зажим. Механизация для УСПО означает использо-

вание гидрофицированных базовых плит и механизированных СЕ (бесшланговых гидроцилиндров, универсальных прижимов и пр.).

1.2.5. Выбор базового элемента

Выбор проводят в зависимости от типа станка и габаритов детали. Для приспособлений, устанавливаемых на прямоугольных столах, используют прямоугольные и квадратные плиты, угольники.

Для поворотных приспособлений, а также круглых столов, токарных станков – круглые плиты.

Для механизированных приспособлений используют плиты тех же размеров. Размеры базового элемента выбирают так, чтобы вся компоновка и обрабатываемые поверхности были в пределах его рабочей зоны.

1.2.6. Выбор установочных элементов

Здесь по выбранной схеме базирования, точности и шероховатости базовых поверхностей определяют тип и размеры установочных элементов, их количество и расположение. Сначала выбирают установочные элементы для базы, лишаящей большего числа степеней свободы.

Возможности использования элементов УСПО для создания баз [7]:

1. Двойная направляющая база (4 степени свободы):
 - призмы;
 - центры.
2. Установочная база (3 степени свободы):
 - базовые элементы;
 - корпусные элементы;
 - колпачковые опоры.
3. Направляющая и опорная базы (2 и 1 степени свободы):
 - колпачковые опоры;
 - корпусные элементы;
 - пальцы [11, с. 326, табл. 35];

- кондукторные планки [11, с. 324];
- кондукторные втулки [10, с. 359].

Колпачковые опоры бывают с плоской, сферической головками и головкой с насечкой. Опоры с плоской головкой используют для установки небольших заготовок с обработанными базами. Допустимое давление на опору – 40 МПа. Опоры со сферической головкой применяют для небольших заготовок с необработанными базами. Допустимая нагрузка на одну опору в пределах от 2 (при $\varnothing = 10$ мм) до 30 кН (для опор $\varnothing = 40$ мм). Опоры с насечкой применяют для необработанных поверхностей, часто в качестве боковых баз. Допустимая нагрузка на них примерно в два раза выше, чем у сферических опор.

1.2.7. Определение схемы закрепления и выбор зажимных элементов

При разработке схемы закрепления определяют точки приложения и направление сил зажима исходя из схемы действия предполагаемых значений сил резания и их моментов.

Требования к схеме закрепления:

- не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое при базировании;
- силы резания и силы зажима не должны восприниматься опорами, то есть опоры не должны работать на срез;
- линии действия сил зажима должны проходить через рабочие поверхности опор и перпендикулярно к ним;
- точка приложения сил зажима должна быть как можно ближе к обрабатываемым поверхностям.

Выбор зажимных элементов проводят с учетом степени механизации. Для УСПО можно использовать также элементы УСП [11, с. 328]. В механизированных приспособлениях используют бесшланговые гидроцилиндры в сочетании с элементами зажимной группы. Выбор гидроцилиндров осуществляют по их техническим характеристикам (прил. 2, табл. П13). В силовом расчете проверяют правильность выбора гидроцилиндров.

1.2.8. Компоновка приспособления

При компоновке выдерживают следующие принципы:

- технологические и измерительные базы приспособления должны быть совмещены;
- прижимные элементы должны обеспечивать надежный и равномерный прижим базовых поверхностей заготовки к установочным и корпусным элементам УСПО;
- минимальное число мест зажима;
- удобство съема заготовки;
- выбор базовой детали согласовывается с размерами заготовки и рабочей зоной станка;
- желательно проектировать многоместные приспособления.

Порядок разработки компоновки следующий. Вычерчивают контуры детали в нескольких проекциях в выбранном положении. Деталь вычерчивается тонкими линиями и считается прозрачной (не закрывает элементы приспособления). Далее последовательно наносят отдельные элементы приспособления вокруг контура детали. Сначала вычерчивают установочные и прижимные элементы.

Далее для УСПО вычерчивают базовую деталь. Связь установочных, прижимных элементов и базовой детали осуществляется через корпусные элементы. Размеры корпусных элементов определяют модулем и высотным рядом.

1.2.9. Точностной расчет приспособления

Для разных систем приспособлений различны цели расчета (подробно точностной расчет рассмотрен в лабораторной работе № 2):

- для УСПО – проверка обеспечения требуемой точности операции;
- для НСП – определение допусков на размеры деталей приспособления, обеспечивающих заданную точность обработки.

1.2.10. Силовой расчет приспособления

Также различны цели расчета (подробно расчет рассмотрен в лабораторной работе № 3):

- для УСПО – проверка возможности получения необходимых сил закрепления с помощью выбранных средств механизации;
- для НСП – определение величины усилий зажима и конструктивных характеристик привода.

1.2.11. Окончательная разработка конструкции

При разработке окончательного варианта учитывают результаты силового и точностного расчетов, которые могут вызвать изменения в предварительной компоновке. Затем добавляют те или иные элементы конструкции, которые не были определены ранее.

Результатом проектирования УСПО является компоновочный чертеж, позволяющий однозначно собрать конструкцию приспособления. Составляется спецификация с обозначением всех деталей и СЕ УСПО. Буквенно-цифровая индексация на плитах позволяет описать компоновку. Часто собранное приспособление фотографируют с нескольких положений, чтобы облегчить последующие сборки.

1.3. Порядок выполнения работы

Перед выполнением практической работы следует изучить соответствующие разделы теоретического курса [3].

Проектирование технологической оснастки всегда осуществляется на базе технологического процесса, для которого она предназначена. Поэтому исходные данные для проектирования приспособления (содержание операции, модель станка, схему базирования и пр.) студент должен взять из технологического процесса, спроектированного им в курсовом проекте по курсу «Проектирование автоматизированных технологических процессов». Учитывая особенности комплекта УСПО, рекомендуется

выбирать в качестве такой операции обработку на фрезерных или сверлильных станках с ЧПУ (не токарных – из-за особенностей базирования). В исключительных случаях (при отсутствии таких данных) студент должен обратиться к преподавателю для получения учебного задания. В этом случае недостающие исходные данные студент определяет самостоятельно, исходя из общего задания.

Порядок выполнения работы определяется вышеприведенной методикой проектирования. В отчете следует привести необходимые пояснения по принимаемым решениям по всем разделам методики. В компоновке необходимо использовать механизированный зажим за счет использования гидроаппаратуры, входящей в комплект. При небольших размерах заготовки для повышения эффективности операции рекомендуется проектировать многоместные приспособления. Пример разработки компоновки приспособления приведен в п. 4.1.

В графической части должны быть представлены эскизы компоновки приспособления с достаточным для понимания конструкции числом разрезов и дополнительных видов (основных видов приводится не менее двух). СЕ комплекта (например, гидроцилиндры) полностью разрезать не надо. Следует показать только способы крепления деталей и СЕ приспособления между собой. Допускается упрощенное изображение отдельных элементов деталей (например, соединительные отверстия в плите, не участвующие в компоновке, можно изобразить перекрестьями). На эскизах указываются только габаритные и соединительные размеры. Эскизы выполняются на миллиметровой бумаге с примерным соблюдением масштаба. Здесь же на компоновке указывается состав спроектированного приспособления.

1.4. Контрольные вопросы

1. Пояснить способы беззазорной фиксации элементов приспособления УСПО между собой.
2. Что такое «модуль» в системе УСПО?
3. Чем отличаются между собой гидрофицированные плиты систем УСПО, УСП и СРП?
4. Что такое «схема закрепления» и требования к ней?

5. Опишите порядок вычерчивания компоновки УСПО.
6. Какова цель точностного расчета при проектировании приспособления систем УСПО и НСП?
7. Какова цель силового расчета при проектировании приспособления систем УСПО и НСП?

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ТОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

2.1. Цель работы

Цель работы – закрепить полученные теоретические знания и ознакомить студентов с методикой точностного расчета станочных приспособлений системы УСПО. Продолжительность работы – 2 часа.

