

А. Н. ТРУСОВ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

КЕМЕРОВО 2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

А. Н. ТРУСОВ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

КЕМЕРОВО 2013

УДК 621.002-52(075.8)

Рецензенты:

Кафедра автоматизации производственных процессов и АСУ ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (зав. кафедрой профессор, доктор технических наук Б. А. Федосенков)

Главный ученый секретарь Кемеровского научного центра СО РАН доцент, кандидат технических наук В. В. Зиновьев

Трусов, А. Н. Технологическое оснащение автоматизированного производства : учеб. пособие / А. Н. Трусов ; КузГТУ. – Кемерово, 2013. – 89 с.
ISBN 978-5-89070-895-3

Рассмотрены существующие системы приспособлений, вопросы проектирования и расчета компоновок приспособлений из комплекта УСПО для ГПС, контрольных приспособлений, существующие системы унифицированной вспомогательной оснастки для станков токарной и фрезерно-сверлильной групп. Подробно описаны применяемые конструкции захватных устройств ПР и их расчет.

Разработано в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Печатается по решению редакционно-издательского совета КузГТУ.

УДК 621.002-52(075.8)

© КузГТУ, 2013

ISBN 978-5-89070-895-3

© Трусов А. Н., 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебное пособие написано в соответствии с рабочей программой курса «Технологическое оснащение автоматизированного производства» и учебным планом подготовки бакалавров по направлению 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Необходимость в нем обусловлена отсутствием учебной литературы, в которой были бы достаточно полно освещены все необходимые для изучения курса вопросы. В технической и учебной литературе, посвященной проектированию технологического оснащения, обычно подробно рассматриваются примеры конструкций, принципы работы, методики расчета специальных приспособлений по конкретным группам: токарные, сверлильные, фрезерные и пр. Использование таких приспособлений в условиях ГПС крайне ограничено из-за невозможности или трудоемкости переналадки. Станки с ЧПУ и ГПС накладывают на технологическую оснастку дополнительные требования (способность к переналаживаемости). Учебной литературы, в которой бы рассматривались именно системы переналаживаемой оснастки, методы конструирования и расчета, крайне недостаточно.

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения. Оно содержит теоретический и методический материал, необходимый для правильного выбора технологического оснащения автоматизированных технологических процессов. Приведенные в пособии методики расчета позволят студентам самостоятельно спроектировать и рассчитать станочные и контрольные приспособления, захватные устройства промышленных роботов. Поэтому материалы пособия могут быть использованы студентами в курсовом и дипломном проектировании.

Данное учебное пособие занимает центральное место в учебном комплексе курса «Технологическое оснащение автоматизированного производства» и совместно с методическими указаниями [11–14] позволит студенту успешно выполнить весь объем работ по технологическому оснащению технологических процессов для ГПС, начиная от разработки схемы закрепления до готового приспособления.

Автор приносит свои извинения за возможные ошибки и просит направлять свои отзывы и пожелания на кафедру ИиАПС ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева».

ВВЕДЕНИЕ

Технологическая оснастка – важнейший фактор успешного технического прогресса в машиностроении. В настоящее время в промышленности эксплуатируются миллионы специальных станочных приспособлений. Затраты на изготовление технологической оснастки приблизились к затратам на производство металлорежущих станков. Повышение эффективности и качества технологической оснастки – одна из важных проблем машиностроения.

В настоящее время выделяют несколько основных направлений в решении задачи повышения эффективности технологической оснастки и, в частности, станочных приспособлений.

Первое направление – нормализация и унификация элементов и конструкций станочных приспособлений.

В своем развитии это направление прошло несколько этапов – от нормализация конструктивных элементов отдельных деталей приспособления до нормализации и стандартизации конструкций отдельных приспособлений. Логическим завершением последнего этапа нормализации стало создание универсально-безналадочных приспособлений, обладающих большой степенью универсальности и низкой стоимостью. Вместе с тем высокая универсальность этих приспособлений привела к снижению их технологических возможностей и увеличению вспомогательного времени, связанного с установкой заготовок.

В связи с тем, что доля машиностроительной продукции, выпускаемой в условиях серийного и единичного производства, достигает 75–85%, задача повышения эффективности этих типов производства представляет наибольший интерес. В области проектирования технологической оснастки эта задача решается реализацией второго направления – обеспечение принципа переналаживаемости.

При этом под переналаживаемостью оснастки понимается обеспечение сборки разнообразных приспособлений для достиже-

ния определенных технологических целей из рационально ограниченной номенклатуры деталей и сборочных единиц.

Реализация принципа переналаживаемости в процессе проектирования приспособлений позволила создать различные системы переналаживаемой оснастки, отличающиеся способом переналадки, состоянием базовой части и, как следствие, степенью универсальности и технологическими возможностями:

- универсально-наладочные приспособления;
- специализированные наладочные приспособления;
- сборно-разборные приспособления;
- универсально-сборные приспособления;
- универсально-сборная переналаживаемая оснастка.

Переналаживаемая оснастка перечисленных систем предназначена для оснащения как традиционного металлообрабатывающего оборудования, так и станков с числовым программным управлением, гибких производственных систем, гибких производственных модулей и робототехнических комплексов. Использование подобного оборудования предъявляет к конструкции приспособлений ряд дополнительных требований, связанных с автоматизацией отдельных функций переналаживаемого приспособления (глава 2).

Методика проектирования и расчета этих приспособлений имеет особенности по сравнению со специальными приспособлениями и рассмотрена в главе 3 учебного пособия.

К технологической оснастке относятся также вспомогательные приспособления для крепления и настройки режущего инструмента, рассмотренные в главе 4.

Особый класс приспособлений представляют собой контрольные приспособления, предназначенные для контроля заготовок, полуфабрикатов и готовых деталей. Основные принципы их проектирования и расчета представлены в главе 5.

Широкое использование промышленных роботов в гибких производственных системах обуславливает необходимость подробного рассмотрения такого специфического вида технологической оснастки, как захваты промышленных роботов. Назначение, классификация захватных устройств, их конструкции и основные виды расчета показаны в главе 6 настоящего пособия.

1. СИСТЕМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1.1. Классификация приспособлений по целевому признаку

По целевому признаку приспособления делят на следующие виды:

1. **Станочные для установки и закрепления заготовок.** Их делят на сверлильные, токарные, фрезерные и пр.

2. **Станочные для закрепления и направления режущего инструмента.** К ним относят патроны для сверл, разверток, инструментальные державки, оправки, кондукторные втулки и пр.

3. **Сборочные**, для соединения деталей в изделии. Основные типы сборочных приспособлений:

- для крепления базовых деталей;
- для обеспечения правильности установки соединяемых деталей;
- для предварительного деформирования упругих элементов;
- для запрессовки, клепки и пр. (имеются большие усилия).

4. **Контрольные** – для проверки заготовок при промежуточном и окончательном контроле, при сборке.

5. **Приспособления для захвата, перемещения, перевертывания деталей.** В обычном производстве используют для тяжелых деталей, в автоматизированном – для всех (поэтому захваты для промышленных роботов (ПР) относятся также к оснастке).

Станочная оснастка – орудия производства, дополняющие станок и предназначенные для выполнения ТП механической обработки заготовок. К оснастке относятся собственно станочные приспособления, режущий и вспомогательный инструмент, контрольный инструмент и пр.

1.2. Основные требования к приспособлениям для станков с ЧПУ

Существует ряд специфических требований, обусловленных особенностями станков с ЧПУ.

1. Станки с ЧПУ – высокоточные станки (как правило, класса П). Следовательно, для обеспечения высокой точности обработки приспособления должны также обладать повышенной точностью,

обеспечивать минимальную погрешность базирования и закрепления.

2. Станки с ЧПУ имеют повышенную жесткость и мощность. Приспособление не должно быть самым податливым звеном системы *Станок – Приспособление – Инструмент – Деталь*, чтобы можно было использовать всю мощность на черновых операциях и всю жесткость станка на чистовых операциях.

3. Относительные перемещения заготовки и инструмента в станке с ЧПУ осуществляются автоматически в системе заранее заданных координат. Следовательно, приспособление должно обеспечивать полное базирование заготовки (правило 6 точек). Также необходимо строго определенное положение базирующих элементов приспособлений относительно начала координат станка (нулевой точки).

4. При наличии поворотного стола станок с ЧПУ может с одной установки обрабатывать 4–5 сторон заготовки. Приспособление должно обеспечивать полную инструментальную доступность, т. е. возможность подвода режущего инструмента.

5. Для сокращения простоя дорогостоящих станков приспособления должны сокращать время зажима-разжима как доминирующей составляющей процесса смены заготовок.

6. Обычно цикл обработки на станках с ЧПУ велик (обработка с 4 сторон), поэтому есть возможность смены заготовок при работе во втором приспособлении вне рабочей зоны станка.

7. Станки с ЧПУ обладают большой гибкостью. Приспособления должны иметь возможность быстрой смены или переналадки. Причем в серийном производстве (основная сфера применения станков с ЧПУ) лучше использование переналаживаемых приспособлений.