2.2. Основные теоретические положения

Методика расчета приведена в [3]. Расчет проводится для одного из получаемых на данной операции размеров. Рекомендуется выбирать наиболее точный и ответственный размер. На точность этого размера обязательно должна влиять точность изготовления приспособления (например, на точность диаметра отверстия приспособление не влияет, а на точность расположения его оси обычно влияет). Для расчета выбирается формула суммарной погрешности для серийного производства [3]:

$$\omega = \Delta_u + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \xi_y^2}, \quad (1)$$

где Δ_u – погрешность обработки, возникающая в результате размерного износа инструмента; Δ_n – погрешность статической настройки технологической системы; $\Delta_{сл}$ – случайная составляющая погрешности обработки, включающая в себя температурные и упругие деформации; ξ_y – погрешность установки заготовки в приспособлении.

Отсюда, используя формулы (2–4), определяется допустимая погрешность изготовления приспособления $\xi_{изг}$:

$$\xi_y = \sqrt{(\delta - \Delta_u - \Delta_n)^2 - \Delta_{сл}^2}; \quad (2)$$

$$\xi_{np} = \sqrt{\xi_y^2 - \xi_\delta^2 - \xi_3^2}, \quad (3)$$

где ξ_δ – погрешность базирования заготовки в приспособлении; ξ_3 – погрешность закрепления заготовки в приспособлении; ξ_{np} – погрешность приспособления:

$$\xi_{изг} = \sqrt{\xi_{np}^2 - \xi_c^2 - \xi_u^2}, \quad (4)$$

где ξ_c – погрешность установки приспособления на станок; ξ_u – погрешность, возникающая в результате износа установочных элементов приспособления; $\xi_{изг}$ – искомая нами погрешность изготовления приспособления.

Рекомендации по расчету элементарных погрешностей, входящих в формулы (2–4).

Погрешность статической настройки Δ_n . Зависит от метода настройки инструмента: по эталону, по щупу, по лимбу и пр. Следует пользоваться справочными таблицами (прил. 1, табл. П9).

Для мерного инструмента можно рассчитать

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{ин}^2 + \Delta_{уи}^2}, \quad (5)$$

где $\Delta_{ин}$ – погрешность изготовления инструмента, допуска на сверла, зенкеры и пр. [10, табл. 37, с. 563]; $\Delta_{уи}$ – погрешность установки инструмента, например при сверлении с кондукторной втулкой:

$$\Delta_{уи} = S_{\max} / 2, \quad (6)$$

где S_{\max} – зазор между сверлом и кондукторной втулкой [10, табл. 38, с. 564].

Между кондукторной втулкой и деталью необходим зазор m (d – диаметр сверления):

$$m = (0,3...0,5) d - \text{для чугуна};$$

- $m = d$ – для стали;
 $m \leq 0,3 d$ – при зенкеровании.

Случайная погрешность $\Delta_{сл}$. Значения для разных методов обработки приведены в прил. 1 (прил. 1, табл. П1–5).

Погрешность износа инструмента $\Delta_{и}$. Так как для одной детали размерный износ очень мал, то в расчетах следует определять эту составляющую для партии заготовок (прил. 1, табл. П10).

Погрешность базирования $\xi_{б}$. Возникает при несовпадении измерительной и технологической баз и равна допуску на размер, соединяющий эти базы. Для типовых схем базирования следует пользоваться прил. 1 (табл. П8). Можно принимать $\xi_{б} = (0,8...0,85) \xi_{б табл.}$

Погрешность закрепления $\xi_{з}$. Можно рассчитывать по формулам [8, с. 51–53], но значительно быстрее по справочным таблицам (прил. 1, табл. П6–7). Следует помнить, что погрешность закрепления учитывается только в том случае, если сила закрепления (или ее составляющая) направлена вдоль проверяемого размера, иначе деформации не сказываются на получаемом размере и $\xi_{з} = 0$.

Погрешность установки на станок $\xi_{с}$. С достаточной для расчетов точностью можно принять $\xi_{с} = 0,01...0,02$ мм.

Погрешность из-за износа установочных элементов приспособления $\xi_{и}$. Обычно в расчетах принимают $\xi_{и} = 0,01$ мм.

Рекомендации по выбору посадок:

- постоянные кондукторные втулки: $H/n, H/p$;
- сменные кондукторные втулки, устанавливаемые в промежуточных втулках: H/g ;
- установочные пальцы: $H7/g6, H7/f6$.

Для УСПО требуется проверить, выдерживается ли при сборке компоновки требуемая точность приспособления ($\sum TA_i < \xi_{изг}$).

Для решения этой задачи необходимо построить *размерную цепь приспособления в направлении получаемого размера*. Замыкающим звеном этой цепи всегда является размер, *связывающий базовые поверхности установочных элементов приспособления с поверхностью корпуса приспособления, по которой приспособле-*

ние базируется на столе станка, иначе говоря, от точки контакта заготовки с приспособлением до точки контакта приспособления со столом станка в направлении получаемого размера.

Поскольку корпусом приспособления УСПО является плита, то обычно используются две схемы базирования приспособления на столе станка (схему выбирает студент):

- в координатный угол;
- по плоскости и центральному отверстию.

В соответствии с выбранной схемой строится размерная цепь. При построении следует учесть, что беззазорные соединения, используемые в УСПО, обеспечивают уменьшение числа размерных звеньев в размерной цепи.

Допуск на размер замыкающего звена A_{Δ} приравниваем к погрешности изготовления, то есть

$$TA_{\Delta} = \xi_{изг} . \quad (7)$$

Так как компоновка УСПО создается из готовых элементов, выполненных уже с какой-то точностью, то TA_i уже известны и нужно определить допуск замыкающего звена:

$$TA_{\Delta} = \sum TA_i . \quad (8)$$

ГОСТ 14140–81 определяет основные точностные требования к элементам УСПО. Допустимое отклонение оси фиксирующих отверстий от номинала – 0,011 мм, между двумя любыми осями фиксирующих отверстий – $\pm 0,03$ мм. Линейные размеры основных элементов – $\pm 0,01$ мм. Отклонение от перпендикулярности и параллельности всех сторон допускается в пределах 0,01 мм на длине 200 мм.

2.3. Порядок выполнения работы

Пример выполнения точностного расчета приведен в п. 4.2.

1. Для спроектированной в работе 1 компоновки приспособления выбрать проверяемый размер, получаемый на данной операции.

2. Используя формулы (2–4), определить допустимую погрешность изготовления приспособления $\xi_{изг}$.

3. Выбрать способ базирования плиты приспособления на столе станка и построить для проверяемого размера размерную цепь.

4. Определить допуски TA_i на звенья размерной цепи и проверить выполнение требования $\sum TA_i < \xi_{изг}$. При невыполнении данного требования предложить мероприятия по обеспечению точности спроектированного приспособления.

2.4. Контрольные вопросы

1. По каким правилам составляется размерная цепь в точностном расчете?

2. Какие составляющие элементарные погрешности входят в модель суммарной погрешности?

3. Что включает в себя «погрешность установки»?

4. Что такое «погрешность базирования», чему она равна?

5. Что такое «погрешность закрепления», при каких обстоятельствах ее можно принять равной нулю?

6. Какова цель точностного расчета для приспособлений системы УСПО?

7. Какова цель точностного расчета для приспособлений системы НСП?

8. Покажите, какие звенья размерной цепи сокращаются из-за использования беззазорного соединения элементов УСПО между собой.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1. Цель работы

Цель работы – закрепить полученные теоретические знания и ознакомить студентов с методикой силового расчета станочных приспособлений системы УСПО. Продолжительность работы – 2 часа.

3.2. Основные теоретические положения

В практической работе выполняется проверочный силовой расчет. Методика приведена в [3].

Последовательность силового расчета.

1. На основе схемы закрепления составляют расчетную схему действующих в приспособлении сил. Изображают заготовку в масштабе, указывают установочные и зажимные элементы, а затем для **самого неблагоприятного случая** стрелками показывают действующие силы: *резания, зажима, трения, реакции опор, вес заготовки* и пр. Если вес заготовки дополнительно прижимает ее к приспособлению, то его можно не учитывать, вводя тем самым некоторый запас надежности.

При необходимости на схеме показывают **плечи действия сил** относительно выбранного центра поворота детали.

2. Рассчитывают величины сил резания по формулам из теории резания (если они не даны в исходных данных).

3. Составляют уравнения статики действующих сил и крутящих моментов из условия **равновесия заготовки**, то есть

$$\sum F_{xi} = 0; \sum F_{yi} = 0; \sum F_{zi} = 0; \sum M_{kpi} = 0. \quad (9)$$

В справочнике технолога [9, с. 80–84] приводят типовые расчетные схемы и формулы для определения силы зажима.

Для выражения сил трения в формулах используют **коэффициенты трения f** (прил. 2, табл. П11).

4. В составленные уравнения вводят коэффициент запаса K (прил. 2).

5. Из решения уравнений статики определяют силу зажима $P_{заж}$, которую надо приложить к заготовке, чтобы обеспечить стабильность положения. Часто в приспособлениях используют рычажные прижимы (либо другие передаточные механизмы). В этом случае необходимо определить силу Q привода. Для рычажного механизма расчетная схема показана на рис. 1. Смотрите также [9, с. 89, табл. 15–16].

$$Q = P_{заж} \frac{L_2}{L_1 \eta}; \quad (10)$$

$$\eta = 0,85 \dots 0,95.$$

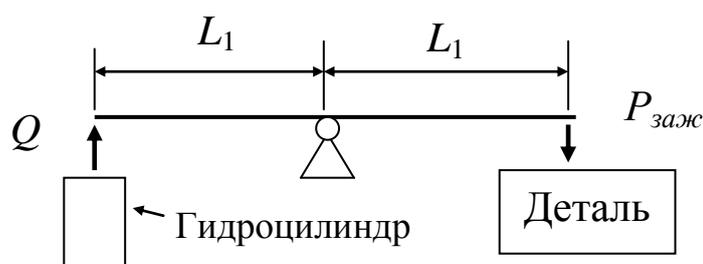


Рис. 1. Расчетная схема

6. Для УСПО проверяют пригодность выбранных гидроцилиндров. Условие пригодности:

$$Q_i < [Q_i], \quad (11)$$

где Q_i – расчетное усилие на штоке i -го гидроцилиндра; $[Q_i]$ – сила на штоке i -го гидроцилиндра (прил. 2, табл. П13).

3.3. Порядок выполнения работы

Пример выполнения силового расчета приведен в п. 4.3.

1. Для спроектированной в работе 1 выбрать самый неблагоприятный случай действия сил резания и крутящих моментов и составить схему закрепления.

2. Для разработанной схемы закрепления составить уравнение равновесия (по формуле 9).

3. Рассчитать значение коэффициента запаса K и ввести его в уравнение равновесия.

4. Определить необходимое значение силы зажима $P_{заж}$.

5. Определить необходимую силу на штоке гидроцилиндра Q_i (гидроцилиндров) с учетом передаточных механизмов, если они используются.

6. Сравнить рассчитанную силу на штоке с табличными значениями $[Q_i]$ и сделать вывод о надежности силового закрепления.

7. При необходимости предложить мероприятия по изменению схемы закрепления для обеспечения надежного закрепления детали.

3.4. Контрольные вопросы

1. Перечислите основные требования к схеме закрепления.

2. Как определяется самый неблагоприятный случай действия сил резания и крутящих моментов?

3. Как составляются уравнения равновесия? Приведите пример.

4. Как определяется и что учитывает коэффициент запаса?

5. Как учитывается действие передаточных механизмов? Приведите примеры.

6. Проверка какого условия проверяется при выполнении силового расчета приспособления системы УСПО?

7. Для чего выполняется силовой расчет приспособлений системы НСП?

8. Какие мероприятия можно предложить, если надежное закрепление детали не обеспечивается?

4. ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЙ ОПЕРАЦИИ

4.1. Разработка компоновки приспособления

4.1.1. Анализ исходных данных

На данной операции фрезеруется шпоночный паз шириной 20 мм концевой шпоночной фрезой 2235-0102 Т15К6 ГОСТ 6396–78, фрезеруется поперечный паз на торце шириной 12 мм дисковой фрезой $\varnothing 63$ ГОСТ 1669–78 и обрабатывается отверстие М6 сверлом 2301-4005 ГОСТ 2092–77 и метчиком машинным 035-2620-0502 ГОСТ 17927–72.

На операции используется горизонтальный консольно-фрезерный мод. 6Р84ГМФ3-1 с размерами стола 1000×250 мм. Также станок имеет поворотный стол 320×320 мм.

Схема базирования заготовки представлена на рис. 2. Планируется использование переналаживаемой компоновки приспособления из комплекта УСПО. Приспособление проектируется одноместное. Схему базирования приспособления на столе станка применим «в координатный угол». Максимальная сила резания (при фрезеровании паза на торце) $P_z = 1654 \text{ Н}$.

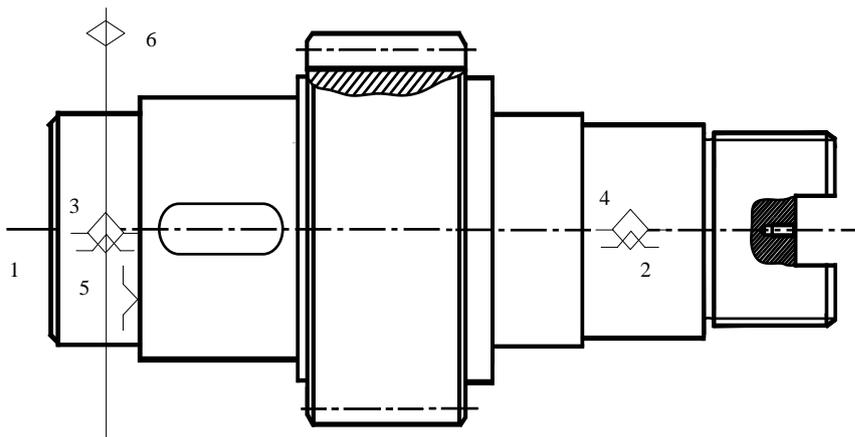


Рис. 2. Схема базирования вала

4.1.2. Определение положения заготовки в рабочей зоне станка

Учитывая методы обработки – сверление, фрезерование; тип оборудования – горизонтальный консольно-фрезерный модели 6Р84ГМФ3-1 с горизонтальным крестовым поворотным столом и горизонтальной осью шпинделя; конструктивные формы и размеры заготовки, а также схему установки на операции, предпочтительно горизонтальное расположение заготовки в рабочей зоне станка, когда ось вала располагается в горизонтальной плоскости, а фрезеруемые поверхности – перпендикулярно плоскости стола станка.

Выбранное положение должно обеспечить минимальные затраты времени на установку и снятие заготовки, а также исключить нарушения наладки станка.

4.1.3. Выбор серии комплекта УСПО

Учитывая габаритные размеры заготовки, превышающие 300 мм, принимаем серию 4 комплекта УСПО с модулем построения конструкций элементов УСПО 60×60 мм.

4.1.4. Определение степени механизации и автоматизации приспособления

Принимая во внимание, что обработка ведется на высокопроизводительном многоцелевом станке с ЧПУ, целесообразно оснастить приспособление механизированными зажимами с использованием имеющихся в комплекте гидроцилиндров вертикального действия.

4.1.5. Выбор базового элемента приспособления

Учитывая, что приспособление должно быть оснащено механизированными зажимами, в качестве базового элемента принимается гидрофицированная базовая плита. Исходя из габаритов заготовки и необходимости поворота заготовки при обработке,

принимаются следующие габариты гидрофицированной базовой плиты – 440×320×45 мм.

4.1.6. Выбор установочных элементов приспособления

Выбор установочных элементов приспособления определяется схемой базирования заготовки, принятой в технологическом процессе, точностью, размерами и формой базовых поверхностей заготовки.

Двойная направляющая база реализована корпусными элементами типа призм. Вал опирается на призмы двумя ступенями \varnothing 60 мм. В качестве направляющей базы можно использовать боковую поверхность призмы, обеспечивая ее контакт с торцом ступени вала \varnothing 70 мм.

4.1.7. Выбор зажимных элементов и сборочных единиц

Определив форму и размеры установочных элементов, намечаем схему закрепления заготовки. Учитывая вышеприведенные требования, выбираем схему закрепления, приведенную на рис. 5.

В качестве прижимных элементов используется прихват УСПО.

Для механизации зажима выбираем вертикальный гидроцилиндр бесшланговый толкающего типа. В соответствии с серией УСПО принимаем гидроцилиндр бесшланговый 2-го типа. Техническая характеристика гидроцилиндра данного типа представлена в прил. 1 (табл. П13).