1.3. Системы приспособлений

Система приспособлений (по стандартам ЕСТПП [8]) – совокупность приспособлений, конструкции которых конструируются на базе единых характерных правил, для обеспечения единства выполнения их и использования в определенных организационных усло-

виях ТП изготовления различных деталей механической обработкой.

Различают *межотраслевые* и *отраслевые* системы приспособлений. В России используются семь межотраслевых систем приспособлений:

1. **УБП** – универсальные безналадочные приспособления.
2. **УНП** – универсально-наладочные приспособления.
3. **СНП** – специализированные наладочные приспособления.
4. **УСП** – универсально-сборные приспособления.
5. **УСПО** – универсально-сборная переналаживаемая оснастка.
6. **СРП** – сборно-разборные приспособления.
7. **НСП** – неразборные специальные приспособления.

Основными отличительными признаками систем являются **способ агрегатирования** (т. е. из чего собирается приспособление) и **основное конструктивное соединение** (как соединяются детали и сборочные единицы (СЕ) приспособления между собой). Дадим краткую характеристику перечисленных систем приспособлений.

1.3.1. Универсально-безналадочные приспособления

Обеспечивают установку заготовок различных изделий. Конструкция представляет собой долговременный законченный механизм с постоянными (несъемными) элементами. Изготовление специальных деталей не требуется. Переналадка достигается перестановкой (регулировкой положения) зажимных или установочных элементов.

Применяют на токарных, сверлильных, фрезерных станках с ЧПУ в мелкосерийном производстве.

Представители: универсальные тиски, токарные патроны и пр. Основные недостатки УБП: а) требуется контроль положения детали из-за неполного базирования; б) большое время на установку детали.

Стандартизации подлежат целиком конструкции УБП. Сейчас имеется более 40 ГОСТов на конструкции [8]. Приспособления находятся в эксплуатации до полного физического износа. Практически нет затрат времени на оснащение операций по сравнению с другими системами, затраты на УБП незначительны.

1.3.2. Универсальные и специализированные наладочные приспособления

УНП – состоит из универсального базового элемента (агрегата) и сменных установочных элементов (наладок) для установки группы деталей, близких по форме и базированию.

Пример УНП представлен на рис. 1. За счет сменных губок (рис. 1, *а*) в механизированных тисках возможна обработка как призматических деталей, так и деталей типа тел вращения. На рис. 1, *б* и *в* показан кондуктор для сверления отверстий. За счет сменной наладки обеспечивается обработка шестерни и вала.

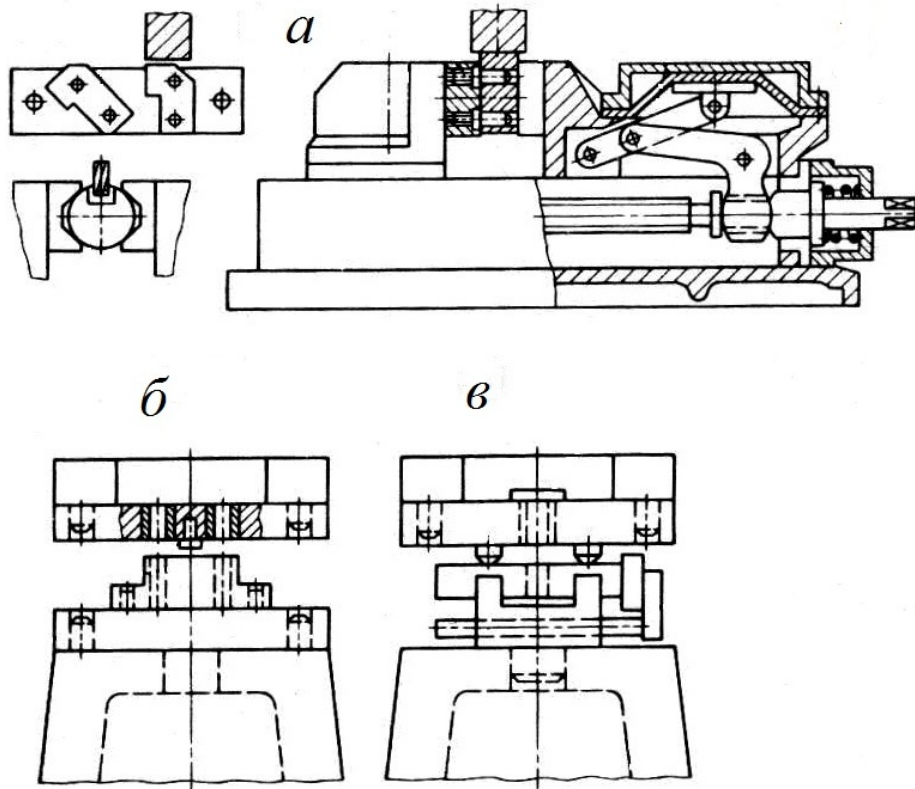


Рис. 1. Примеры приспособлений системы УНП:
а – механизированные тиски со сменными губками;
б – кондуктор для шестерни; *в* – кондуктор для валов

СНП – состоит из специализированного базового агрегата и сменных наладок для установки группы деталей с одной схемой базирования.

На рис. 2 показано приспособление для обработки деталей типа втулок с единой схемой базирования по торцу и длинному цилиндру.

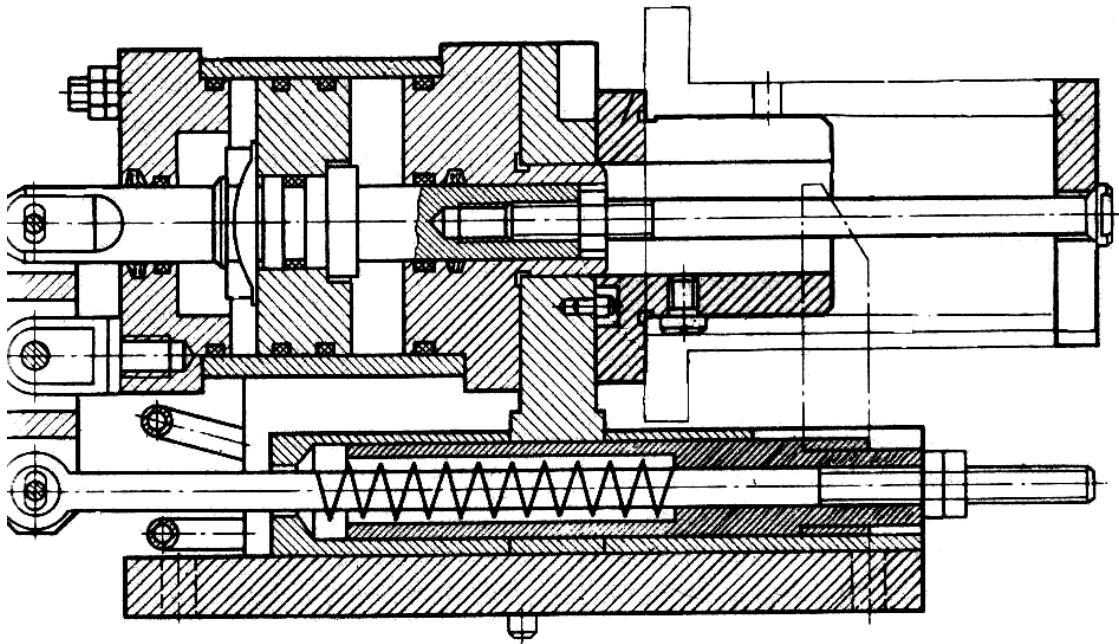


Рис. 2. Приспособление СМП для обработки деталей типа втулок

Базовые элементы (составляют до 80–90 % конструкции) – законченные механизмы долговременного действия, многократного использования.

Базовые элементы эксплуатируются до полного износа и со станка не снимаются. Отсюда рекомендуемые области применения:

- УМП – серийное многономенклатурное производство, групповой метод (группирование – по габаритам);
- СМП – серийные специализированные участки (по габаритам и схемам базирования).

Цикл оснащения в среднем составляет 15 часов и включает в себя проектирование сменной наладки, изготовление наладки и установку наладки. Базовый агрегат поставляется централизованно.

Экономически достижимая точность – 9 квалитет, за счет доработки наладок – 8 квалитет.

Недостатки:

- необходимость проектирования и изготовления наладок;

- отсутствие унификации с системами УСП и СРП.

Принцип использования сменных наладок распространен достаточно широко. Отметим некоторые системы приспособлений, построенные по принципу СНП:

1. МГКТИТехоснастки сконструировал комплект наладочных приспособлений для сверлильных и фрезерных станков с ЧПУ при групповой обработке заготовок [3].

2. «Система 500» – для ОЦ ИР500МФ4 и ИР800МФ4.

3. «Система 320» – для ОЦ ИР320МФ4, аналогична комплекту «Система 500».

1.3.3. Универсально-сборные приспособления

Поставляют в виде комплекта деталей и узлов различного назначения. В элементах УСП предусмотрены взаимно перпендикулярные Т-образные пазы, т. е. базирование элементов приспособления между собой осуществляется в «координатный угол» с помощью соединения паз-шпонка, а закрепление – с помощью болтов с закладными головками. На рис. 3 представлены основные детали и узлы комплекта УСП. Возможность быстро и легко собирать приспособления для оснащения различных операций делает систему УСП выгодной в единичном и мелкосерийном производствах. К недостаткам УСП относят:

- низкую надежность фиксации;
- пониженную жесткость элементов (из-за наличия пазов и выемок) и контактную жесткость приспособления (из-за большого числа стыков);
- нетехнологичность длинных точных Т-образных пазов;
- низкий уровень механизации;
- значительную стоимость комплекта.