4.1.8. Общая компоновка приспособления

Общая компоновка приспособления, разработанная в соответствии с вышеизложенными рекомендациями, и основные его виды показаны на рис. 3.

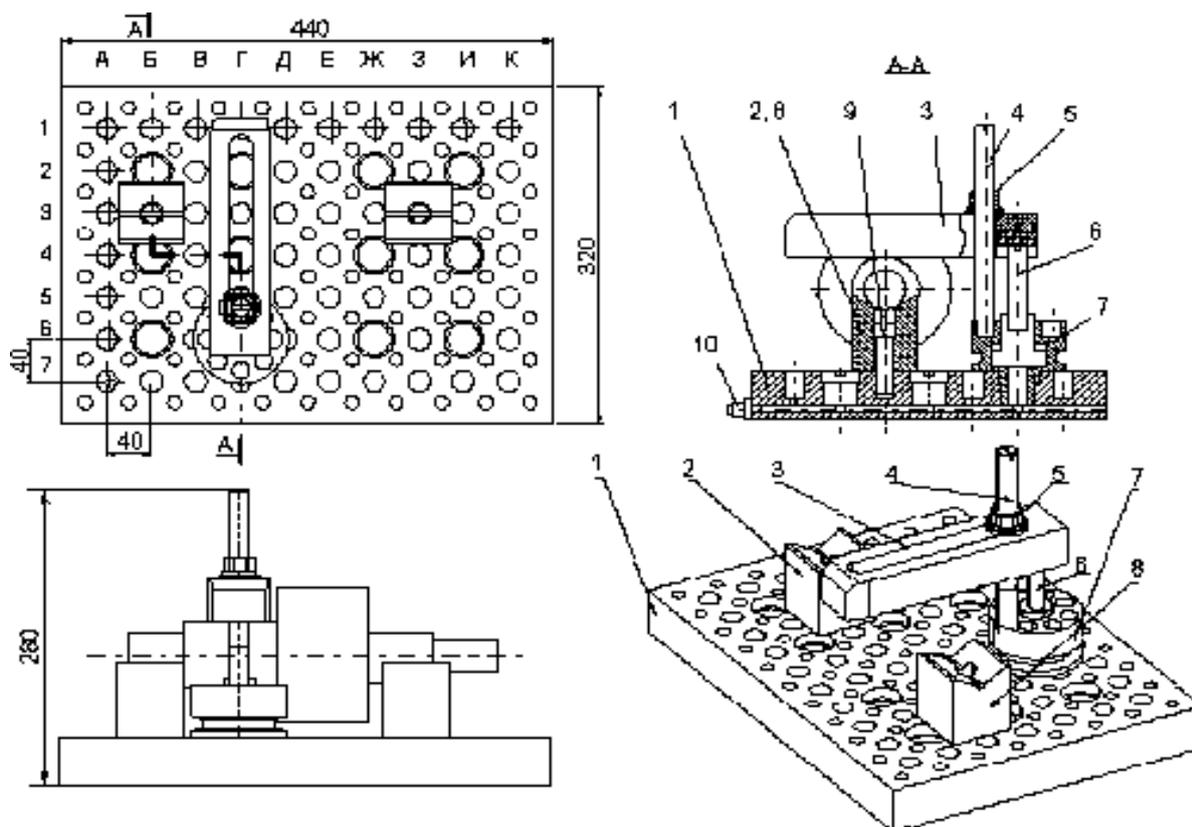


Рис. 3. Общая компоновка приспособления:

1 – гидроцифированная плита; 2, 8 – призмы; 3 – прихват; 4, 6, 9 – шпильки; 5 – гайка; 7 – вертикальный гидроцилиндр; 10 – штуцер

Заготовка устанавливается на одномодульные призмы 2 и 8 которые базируются относительно плиты коническими штырями и крепятся шпильками 9. Осевой базой для заготовки является боковая поверхность призмы 8.

Заготовка закрепляется прихватом 3, сила зажима которому передается через шпильку 6, ввинченную в шток поршня гидроцилиндра 7. Прихват удерживается шпилькой 4 и гайкой 5 и поджимается к гайке пружиной (на рисунке не показана). Гидроцилиндр ввернут в резьбовое гидрофицированное отверстие базовой гидрофицированной плиты 1, рабочая жидкость к которой подается от привода через штуцер 10.

4.2. Точностной расчет приспособления

Цель точностного расчета заключается в определении допусков на размеры деталей приспособления, обеспечивающих заданную точность обработки заготовки в приспособлении.

Точностной расчет будем производить для размера $4^{+0,12}$ мм, задающего осевое положение шпоночного паза.

Точность обработки обеспечивается точностью используемых технологических методов и инструментов.

Для того чтобы получить годную деталь, необходимо, чтобы выполнялось следующее условие:

$$w < \delta, \quad (12)$$

где w – суммарная погрешность обработки; δ – допуск на получаемый размер, который берется из операционного чертежа.

Допуск на размер

$$\delta = +0,120 - (0,0) = 0,120 \text{ мм.}$$

Суммарную погрешность обработки можно определять по разным методикам. Наиболее удобна модель определения суммарной погрешности, приведенная в формуле (1).

Погрешность статической настройки Δ_n зависит от метода настройки инструмента. Согласно табл. П9 прил. 1 выбираем величину $\Delta_n = 10$ мкм.

Погрешность износа инструмента для партии заготовок можно принять по табл. П10 прил. 1 Принимаем $\Delta_{и} = 15$ мкм.

Случайная погрешность $\Delta_{сл}$ определяется по табл. П3 прил. 1 и равна $\Delta_{сл} = 48$ мкм.

Погрешность установки заготовки определяем по формуле (2). Получим

$$\varepsilon_y = \sqrt{(120 - 10 - 15)^2 - 48^2} = 82 \text{ мкм.}$$

Погрешность базирования ε_{δ} возникает при несовпадении измерительной и технологической баз. В нашем случае $\varepsilon_{\delta} = 0$ мкм (прил. 1, табл. П8).

Погрешность закрепления ε_3 определяется по справочным таблицам (прил. 1, табл. Пб-П7), но для нашего способа закрепления можно принять $\varepsilon_3 = 0$ мкм, так как сила зажима направлена перпендикулярно получаемому размеру и не влияет на его точность.

Из формулы (3) мы можем определить погрешность приспособления

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_y^2 - \varepsilon_0^2 - \varepsilon_3^2} = \sqrt{82^2 - 0^2 - 0^2} = 82 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки приспособления на станок можно принять, с достаточной для расчетов точностью, в пределах 0,01...0,02 мм. Погрешность из-за износа установочных элементов приспособления обычно принимается равной $\varepsilon_u = 0,01$ мм.

Из формулы (4) найдем погрешность изготовления приспособления:

$$\varepsilon_{изг} = \sqrt{\varepsilon_{np}^2 - \varepsilon_c^2 - \varepsilon_u^2} = \sqrt{82^2 - 10^2 - 10^2} = 80,7 \text{ мкм.}$$

Далее требуется проверить, выдерживается ли при сборке компоновки требуемая точность приспособления. Схема точностного расчета представлена на рис. 4.

Для решения этой задачи необходимо простроить размерную цепь приспособления в направлении получаемого размера. Замыкающим звеном этой цепи всегда является размер, связывающий базовые поверхности установочных элементов приспособления с поверхностью корпуса приспособления, по которой приспособление базируется на столе станка, иначе говоря, от точки контакта заготовки с приспособлением до точки контакта приспособления со столом станка в направлении получаемого размера.

Размеры A_1 и A_2 – это положение оси отверстия под фиксирующий штифт. Их точность регламентируется ГОСТ 14140–81 допуском 11 мкм.

Тогда $\sum TA_i = A_1 + A_2 = 11 + 11 = 22$ мкм; $22 < 80,7$.

Таким образом, требуемое условие выполняется.

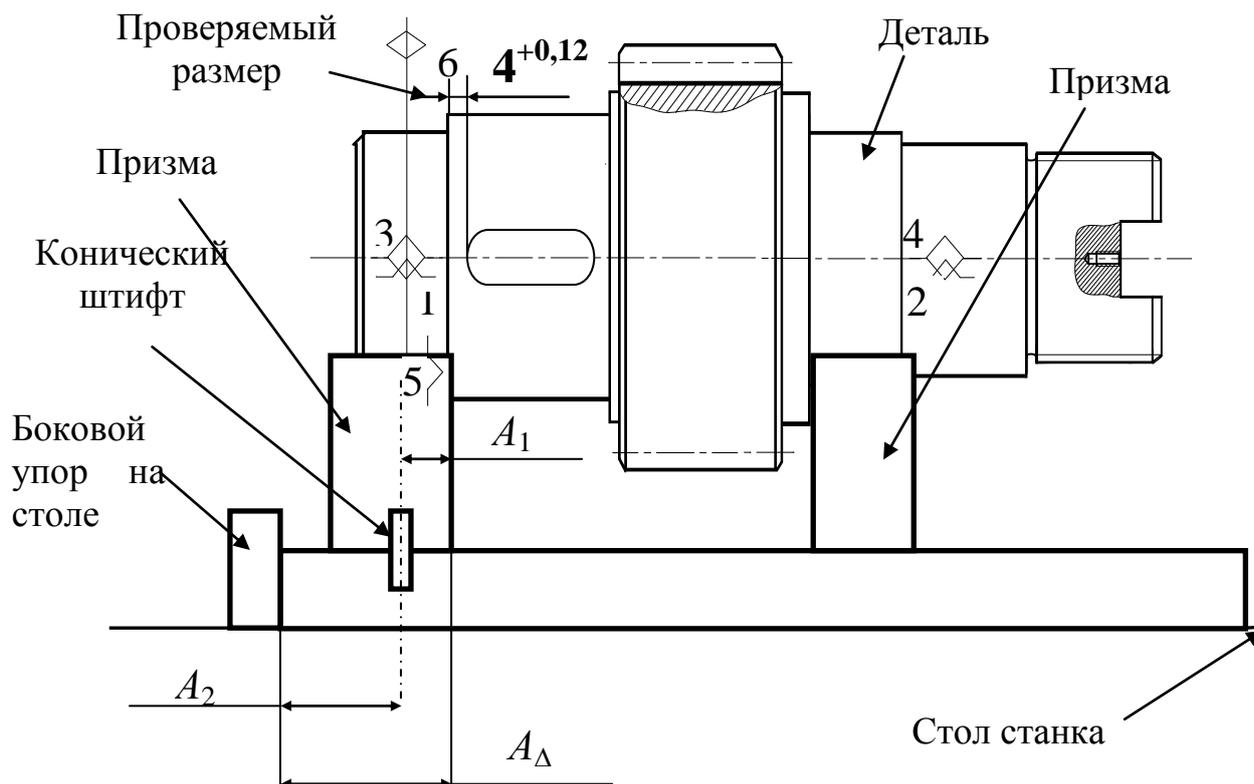


Рис. 4. Схема для точностного расчета

4.3. Силовой расчет приспособления

Цель силового расчета – проверка возможности обеспечения необходимых сил закрепления заготовки с помощью выбранных средств механизации зажима.

Исходными данными для силового расчета приспособления служат: схема закрепления заготовки, параметры режима резания, сведения о коэффициентах трения и запаса.

Расчетная схема действующих на заготовку сил показана на рис. 5.

Наибольшие силы резания возникают при фрезеровании поперечного паза ($P_z = 1654 \text{ Н}$), следовательно, силовой расчет проводим относительно этого перехода.

При фрезеровании данной поверхности на заготовку действует сила P_z – составляющая силы резания. Сдвигающей силе противодействуют сила трения F_1 , вызванная силой прижима Q , и силы трения F_2 , вызванные реакциями опор N . Силой веса за-

готовки можно пренебречь, так как она только увеличивает силы трения, препятствующие сдвигу заготовки.

Составляем уравнение моментов всех сил с учетом коэффициента запаса:

$$KP_z r_3 = F_1 r_1 + F_2 r_2 \quad , \quad (13)$$

где K – коэффициент запаса, определяемый по прил. 2 и равный

$$\{K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5\} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34,$$

где K_0 – коэффициент гарантированного запаса, $K_0 = 1,5$; K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей, $K_1 = 1,2$; K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента (прил. 2, табл. П12), $K_2 = 1$; K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании, $K_3 = 1$; K_4 – коэффициент, характеризующий постоянство силы закрепления, $K_4 = 1,3$; K_5 – коэффициент, учитывающий эргономику ручных зажимов, $K_5 = 1$; K_6 – коэффициент, учитывающий моменты, стремящиеся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью на постоянные опоры, $K_6 = 1$.

Принимаем $K = 2,5$.

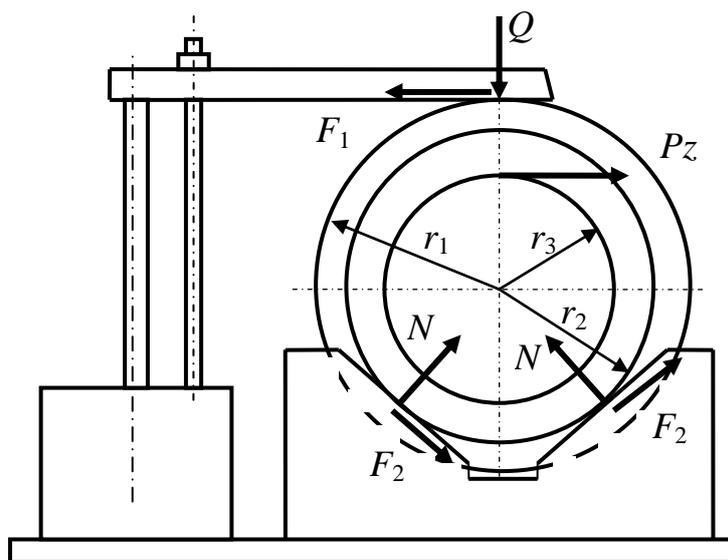


Рис. 5. Схема для силового расчета

Реакции опор равны:

$$\begin{aligned} F_1 &= Q \cdot f; \\ F_2 &= N \cdot f = \left(\frac{Q}{\cos 30^\circ} \right) \cdot f. \end{aligned} \quad (14)$$

Подставив выражения реакций опор и значение коэффициента запаса в уравнение моментов, а затем, выразив оттуда силу прижима Q , получим

$$Q = \frac{K P_z r_3}{f r_1 + 4 \cdot \frac{f \cdot r_2}{\cos 30^\circ}} = \frac{2,5 \cdot 1654 \cdot 21}{0,2 \cdot 35 + 4 \cdot \frac{0,2 \cdot 30}{\cos 30^\circ}} = 2895,6 \text{ Н}. \quad (15)$$

Выбранный ранее гидроцилиндр обеспечивает усилие 28900 Н (прил. 2, табл. П13). С учетом плеч прихвата гидроцилиндр должен обеспечить усилие

$$Q' = Q \cdot \frac{105}{30} = 2895 \cdot \frac{105}{30} = 1013 \text{ Н}.$$

Полученное значение меньше максимального усилия на штоке гидроцилиндра, следовательно, принятый гидроцилиндр обеспечивает требуемую силу зажима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клепцов А. А. Проектирование технологической оснастки для роботизированного производства: учеб. пособие / А. А. Клепцов, А. Н. Трусов, Е. И. Ширяев; КузПИ. – Кемерово, 1988.
2. Переналаживаемая технологическая оснастка / под ред. Д. И. Полякова. – Москва: Машиностроение, 1988.
3. Технологическое оснащение автоматизированного производства: учеб. пособие / А. Н. Трусов; КузГТУ. – Кемерово, 2013.
4. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов / В. В. Бабук, П. А. Горезко, К. П. Забродин. – Минск: Высш. шк., 1979.
5. Кузнецов Ю. И. Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ: учеб. пособие. – Москва: Высш. шк., 1988.
6. Кузнецов Ю. И. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и ПР: учеб. пособие. – Москва: Машиностроение, 1987.
7. Универсально-сборочная переналаживаемая оснастка с угловыми пазами УСПО-У3 и УСПО-У4: иллюстрированный каталог / КузГТУ. – Кемерово, 2014.
8. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1986.
9. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1986.
10. Станочные приспособления: справочник; в 2 т. Т. 1 / под ред. Б. Н. Вардашкина. – Москва: Машиностроение, 1984.
11. Станочные приспособления: справочник; в 2 т. Т. 2 / под ред. Б. Н. Вардашкина. – Москва: Машиностроение, 1984.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Справочные данные к точностному расчету приспособлений