Наиболее выгодна обработка деталей из легкообрабатываемых материалов сложной пространственной формы. Комплекты УСП различают по ширине Т-образного паза: 8 мм, 12 мм, 16 мм. Для станков с ЧПУ разработаны комплекты механизированных приспособлений – УСПМ-12 и УСПМ-16 (рис. 4). Они дополнительно оснащены гидроблоками, гидроцилиндрами, гидроприводом, гидроаппаратурой и пр.

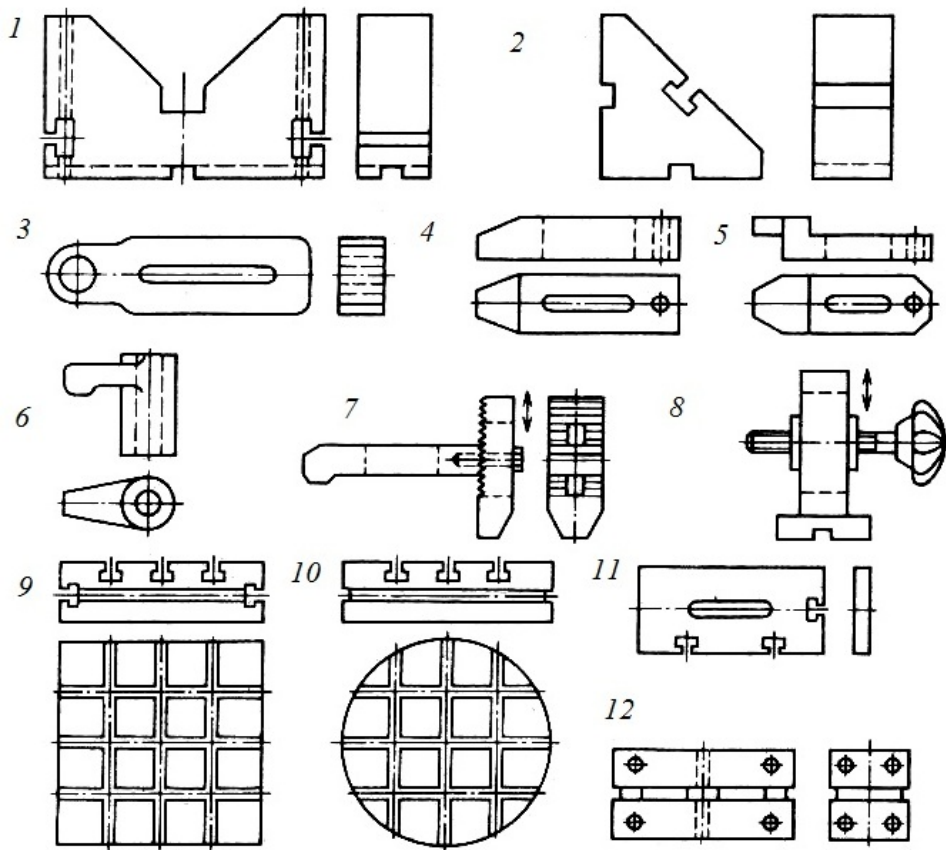


Рис. 3. Основные детали УСП:

1 – опорная призма; 2 – базовый угольник; 3 – кондукторная планка;
 4, 5 – зажимные планки; 6, 7 – прихваты; 8 – прижимное устройство; 9, 10 – базовые плиты; 11 – подкладка; 12 – опора

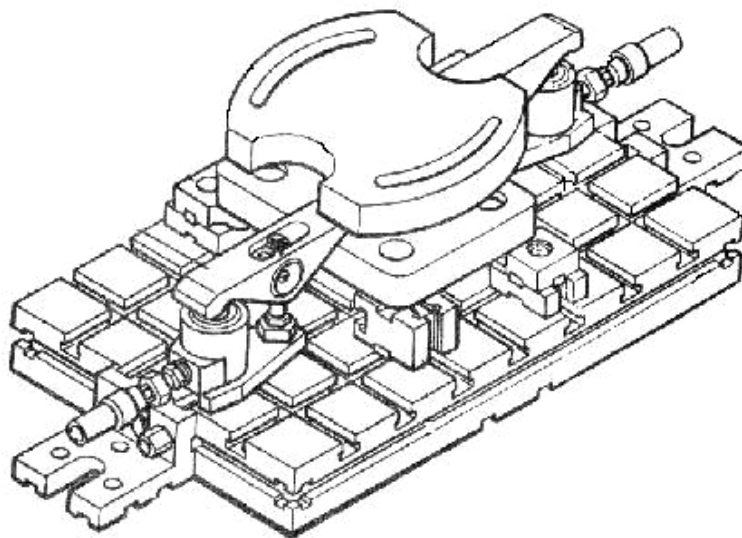


Рис. 4. Пример компоновки приспособления системы УСПМ-ЧПУ

На базе комплекта УСП разработаны также его разновидности, например:

а) **УСКНК** – универсально-сборные круглые накладные кондукторы. В комплект УСП-12 включены дополнительно делительные диски, направляющие планки, кондукторные втулки, самоцентрирующие головки и пр. для сверления отверстий, расположенных по окружности. Наибольший диаметр сверления – 38 мм, диаметры окружностей расположения осей отверстий – 45–670 мм, число отверстий – 2–36, точность взаимного расположения отверстий $\pm 0,1$ мм, время сборки одного кондуктора в среднем – 40 мин;

б) **УСПНК** – универсально-сборные прямоугольные накладные кондукторы для сверления отверстий в прямоугольных фланцах;

в) **УСКИП** – универсально-сборные контрольно-измерительные приспособления для измерения отклонений от прямолинейности, плоскостности и взаимного расположения поверхностей крупногабаритных деталей и СЕ. В качестве измерительных приборов используют индикаторы, микронные головки, уровни. В комплект входят стержни и валики (для сборки корпуса приспособления), базовые опоры с высокоточными шарикоподшипниками, крепежные узлы.

Время сборки приспособления – 2 часа, габариты приспособления – до $200 \times 1500 \times 1500$ мм, погрешность измерения – 0,005–0,02 мм;

г) **УСПР** – универсально-сборные приспособления для растачивания;

д) **УСШ** – универсально-сборные штампы.

1.3.4. Сборно-разборные приспособления

Сборно-разборные приспособления собирают из унифицированных деталей и СЕ как специальные приспособления долгосрочного применения. В отличие от элементов УСП детали и СЕ СРП имеют не универсальное, а специальное назначение. На СРП создано более 260 государственных стандартов [8]. Большое количество СЕ (в отличие от УСП) позволяет сократить время перекомпоновки, при этом базовый агрегат (плита или планшайба), как правило, не

снимается со станка весь период изготовления изделия (до 1,5 лет). СРП оснащают токарные и фрезерные станки с ЧПУ в серийном производстве. Время оснащения включает в себя проектирование, изготовление специальных деталей, сборку и внедрение (всего в среднем 20–25 ч).

Элементы СРП имеют *только* продольные Т-образные пазы и систему точно координированных цилиндрических отверстий и обеспечивают по сравнению с УСП большую точность и производительность. К недостаткам можно отнести:

- отсутствие унификации с УСП;
- меньшую универсальность;
- отсутствие в комплекте кондукторных втулок, планок и пр.

Разработаны два специализированных комплекта для оснащения станков с ЧПУ: **СРП-ЧПУ** – для сверлильных и фрезерных станков и **СРП-22 ЧПУ** – для многоинструментальных и расточных станков. На рис. 5 приведен пример компоновки двухместного СРП для обработки рычагов.