Значения случайной погрешности обработки $\Delta_{сл}$
на токарных и токарно-револьверных станках, мкм

Таблица П1

| Раз- меры, мм | Сила P_y , кгс | Обработка на токарных станках | | | Обработка на токарно- револьверных станках и автоматах | | |
|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------|-----------|---|-----------|-----------|
| | | жесткость системы, кгс/мм | | | | | |
| | | 400-600 | 600-1000 | 1000-1500 | 600-1000 | 1000-1500 | 1500-2500 |
| 10-18 | 5-10 | 37 | 23 | 16 | 42 | 26 | 13 |
| | 10-15 | 38 | 24 | 17 | 44 | 27 | 14 |
| 18-30 | 5-10 | 40 | 26 | 17 | 48 | 29 | 14 |
| | 10-15 | 41 | 27 | 18 | 50 | 30 | 15 |
| 30-50 | 5-10 | 43 | 30 | 19 | 54 | 32 | 15 |
| | 10-15 | 44 | 32 | 19 | 56 | 33 | 16 |
| 50-80 | 5-10 | 46 | 32 | 19 | 60 | 35 | 16 |
| | 10-15 | 47 | 33 | 20 | 62 | 36 | 17 |
| 80-100 | 5-10 | 49 | 35 | 20 | 66 | 38 | 17 |

Значения случайной погрешности обработки $\Delta_{сл}$
на кругло-и плоскошлифовальных станках, мкм

Таблица П2

| Раз- меры, мм | Сила P_y , кгс | Обработка на круглошлифовальных станках | | | Обработка на плоскошлифовальных станках | | |
|---------------------|---------------------|--|-----------|-----------|--|-----------|-----------|
| | | жесткость системы, кгс/мм | | | | | |
| | | 700-1200 | 1200-2000 | 2000-3000 | 1500-2500 | 2500-3500 | 3500-5500 |
| 10-18 | – | 37 | 9 | 6 | – | – | – |
| 18-30 | – | 14 | 11 | 8 | – | – | – |
| 30-50 | – | 16 | 13 | 10 | – | – | – |
| 50-80 | – | 18 | 15 | 12 | – | – | – |
| 80-120 | – | 20 | 17 | 14 | – | – | – |
| 1-3 | 5-10 | – | – | – | 24 | 15 | 12 |
| | 10-15 | – | – | – | 23 | 14 | 11 |
| 3-30 | 5-10 | – | – | – | 19 | 12 | 10 |
| | 10-15 | – | – | – | 20 | 13 | 11 |

Значения случайной погрешности обработки $\Delta_{сл}$
на фрезерных и бесцентрово-шлифовальных станках, мкм

Таблица ПЗ

| Раз- меры, мм | Фрезерные станки | | | | Бесцентрово-шлифовальные станки | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------------|----------|-----------|---------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|
| | Сила P_y , кгс | жесткость системы, кгс/мм | | | Сила P_y , кгс | жесткость системы, кгс/мм | | |
| | | 400-700 | 700-1000 | 1000-1500 | | 2000-3000 | 3000-4000 | 4000-5000 |
| 6-10 | 5-15 | 64 | 46 | 24 | 2-6 | 27 | 18 | 9 |
| | свыше15 | 66 | 48 | 26 | 6-12 | 28 | 19 | 9,5 |
| 10-18 | 5-15 | 70 | 52 | 30 | 2-6 | 30 | 21 | 10,5 |
| | свыше15 | 72 | 54 | 32 | 6-12 | 31 | 22 | 11 |
| 18-30 | 5-15 | 76 | 58 | 36 | 2-6 | 33 | 24 | 12 |
| | свыше15 | 78 | 60 | 38 | 6-12 | 34 | 25 | 12,5 |
| 30-50 | 5-15 | 82 | 64 | 42 | 2-6 | 36 | 27 | 13,5 |
| | свыше15 | 84 | 65 | 44 | 6-12 | 37 | 28 | 14 |
| 50-80 | 5-15 | 88 | 70 | 48 | 2-6 | 39 | 30 | 15 |
| | свыше15 | 90 | 72 | 50 | 6-12 | 40 | 31 | 15,5 |
| 80-120 | 5-15 | 94 | 76 | 54 | 2-6 | 42 | 33 | 16,5 |
| | свыше15 | 95 | 78 | 55 | 6-12 | 43 | 34 | 17 |

Значения случайной погрешности обработки $\Delta_{сл}$
на агрегатно-расточных станках, мкм.

Жесткость технологической системы 300-400 кгс/мм, P_y до 1 кгс

Таблица П4

| Размеры расточки d , мм | 10-18 | 18-30 | 30-50 | 50-80 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta_{сл}$, мм | 15 | 16 | 17 | 18 |

Значения случайной погрешности обработки $\Delta_{сл}$ сверлением,
зенкерованием, развертыванием и протягиванием, мкм

Таблица П5

| Виды обработки | Диаметр отверстия, мм | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----|------|-------|-------|
| | 1-3 | 3-6 | 6-10 | 10-18 | 18-30 |
| Сверление без кондуктора | 100 | 120 | 160 | 210 | 270 |
| Сверление по кондуктору | 90 | 105 | 115 | 130 | 145 |
| Зенкерование | — | — | 90 | 110 | 130 |
| Однократное развертывание | — | 25 | 30 | 35 | 35 |
| Двукратное развертывание | — | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Протягивание однократное | — | 25 | 30 | 35 | 40 |
| Протягивание двукратное | — | 13 | 14 | 15 | 16 |

Погрешность закрепления заготовки при установке в радиальном и осевом направлениях
для обработки на станках

Таблица П6

| Характеристика базовой поверхности | Погрешность закрепления (радиальное направление/осевое направление), мкм | | | | | | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Поперечные размеры заготовки, мм | | | | | | | | | |
| | 6 - 10 | 10 - 18 | 18 - 30 | 30 - 50 | 50 - 80 | 80 - 120 | 120 - 180 | 180 - 260 | 260 - 360 | 360 - 500 |
| <i>Установка в зажимной гильзе (цанге)</i> | | | | | | | | | | |
| Холодотянутая калиброванная | 40/40 | 50/50 | 60/60 | 70/70 | 80/80 | – | – | – | – | – |
| Предварительно обработанная | 40/40 | 50/50 | 60/60 | 70/70 | 80/80 | – | – | – | – | – |
| Чисто обработанная | 20/20 | 25/25 | 30/30 | 35/35 | 40/40 | – | – | – | – | – |
| <i>Установка в трехкулачковом самоцентрирующем патроне</i> | | | | | | | | | | |
| Литье в песчаную форму машинной формовки по металлической модели | 220/70 | 270/80 | 320/90 | 370/100 | 420/110 | 500/120 | 600/130 | 700/140 | 800/150 | 900/160 |
| Литье в постоянную форму | 150/60 | 175/70 | 200/80 | 250/90 | 300/100 | 350/110 | 400/120 | 450/130 | 550/140 | 650/150 |
| Литье по выплавляемой модели | 50/50 | 60/60 | 70/70 | 80/80 | 100/90 | 120/100 | 140/110 | 160/120 | – | – |
| Литье под давлением | 25/30 | 30/40 | 35/50 | 40/60 | 50/70 | 60/80 | 70/90 | 80/100 | – | – |
| Горячая штамповка | 220/70 | 270/80 | 320/90 | 370/100 | 420/110 | 500/120 | 600/130 | 700/140 | 800/150 | – |
| Горячекатаная | 220/70 | 270/80 | 320/90 | 370/100 | 420/110 | 500/120 | 500/130 | – | – | – |
| Предварительно обработанная | 50/50 | 60/60 | 70/70 | 80/80 | 100/90 | 120/110 | 140/110 | 160/120 | 180/130 | 200/140 |
| Чисто обработанная | 25/30 | 30/40 | 35/50 | 40/60 | 50/70 | 60/80 | 70/90 | 80/100 | 90/110 | 100/120 |
| <i>Установка в пневматическом патроне</i> | | | | | | | | | | |
| Литье в песчаную форму машинной формовки по металлической модели | 180/55 | 220/60 | 260/70 | 320/80 | 380/90 | 440/100 | 500/110 | 580/120 | 600/130 | 760/140 |
| Литье в постоянную форму | 120/55 | 140/60 | 170/65 | 200/75 | 240/80 | 280/90 | 320/100 | 380/110 | 400/120 | 500/130 |
| Литье по выплавляемой модели | 40/45 | 50/50 | 60/55 | 70/65 | 80/75 | 90/80 | 100/85 | 120/90 | – | – |
| Литье под давлением | 20/25 | 25/35 | 30/45 | 35/50 | 40/55 | 45/65 | 50/70 | 60/80 | – | – |
| Горячая штамповка | 180/55 | 220/60 | 260/70 | 320/80 | 380/90 | 440/100 | 500/110 | 580/120 | 660/130 | – |
| Горячекатаная | 180/55 | 220/60 | 260/70 | 320/80 | 380/90 | 440/100 | 500/110 | – | – | – |
| Предварительно обработанная | 40/40 | 50/50 | 60/60 | 70/70 | 80/80 | 90/80 | 100/90 | 120/100 | 140/110 | 160/120 |
| Чисто обработанная | 20/25 | 25/30 | 30/35 | 35/40 | 40/50 | 45/60 | 50/70 | 60/80 | 70/90 | 80/100 |

Погрешность закрепления заготовки при установке на опорные штифты и опорные пластины приспособлений

Таблица П7

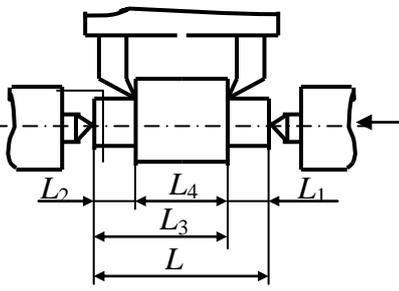
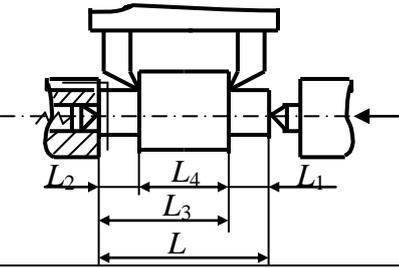
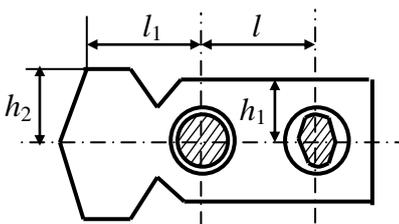
| Характеристика базовой поверхности | Погрешность закрепления (опорные штифты/опорные пластины), мкм | | | | | | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Поперечные размеры заготовки, мм | | | | | | | | | |
| | 6 - 10 | 10 - 18 | 18 - 30 | 30 - 50 | 50 - 80 | 80 - 120 | 120 - 180 | 180 - 260 | 260 - 360 | 360 - 500 |
| <i>Установка в зажимное приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами</i> | | | | | | | | | | |
| Литье в песчаную форму машинной формовки по металлической модели | – | 100/100 | 125/110 | 150/120 | 175/135 | 200/150 | 225/175 | 250/200 | 300/240 | 350/280 |
| Литье в постоянную форму | – /55 | 100/60 | 110/70 | 120/ 80 | 130/90 | 140/100 | 150/110 | 160/120 | 180/120 | 200/140 |
| Литье по выплавляемой модели | 80/40 | 90/50 | 100/60 | 110/70 | 120/70 | 130/80 | 140/100 | 150/110 | – | – |
| Литье под давлением | 70/30 | 80/40 | 90/50 | 100/60 | 110/70 | 120/80 | 130/90 | 140/100 | – | – |
| Горячая штамповка | – | 100/100 | 125/110 | 150/120 | 175/135 | 200/150 | 225/175 | 250/200 | 300/240 | – |
| Горячекатаная | 90/90 | 100/100 | 125/110 | 150/120 | 175/135 | 200/150 | 225/175 | – | – | – |
| Предварительно обработанная | 70/40 | 80/50 | 90/60 | 100/70 | 110/80 | 120/90 | 130/100 | 140/110 | 150/120 | 160/130 |
| Чисто обработанная | – /30 | – /40 | – /50 | – /60 | – /70 | – /80 | – /90 | – /100 | – /110 | – /120 |
| Шлифованная | 60/20 | 70/30 | 80/40 | 90/50 | 100/60 | 110/70 | 120/80 | 130/90 | 140/100 | 150/110 |
| <i>Установка в зажимное приспособление с пневматическим зажимом</i> | | | | | | | | | | |
| Литье в песчаную форму машинной формовки по металлической модели | – | 80/80 | 100/90 | 120/100 | 140/110 | 160/120 | 180/140 | 200/160 | 240/190 | 280/220 |
| Литье в постоянную форму | – /50 | 80/55 | 90/60 | 100/ 65 | 110/70 | 120/80 | 130/90 | 140/100 | 150/110 | 180/120 |
| Литье по выплавляемой модели | 65/35 | 70/40 | 75/50 | 80/55 | 90/60 | 100/70 | 110/80 | 120/90 | – | – |
| Литье под давлением | 40/25 | 45/30 | 50/35 | 60/40 | 70/50 | 80/60 | 90/70 | 100/80 | – | – |
| Горячая штамповка | – | 90/80 | 100/90 | 120/100 | 140/110 | 160/120 | 180/140 | 200/160 | 240/190 | – |
| Горячекатаная | 70/70 | 80/80 | 100/90 | 120/100 | 140/110 | 150/120 | 180/140 | – | – | – |
| Предварительно обработанная | 65/35 | 70/40 | 75/50 | 80/55 | 90/60 | 100/70 | 110/80 | 120/90 | 130/100 | 140/120 |
| Чисто обработанная | 50/25 | 60/30 | 70/35 | 80/40 | 90/50 | 90/60 | 100/70 | 110/80 | 120/90 | 130/100 |
| Шлифованная | 40/15 | 50/20 | 60/25 | 70/30 | 80/40 | 90/50 | 90/60 | 100/70 | 110/80 | 120/90 |

Погрешность базирования $\xi_{б табл}$
при обработке деталей в приспособлениях

Таблица П8

| № схемы | Базирование | Схема установка | Размер | Погрешность базирования $\xi_{б табл}$ |
|---------|---|-----------------|------------|--|
| 1 | По наружной цилиндрической поверхности – размеры перпендикулярны плоскости основания призмы | | H_1 | $0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$ |
| | | | H_2 | $0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$ |
| | | | H_3 | $0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}$ |
| 2 | По наружной цилиндрической поверхности (в призме) – размеры параллельны плоскости основания призмы | | H_1 | $0,5TD$ |
| | | | H_2 | $0,5TD$ |
| | | | H_3 | 0 |
| 3 | По двум плоскостям – обработка уступа | | A | 0 |
| | | | B | $Th \cdot \operatorname{tg} \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$ |
| | | | | 0 при $\alpha = 90^\circ$ |
| | | | C | TH |
| K | TE | | | |
| 4 | На цилиндрический палец (оправку) с зазором при обработке плоской поверхности или паза | | $H_1; H_2$ | $0,5TD + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ |
| | | | H_3 | $2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ |
| | | | H_4 | $\delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ |
| 5 | На цилиндрический палец (оправку) с натягом при обработке плоской поверхности или паза | | $H_1; H_2$ | $0,5TD + 2e$ |
| | | | H_3 | $2e$ |
| | | | H_4 | 0 |

Продолжение табл. П8

| № схе мы | Базирование | Схема установка | Раз- мер | Погрешность базирования ξ_{δ} табл. |
|----------------|--|--|-----------------|---|
| 6 | Установка в центрах – жесткий передний центр |  | L_1 | $\delta_L + \Delta_{Ц}$ |
| | | | L_2, L_3 | $\Delta_{Ц} = \frac{\delta_d}{\text{tg}\alpha}$ |
| | | | L_4 | 0 |
| 7 | Установка в центрах – пла- вающий передний центр |  | L_1 | δ_L |
| | | | L_2, L_3, L_4 | 0 |
| 8 | По двум от- верстиям на пальцах при обработке верхней по- верхности |  | h_1 | $2\Delta + \delta_1 + \delta_2$ |
| | | | h_2 | $(2\Delta + \delta_1 + \delta_2) \left(\frac{2l_1 + l}{l} \right)$ |

Примечание: 1. На схемах 4, 5, 8: H_3 – размер от обрабатываемой поверхности до оси наружной поверхности; H_4 – то же, до оси отверстия; e – эксцентриситет наружной поверхности относительно отверстия; δ_1 – допуск на диаметр отверстия; δ_2 – допуск на диаметр пальца; Δ – минимальный радиальный зазор посадки заготовки на палец; δ_l – допуск на длину заготовки.