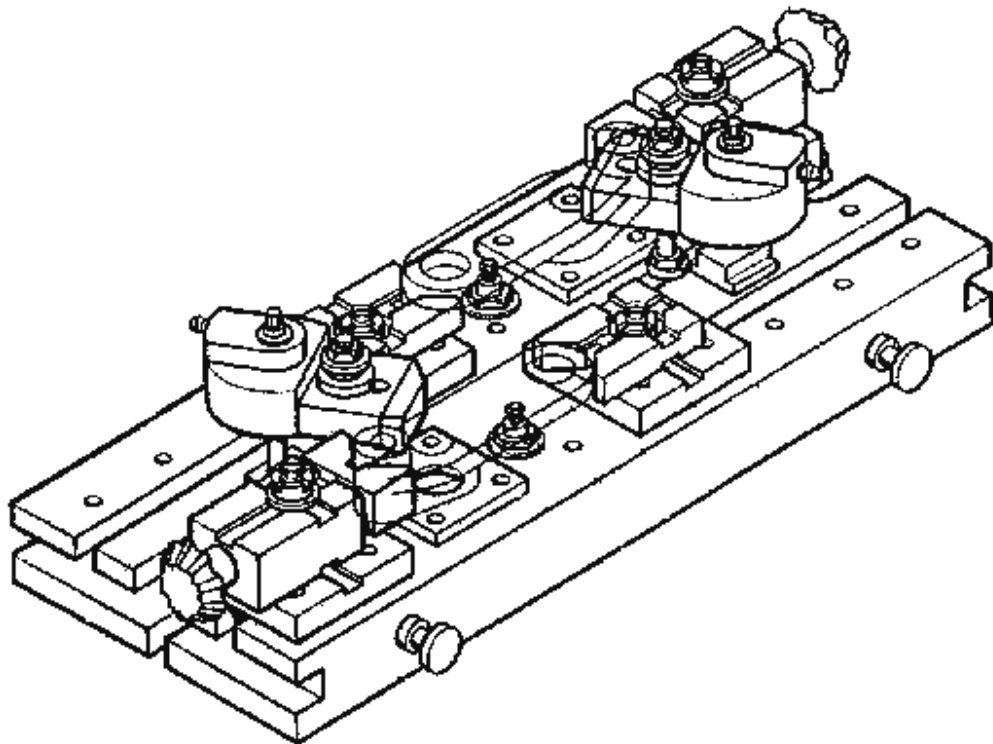


Рис. 5. Компоновка двухместного приспособления СРП для обработки рычагов

1.3.5. Неразборные специальные приспособления

Представляют собой необратимые конструкции, не предназначенные для разборки и повторного использования их деталей и узлов в других конструкциях. Должны применяться в массовом и крупносерийном производстве, но реально часто используют и в серийном, и даже мелкосерийном, что приводит к неоправданному росту требуемого числа приспособлений, к росту оборотных средств.

При проектировании НСП стараются максимально использовать стандартные детали и СЕ. Цикл оснащения наиболее длинный – примерно 100 ч и включает в себя проектирование приспособления, его изготовление, сборку и внедрение.

1.3.6. Универсально-сборная переналаживаемая оснастка

Для станков фрезерно-сверлильно-расточной группы и многоцелевых станков при обработке корпусных, плоскостных деталей мелких и средних размеров в мелко- и среднесерийном производстве разработана система УСПО. Основой комплекта УСПО являются высокоуниверсальные, взаимозаменяемые элементы – детали и СЕ, имеющие конкретное функциональное назначение, из которых можно компоновать специальные приспособления для любых операций.

В отличие от способа фиксации элементов системы УСПП посредством соединения паз-шпонка и системы СРП (посредством соединения палец-отверстие), которые имеют зазоры, конструкции УСПО соединяются беззазорным способом с натягом, что обеспечивает большую точность и жесткость.

По сравнению с УСПП новый комплект имеет следующие преимущества: повышение точности и стабильности положения деталей приспособления в 2–3 раза, жесткости в 1,3 раза, точности обработки заготовок приблизительно в 2 раза и производительности в 1,7 раза; увеличение размеров базовых плит до 800×800 мм, что позволяет применить для многоместной обработки или для крупных деталей; увеличение коэффициента использования металла с 0,46 до 0,75. Считается, что комплекс УСПО позволяет уменьшить затраты

на оснащение эквивалентного объема работ в 6 раз по сравнению со специальной оснасткой и в 2 раза по сравнению с другими системами многократного применения.

1.4. Выбор системы приспособлений

1.4.1. Факторы, определяющие выбор систем приспособлений

К основным факторам, определяющим выбор системы приспособлений, относятся: характеристики деталей, планово-экономические характеристики, организационно-технологические характеристики.

1. Характеристики деталей:

- точность обработки (табл. 1);
- габаритные размеры (табл. 2);
- конфигурация деталей, влияющая на выбор схемы установки;
- материал заготовки.

Таблица 1

Достижимая точность при равных условиях

Система приспособлений	Низкая, 11–13 квалитет	Средняя, 9–11 квалитет	Повышенная, 7–8 квалитет	Высокая, 6 квалитет и точнее
УБП	Выверка по разметке	Выверка спец. инструментом	–	–
УБП	То же	То же	–	–
УСП	Сборка без компенсатора	Сборка без компенсатора	–	–
УНП	Сборка базовой части и наладок без компенсаторов	Сборка баз, наличие ком-пенсаторов	Выверка баз, наличие ком-пенсаторов	Доработка баз по месту после установки на станок
СНП	Сборка базовой части и наладок без компенсаторов	То же	То же	То же
СРП	Сборка без компенсатора	То же	То же	То же
НСП	Проектирование и изготовление с заданной точностью	То же	То же	То же

Габаритные размеры (экономические)

Система приспособлений	Габариты, мм		
	длина	ширина, диаметр	высота
УНП, СНП – токарные	300	500	*
УНП, СНП – фрезерные, сверлильные	650	600	*
СРП – токарные	*	800	*
СРП – фрезерные, сверлильные	1000	500	*
УСП – 8	220	120	100
УСП – 12	700	400	200
УСП – 16	2500	2500	1000
УБП – токарные	*	500	*
УБП – фрезерные, сверлильные	1200	1000	*
НСП	*	*	*

* – размер ограничен только возможностями оборудования

2. Планово-экономические характеристики:

- темпы оснащения (рис. 6);
- годовая программа выпуска;
- планируемая продолжительность выпуска;
- трудоемкость.

С р а в н и т е л ь н а я д л и т е л ь н о с т ь
т е м п о в о с н а щ е н и я

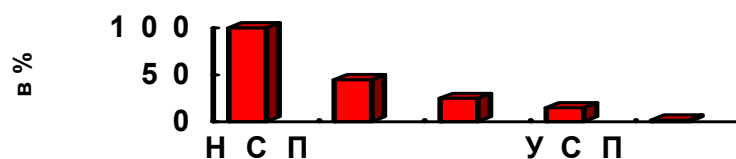


Рис. 6. Темпы оснащения для различных систем приспособлений

3. Организационно-технологические характеристики:

- вид оборудования (универсальное, специализированное, специальное);
- вид операции;
- организационная форма процесса.

В настоящее время цеха и участки могут иметь **предметную, технологическую** или **смешанную специализации** с соответст-

вующими организационными формами, оборудованием, его размещением и степенью специализации оснастки.

Рекомендуется:

- участок многономенклатурной обработки – универсальные приспособления;
- участок специализированной обработки – специализированные приспособления;
- участок специальной обработки – специальные приспособления.

В табл. 3 показана возможность использования различных систем по степени специализации.

Таблица 3

Возможность создания приспособлений различной специализации

Система приспособлений	Степень специализации приспособлений		
	универсальные	специализированные	специальные
УБП	да	–	–
УСП (УСПО)	да	да	да
СРП	да	да	да
УНП	да	–	–
СНП	–	да	–
НСП	–	–	да

1.4.2. Экономические расчеты при выборе системы приспособлений

Если по техническим характеристикам можно выбрать несколько систем приспособлений, то окончательный выбор проводят на основе экономического сравнения конкурирующих систем. Методика укрупненной экономической оценки приведена в [6]. Еще более укрупненно можно провести выбор по графику зон рентабельности (рис. 7).

Зона рентабельности определяется предполагаемым сроком эксплуатации приспособления $T_{ц}$ (в месяцах) и коэффициентом загрузки приспособления K_3 :

$$K_3 = \frac{N_{\text{оп}} t_{\text{шт-к}}}{F_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{оп}}$ – число повторных операций, соответствующее числу обрабатываемых заготовок одного типоразмера в течение месяца; $t_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляционное время выполнения операции, ч; $F_{\text{п}}$ – месячный фонд времени работы приспособления, ч.

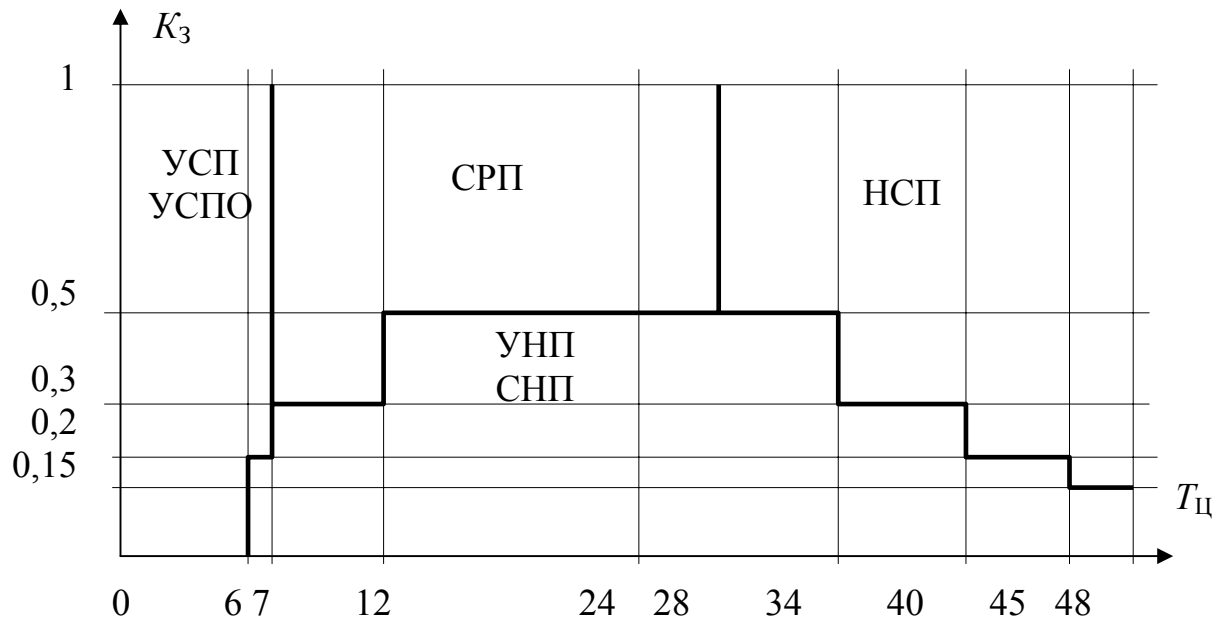


Рис. 7. График зон рентабельности систем приспособлений

2. УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНАЯ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМАЯ ОСНАСТКА

2.1. Предпосылки создания и особенности конструкции

УСПО появилась как результат анализа существующих переналаживаемых систем приспособлений. Вспомним основные *недостатки* предшествующих систем:

- малая жесткость, из-за наличия сетки длинных взаимно перпендикулярных (УСП) или продольных (СРП) Т-образных пазов;
- высокая трудоемкость обработки таких пазов;
- низкий коэффициент использования материала (0,46 для УСП);

- большое число стыков из-за отсутствия готовых СЕ;
- малый диаметр крепежного болта, что также влияет на жесткость;
- невысокая точность сборки из-за наличия зазора в основном соединении.

Принципиально существуют пазовые, т. е. для крепления используются различной формы пазы и шпонки, и гнездовые (соответственно отверстия и штифты) системы крепления элементов приспособления между собой. Можно привести примеры: пазовые – УСП, СРП, «Halder» (Германия); гнездовые – «Bluco technik» (Германия).

Рассмотрим подробнее систему приспособлений фирмы «Bluco technik». Базовые элементы (плиты и угольники) на рабочих поверхностях имеют ряды отверстий – установочных (d) и крепежных (D) (рис. 8), причем ряды расположены попеременно, а соседние ряды сдвинуты относительно друг друга на один шаг t . Конструкции всех элементов построены по модульному принципу. Модуль, ограничивающий площадь $L \times B$, является прямоугольником, у которого $L = 3B$, так как все отверстия (два фиксирующих и одно крепежное) расположены по оси модуля в один ряд. Каждый элемент, имеющий в основании один модуль, крепится одним крепежным винтом. Конструкции элементов больших размеров строят увеличением длины или ширины модуля. Система объединяет четыре типоразмера (серии) элементов.

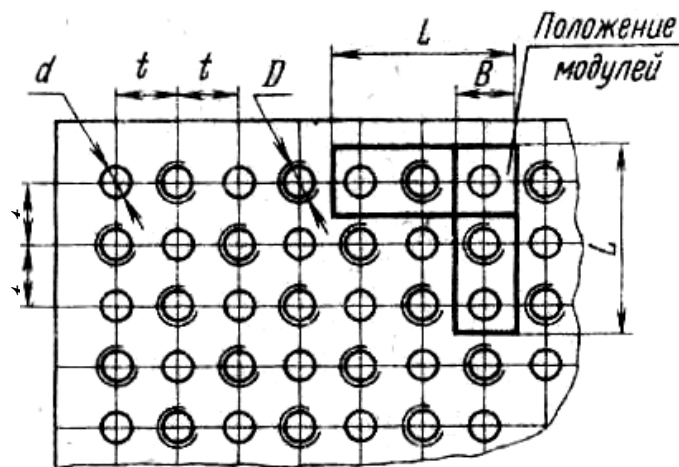


Рис. 8. Сетка отверстий гнездовой системы

Рассмотрим основные **требования** к системе приспособлений и их реализацию в УСПО.

1. **Жесткость, виброустойчивость, надежность** (т. е. способность сохранять заданные параметры во времени). Жесткость зависит от жесткости деталей и числа стыков. Повысить жесткость конструкции приспособления можно за счет метода фиксации элементов.

В УСП применяется соединение **паз-шпонка** по посадке $H7/h6$, т. е. для паза 12 мм зазор равен 0,031 мм.

В СРП, СНП применяют соединение **цилиндрический штифт – отверстие**. Посадка также $H7/h6$, т. е. большой зазор.

В СНП применяют соединение **конический штифт – коническое отверстие**. Соединение беззазорное, требует обработки в сборе по месту и поэтому неприемлемо при методе полной взаимозаменяемости.

В УСПО применен новый беззазорный способ фиксации (А.с. 584115, СССР). Каждый элемент приспособления крепится двумя коническими штифтами с разрезными втулками (рис. 9).

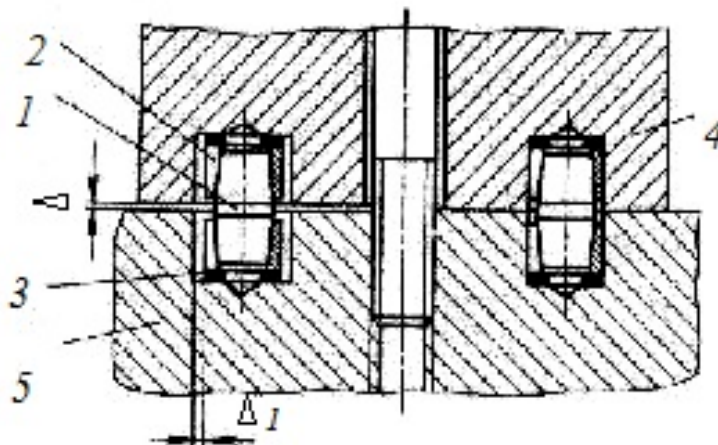


Рис. 9. Беззазорное соединение элементов комплекта УСПО

Под действием зажимного болта детали стягиваются до исчезновения зазоров Δ и Δ_1 . Соединяемые детали давят через шайбы 3 на разрезные втулки 2, которые, перемещаясь по двухстороннему коническому штифту, выбирают зазор и создают натяг.

Такой способ крепления и фиксации не только убрал люфты, но и позволил отказаться от П-образных и Т-образных пазов, увели-

чил жесткость детали и даже увеличил диаметр крепежного болта. На рис. 10 показаны в сравнении конструкции опор УСП и УСПО. Собственно жесткость детали увеличилась в 2 раза, крепежное отверстие увеличилось с $\varnothing 13$ мм (болт М12×1,5) до $\varnothing 22$ мм (М20×2,5), что позволяет усилить силу затяжки. При этом повышается стабильность соединения при многократной сборке-разборке в 3–5 раз (по сравнению со шпоночным соединением).

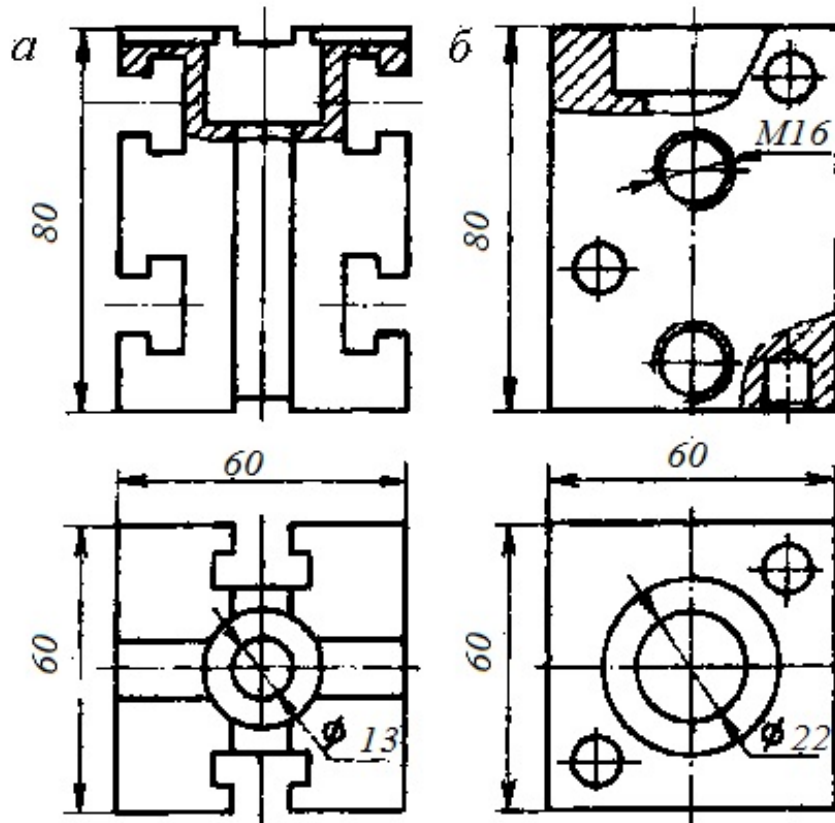


Рис. 10. Конструкции опор:
а – УСП; б – УСПО

2. *Оптимальные сроки эксплуатации комплекта.* Опыт УСП, реальные перспективы появления новых поколений оснастки позволили разработчикам УСПО принять ту же цифру – 10 лет, следовательно, в течение 10 лет детали комплекта УСПО должны обеспечивать заданную точность. Это определяется как конструкцией элементов, так и выбором материала и термообработкой для них.