2. Погрешность базирования в схемах 4, 5 включает погрешность приспособления $\xi_{пр}$.

3. На схеме 6: δ_d – допуск на диаметр центрального гнезда; α – половина угла центрального гнезда; $\Delta_{Ц}$ – погрешность глубины центрального гнезда (просадка центра). При угле центра $2\alpha = 60^\circ$ просадку центра $\Delta_{Ц}$ можно принимать:

наибольший диаметр

центрального гнезда, мм1; 2; 2,5 4; 5; 6 7; 8; 10 12,5; 15 20; 30

$\Delta_{Ц}$, мм..... 0,11 0,14 0,18 0,21 0,25

4. В расчетах рекомендуется принимать погрешность базирования $\xi_{\delta} = (0,8 \dots 0,85) \xi_{\delta \text{ табл.}}$

Средние допустимые погрешности статической настройки Δ_n
для лезвийных инструментов, мкм

Таблица П9

| Выдерживаемые размеры, мм | Обработка | | | |
|------------------------------|-----------------------|----------|--------|-------------|
| | черновая ¹ | чистовая | тонкая | однократная |
| До 30 | 40-100 | 10 | 5 | 20 |
| Свыше 30 до 80 | 60-150 | 20 | 6 | 25 |
| Свыше 80 до 180 | 80-200 | 30 | 7 | 30 |
| Свыше 180 до 360 | 100-250 | 40 | 8 | 40 |
| Свыше 360 до 500 | 120-300 | 50 | 10 | 50 |

¹ – меньшие значения принимают при обработке точных заготовок (12-14 квалитетов точности); большие значения – при обработке грубых заготовок (15 квалитет и грубее)

Допустимый размерный износ Δ_n инструмента
при обработке партии заготовок, мкм

Таблица П10

| Выдерживаемый размер, мм | Обработка | | | |
|-----------------------------|-----------|----------|--------|-------------|
| | черновая | чистовая | тонкая | однократная |
| До 30 | 30-80 | 15 | 2 | 20 |
| Свыше 30 до 80 | 45-120 | 20 | 3 | 25 |
| Свыше 80 до 180 | 60-150 | 30 | 6 | 30 |
| Свыше 180 до 360 | 75-200 | 40 | 10 | 40 |
| Свыше 360 до 500 | 90-250 | 50 | 15 | 50 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочные данные к силовому расчету приспособлений

Значения коэффициента трения f

Таблица П11

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

В процессе обработки условия могут меняться, для повышения надежности силы закрепления рассчитывают с учетом K :

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

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса, $K_0 = 1,5$; K_1 учитывает изменение величины припуска и принимает значения от $K_1 = 1,0$ при чистовой обработке до $K_1 = 1,2$ при черновой обработке; K_2 учитывает затупление инструмента, изменяется в диапазоне $K_2 = 1,1 \dots 1,7$ (см. табл. П12); $K_3 = 1,0 \dots 1,2$ – учитывает наличие прерывистого резания или торцовое фрезерование; $K_4 = 1,0 \dots 1,3$ – учитывает возможное непостоянство сил зажима, $K_4 = 1,3$ для ручных зажимов, гидро- и пневмоцилиндров одностороннего действия, $K_4 = 1,2$ – если на силу закрепления влияют отклонения размеров заготовки (пневмокамеры, мембранные и гидропластовые зажимные механизмы), $K_4 = 1,0$ – для гидро- и пневмоцилиндров двухстороннего действия, электромеханических, магнитных и вакуумных зажимных механизмов; $K_5 = 1,0 \dots 1,2$ – в ручных зажимах учитывает удобство расположе-

ния рукоятки (неудобной считается, если угол поворота больше 90° или просто в неудобном месте); K_6 учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью на постоянные опоры. При установке заготовки на штыри $K_6 = 1,0$, при установке на опорные пластинки $K_6 = 1,5$.

Если в результате расчета получилось $K < 2,5$, то округляют до $K = 2,5$.

Коэффициент K_2

Таблица П12

| Метод обработки | Материал заготовки | Составляющие силы резания и моменты от них | K_2 | Метод обработки | Материал заготовки | Составляющие силы резания и моменты от них | K_2 |
|---|--------------------|--|-------|------------------------------------|--------------------|--|---|
| Сверление | Чугун | Крутящий момент | 1,15 | Чистовое точение и растачивание | Сталь | P_z | 1,0 |
| | | Осевая сила | 1,0 | | Чугун | | 1,05 |
| Предварительное зенкерование (износ задней поверхности зубьев зенкера 1,5 мм) | | Крутящий момент | 1,3 | | Сталь | P_y | 1,05 |
| | | Осевая сила | 1,2 | | | | Чугун |
| Чистовое зенкерование (износ задней поверхности зубьев зенкера 0,7-0,8 мм) | | Крутящий момент | 1,2 | | Сталь | P_x | 1,0 |
| | | Осевая сила | | | | | Чугун |
| Предварительное точение и растачивание | Сталь | P_z | 1,0 | Фрезерование цилиндрической фрезой | Сталь | Окружная сила | 1,6-1,8 |
| | Чугун | | | | Чугун | | 1,2-1,4 |
| | Сталь | P_y | 1,4 | Фрезерование торцевой фрезой | Сталь | Тангенциальная сила | 1,6-1,8 |
| | Чугун | | | | Чугун | | 1,2-1,4 |
| | Сталь | P_x | 1,6 | Шлифование | Сталь, чугун | Окружная сила | 1,15-1,2 |
| | Чугун | | | | | | Протягивание (износ задней поверхности до 0,5 мм) |

Технические характеристики бесшланговых гидроцилиндров
комплекта УСПО

Таблица П13

| Тип и номер гидроцилиндра | Параметры | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--|---------------------------------|---|-----------|
| | тяга на штоке, <i>H</i> | длина хода поршня, мм | номинальное рабочее давление жидкости, МПа | диаметр крепежного элемента, мм | габаритные размеры (диаметр × высота или длина × ширина × высота), мм | масса, кг |
| Вертикальный, тянущего типа: | | | | | | |
| № 1 | 36000 | 8 | 20 | M16 | 90×100 | 3,0 |
| № 2 | 60900 | 8 | 20 | M20 | 110×110 | 4,0 |
| № 3 | 80900 | 10 | 20 | M20 | 115×115 | 5,0 |
| Вертикальный, толкающего типа: | | | | | | |
| № 1 | 22900 | 8 | 20 | M12 | 70×40 | 1,5 |
| № 2 | 28900 | 8 | 20 | M16 | 84×90 | 2,2 |
| № 3 | 44400 | 10 | 20 | M20 | 100×100 | 3,5 |
| Горизонтального типа: | | | | | | |
| № 1 | 18500 | 8 | 20 | M12 | 67×86×65 | 1,8 |
| № 2 | 29000 | 8 | 20 | M16 | 76×110×75 | 2,5 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНОВКИ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ | 2 |
| 1.1. Цель работы..... | 2 |
| 1.2. Основные теоретические положения | 2 |
| 1.3. Порядок выполнения работы | 7 |
| 1.4. Контрольные вопросы..... | 8 |
| 2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ТОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ | 10 |
| 2.1. Цель работы..... | 10 |
| 2.2. Основные теоретические положения | 10 |
| 2.3. Порядок выполнения работы | 13 |
| 2.4. Контрольные вопросы..... | 14 |
| 3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ | 15 |
| 3.1. Цель работы..... | 15 |
| 3.2. Основные теоретические положения | 15 |
| 3.3. Порядок выполнения работы | 16 |
| 3.4. Контрольные вопросы..... | 17 |
| 4. ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЙ ОПЕРАЦИИ | 18 |
| 4.1. Разработка компоновки приспособления | 18 |
| 4.2. Точностной расчет приспособления | 22 |
| 4.3. Силовой расчет приспособления | 24 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 27 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1 | 28 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2 | 35 |