3. **Уровень механизации.** Выбран гидропривод с давлением 20 МПа (в УСП – 10 МПа). Преимущества:

- малые габариты, которые облегчают общую массу приспособления, облегчают сборку, транспортировку и пр.;
- гидросистемы жестче пневмосистем, гасят вибрации, зажим плавный, безударный и бесшумный;
- нет колебаний давления при включении новых объектов;
- обеспечивается смазка цилиндров.

4. **Оптимальность комплектности**, т. е. какой набор деталей и узлов должен входить в комплект, их размеры. Здесь также был учтен опыт УСП и других систем и выделен ограниченный набор групп элементов: базовые, корпусные, направляющие, установочные, зажимные и пр. Также использован модульный принцип построения типоразмеров элементов.

По размерам принято три серии комплектов (табл. 4). Параметры принятого в УСПО модуля приведены на рис. 11. Преимущества:

- максимальная универсальность, т. к. дискретность по осям X и Y одинакова (учтен опыт применения УСП);
- равномерность распределения контактных деформаций по всей площади модуля, т. е. равномерность износа;
- одинаковость восприятия усилий и $M_{кр}$ в разных направлениях.

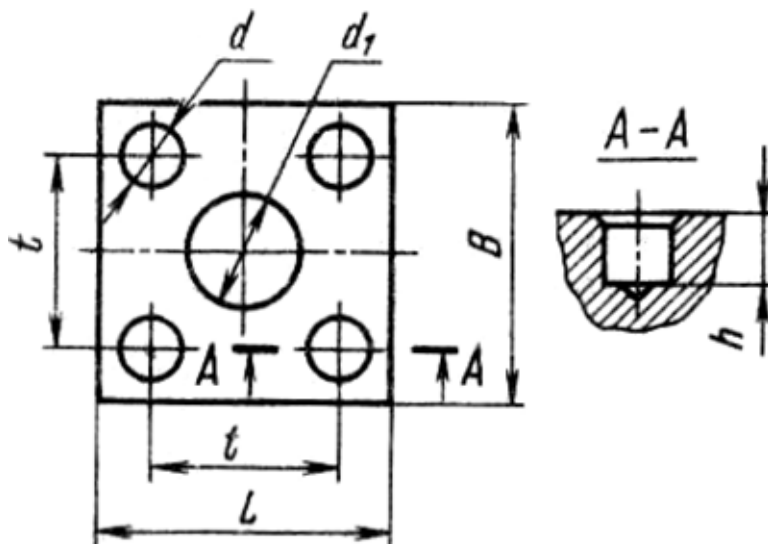


Рис. 11. Модуль $L - B$ построения конструкций элементов УСПО

Размеры модуля элементов УСПО

Серия	L	B	t	d	d_1	h
8 (2)	30	30	20	8	10	9
12 (3)	45	45	30	10	18	11
16 (4)	60	60	40	12	22	13

2.2. Конструкция основных элементов УСПО

По конструктивному исполнению в комплекте различают следующие элементы:

- детали;
- сборочные единицы – механизированные, немеханизированные.

По функциональному назначению выделяют группы [3, табл. 2.1]:

- **базовые** – основа компоновки приспособлений;
- **корпусные** – для обеспечения ориентации в пространстве установочных и зажимных элементов;
- **направляющие** – для ориентации элементов приспособления и инструмента относительно баз;
- **установочные** – для обеспечения выбранной схемы базирования заготовок;
- **зажимные** – для закрепления заготовок;
- **крепежные** – для обеспечения резьбовых соединений и соединения элементов компоновки между собой;
- **арматура средств механизации** – подвод масла к цилиндрам.

На всех рабочих поверхностях элементов нанесена сетка резьбовых и фиксирующих отверстий. Фиксирующие отверстия смещены относительно резьбовых отверстий на $t/2$. 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 \perp и \parallel всех сторон допускается в пределах 0,01 мм на длине 200 мм.

2.2.1. Базовые элементы

Группа включает плиты прямоугольные, квадратные и круглые, угольники. Основные характеристики приведены в [3, с. 69]. Конструкция и размеры плит разработаны с учетом работы в ГПМ и ГПС.

Плиты имеют центральное отверстие (разрез Б – Б на рис. 12) для координации плиты на столе станка или спутника. Для закрепления прямоугольных и квадратных плит можно использовать четыре специальных резьбовых отверстия по краям плит большего размера (разрез А – А, рис. 12). Используя эти отверстия, можно получать различные варианты соединения плит (рис. 13).

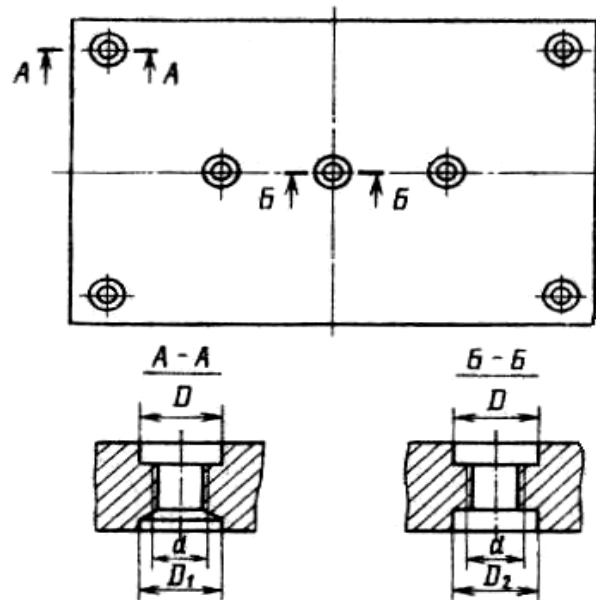


Рис. 12. Форма и расположение крепежных отверстий в базовых плитах

Круглые плиты используют для токарных приспособлений и планшайб в поворотных-делительных приспособлениях. Для центрирования на шпинделе станка в плитах есть концентрические выточки.

Угольники используют для создания достаточно развитых вертикальных поверхностей с сеткой фиксирующих и крепежных отверстий.

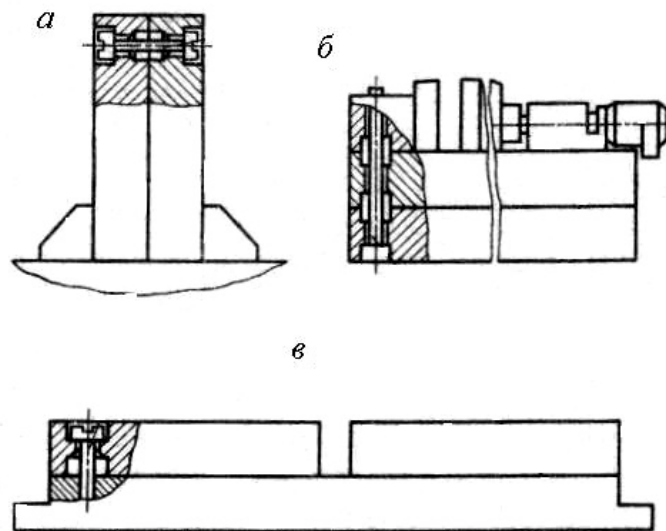


Рис. 13. Варианты соединения базовых плит:
a – развитая вертикальная рабочая поверхность; *б* – усиленная компоновка для больших сил резания; *в* – компоновка с большой рабочей поверхностью

2.2.2. Корпусные элементы

Группа включает в себя большое количество элементов (рис. 14 и [3]).

На всех поверхностях имеются фиксирующие и крепежные отверстия по обычной для УСПО схеме. Для собираемости с базовыми элементами размеры корпусных элементов строятся по схеме, приведенной на рис. 15, где показаны контуры одномодульной 1, двухмодульной 2, четырехмодульной 4 силовых опор и одномодульной призмы 3.

Высотный ряд корпусных элементов также построен по модульному принципу (табл. 5), схема которого ясна из рис. 16. Максимальная высота – 6 модулей.

Таблица 5

Размеры построения высотного ряда

Серия	C	d_1	t	H_{\max}
12	30	M12	30	180
16	40	M16	40	240

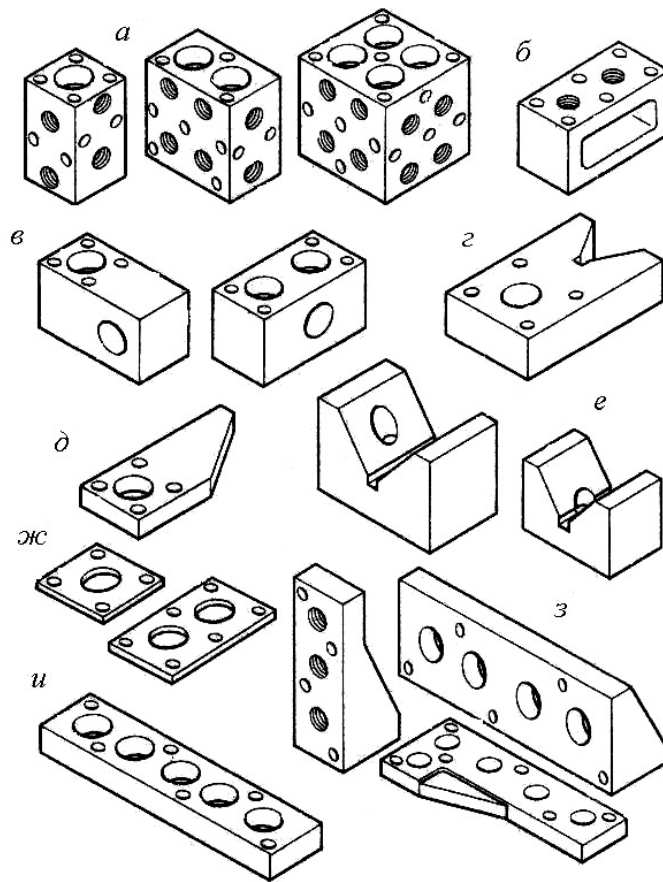


Рис. 14. Типовые корпусные элементы УСПО:
а – силовые опоры; *б* – облегченные опоры; *в* – установочные опоры; *г*, *д*, *е* – призмы; *ж* – прокладки; *з* – угольники; *и* – планки соединительные

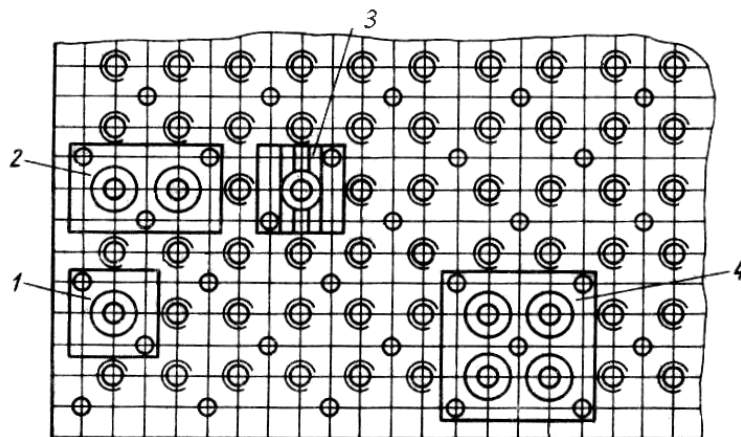


Рис. 15. Схема построения типоразмерного ряда корпусных элементов УСПО:

1 – одномодульная опора; *2* – двухмодульная призма;
3 – одномодульная призма; *4* – четырехмодульная опора

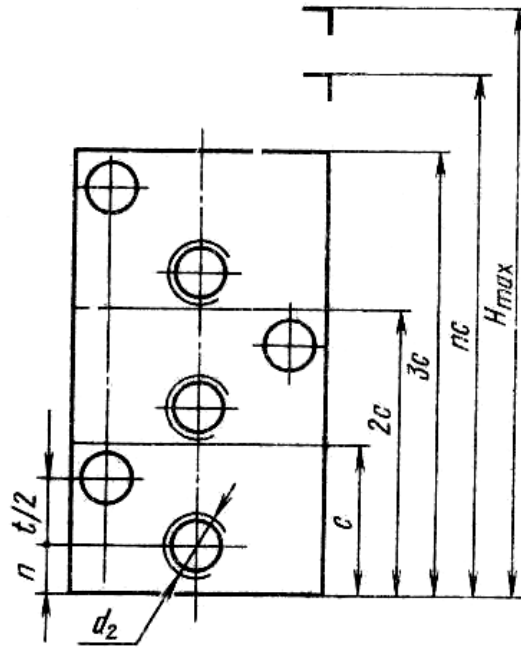


Рис. 16. Схема построения высотного ряда корпусных элементов

2.2.3. Направляющие элементы

Используют для обеспечения взаимного положения элементов приспособления. Группа включает кондукторные втулки, шпонки и пр. К этой же группе относится и разжимной штифт, с помощью которого все элементы комплекса УСПО, имеющие на своих поверхностях соответствующие фиксирующие отверстия, соединяются между собой с автоматическим выбором зазоров при воздействии сил, стягивающих сочленяемые блоки элементов. Обычно для каждой пары элементов используют по два таких штифта, расположенных в противоположных углах элементов по диагонали. В настоящее время разработаны другие способы беззазорной фиксации элементов с использованием упругих роликов и шариков (рис. 17). На корпусных элементах УСПО в этом случае вместо отверстий под штифты выполняется сетка взаимно перпендикулярных угловых канавок, а в обозначение добавляется буква – У (например, УСПО – 4У).

Направляющие элементы обеспечивают необходимую точность установки элементов, прочность и жесткость соединения элементов между собой и всего приспособления.

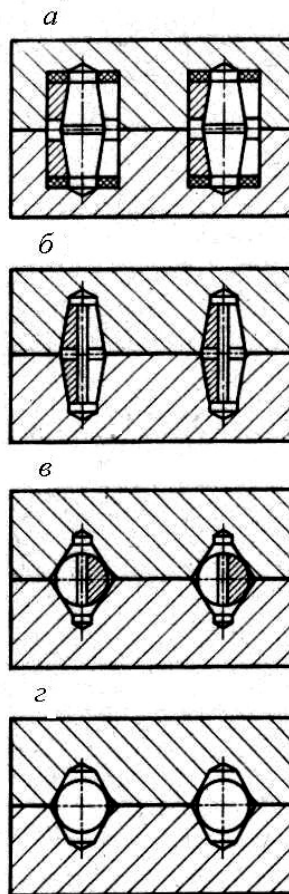


Рис. 17. Соединение элементов УСПО путем:
а – сборных штифтов; *б* – разрезных штифтов; *в* – разрезных шариков; *г* – целых шариков

2.2.4. Установочные элементы

Используют в качестве баз. Группа включает в себя колпачковые опоры, диски, пальцы, упоры, штыри и пр. (рис. 18).

Элементы просты, не требуют дополнительных пояснений, по конструкции аналогичны соответствующим элементам комплекта УСП. Исключение составляет оригинальный элемент – установочный диск (рис. 19). С одной торцевой стороны диск имеет два П-образных паза шириной 12 мм, которые в комплекте со специальной шпонкой позволяют перемещать диск по одной координате. Повернув диск на 90° и переустановив шпонку 2, можно перемещать диск по другой координате. На другой торцевой поверхности диск имеет отверстия под штифты 1, что позволяет зафиксировать диск.

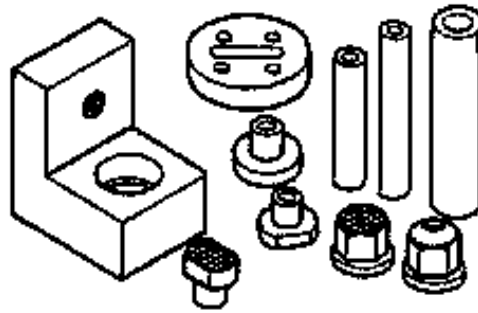


Рис. 18. Типовые установочные детали

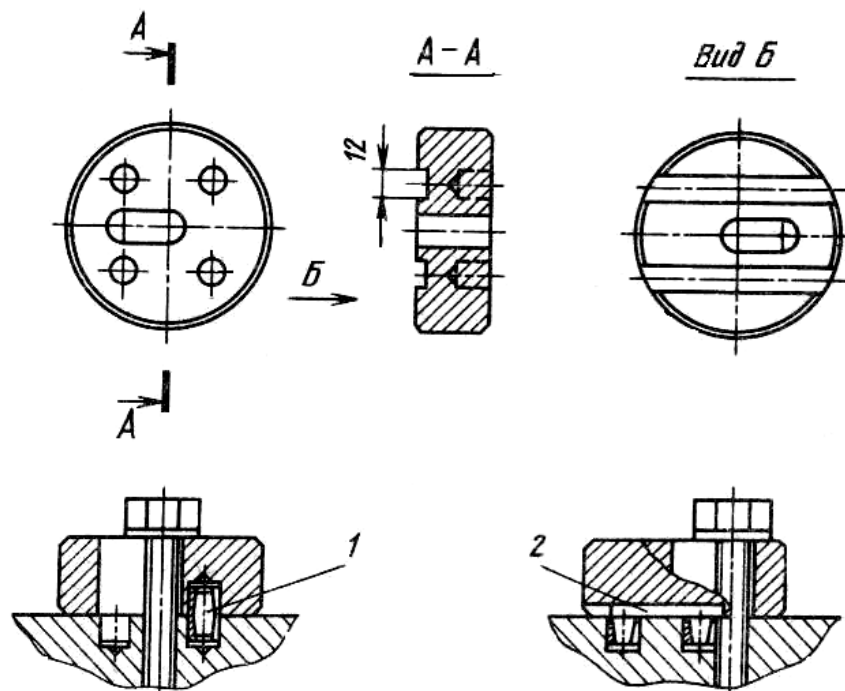


Рис. 19. Установочный диск УСПО:
 1 – разжимной штифт; 2 – специальная шпонка

При установке заготовок для их базирования по правилу шести точек используют колпачковые опоры. Опоры имеют резьбовой хвостовик, позволяющий крепить их к любым элементам, имеющим соответствующие отверстия. Колпачковые опоры изготавливают двух видов: сферические (для обеспечения условий базирования на литые заготовки) и с насечкой. Монтируют их с помощью шпилек, при этом между торцами опор и деталей, к которым их крепят, устанавливают наборы колец, с помощью которых регулируют высоту всего собираемого блока.

Для базирования заготовок с подготовленными базовыми поверхностями можно непосредственно использовать рабочие поверхности любых элементов комплекта (базовые, корпусные).

Следует отметить одну особенность базирования, связанную с использованием пальцев. Пальцы технически невозможно закрепить непосредственно в базовые и прочие элементы, рабочие поверхности которых подчиняются модульному принципу по рис. 15. Крепление пальцев осуществляется в этом случае обязательно с использованием кондукторных втулок и, соответственно, кондукторных планок. Пальцы по посадке устанавливаются в кондукторные втулки, втулки – в планки и уже кондукторные планки могут крепиться к базовым или корпусным элементам. Причем за счет возможного закрепления кондукторной планки в любом угловом положении и наличия на ней продольного паза можно установить установочный палец точно в требуемой точке пространства.

2.2.5. Зажимные элементы

В группу входят прихваты, прижимы, зажимы, качалки, шайбы быстросъемные и пр. (рис. 20). В качестве опоры для прихватов используют в основном крепежные шпильки различной длины, которые ввинчиваются в резьбовые отверстия прихватов. Под прихват помещают пружину для удержания его в верхнем положении. Двухсторонние прихваты могут закреплять одновременно две заготовки. Во всех прикатах имеется продольный овальный паз для возможности вывода приката из зоны крепления при смене заготовки.

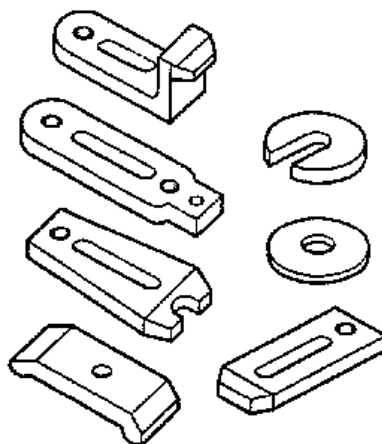


Рис. 20. Типовые зажимные детали

2.3. Конструкция гидрофицированных элементов УСПО

Гидрофицированные элементы используют и в комплектах СРП (рис. 21) и УСПМ (рис. 22). Как правило, гидроцилиндры в этих элементах встроенные.

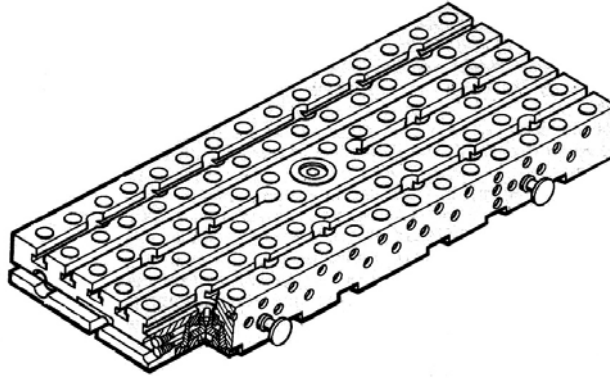


Рис. 21. Прямоугольные гидрофицированные плиты со встроенными гидроцилиндрами

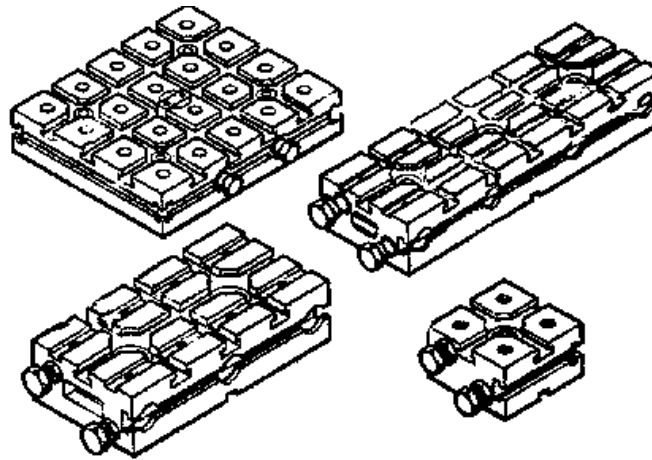


Рис. 22. Гидрофицированные плиты УСП-М

Анализ их конструкций позволяет выявить следующие недостатки:

- встроенные гидроцилиндры неподвижны относительно плиты, что уменьшает площадь зоны гарантированного закрепления. Один гидроцилиндр обеспечивает площадь зоны закрепления примерно 100 см^2 (зона представляет собой кольцо, ограниченное R_{\min} , R_{\max} – минимальным и максимальным удалением точек приложения

сил от оси гидроцилиндра). Все гидроцилиндры плиты обеспечивают 20–35 % рабочей площади плиты, при использовании удлиненных зажимных планок – до 50 %, т. е. есть своеобразные зоны недоступности приложения сил закрепления;

- одновременно используют от 2 до 6 гидроцилиндров, т. е. до 14 цилиндров может быть выключено;

- увеличить число гидроцилиндров в плите трудно (мало места) и дорого (один гидроцилиндр требует примерно 18 нормочасов);

- нельзя менять силу зажима одного гидроцилиндра отдельно из-за общей системы подвода масла.

В УСПО используют гидрофицированные базовые плиты и сменные бесшланговые гидроцилиндры (А.с. 1139608, 1100072, СССР).

Гидрофицированная плита (рис. 23) внутри имеет сеть взаимосвязанных гидроканалов 3. В местах пересечения каналов имеются выходные отверстия 4, для крепления гидроаппаратуры. Ненужные в данной компоновке отверстия закрываются заглушками 2. Подвод масла – через штуцер 1. Как видно из рис. 25, гидравлические отверстия расположены со стандартным шагом и заменяют часть резьбовых отверстий. Расположение отверстий под разжимные штифты 6 (рис. 24), резьбовых 7 под крепежный винт и гидравлических отверстий 3 необходимо обязательно учитывать при проектировании компоновок приспособлений. Все оси резьбовых и гидрофицированных отверстий имеют маркировку А, Б, В, ... и 1, 2, 3, ..., что позволяет записать положение каждого элемента и ускорить сборку конкретной компоновки.

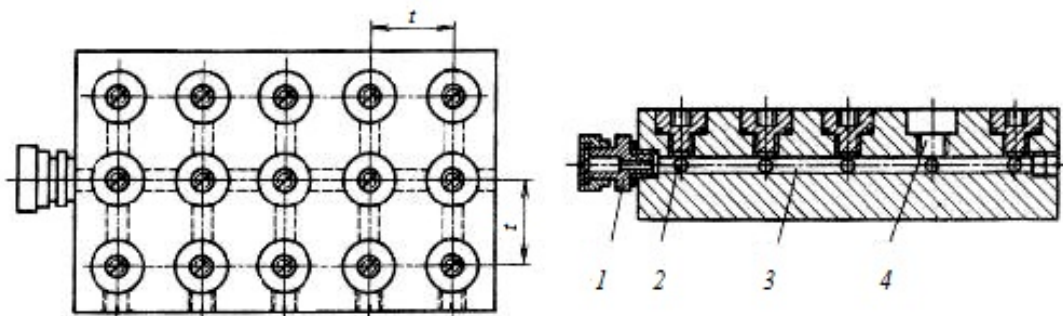


Рис. 23. Схема гидрофицированной базовой плиты:
1 – штуцер; 2 – заглушки; 3 – гидроканал; 4 – выходные отверстия

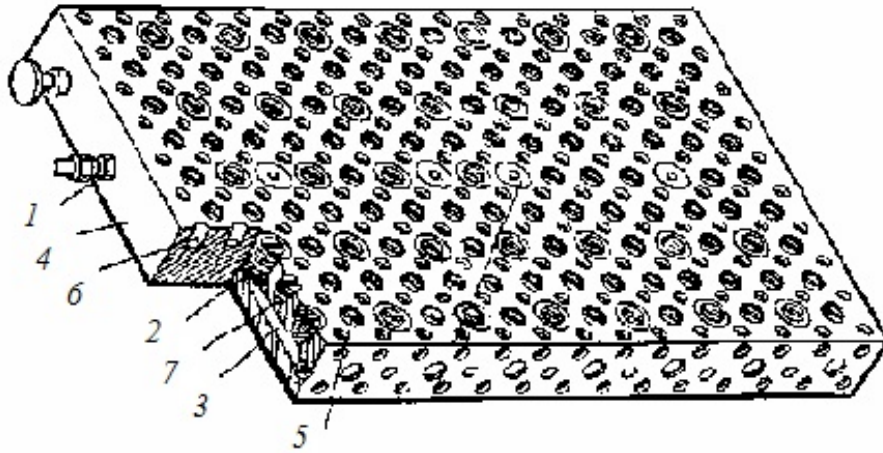


Рис. 24. Конструкция гидрофицированной базовой плиты УСПО:
 1 – штуцер; 2 – пробка, закрывающая гидравлическое отверстие;
 3 – гидроканал; 4 – плита; 5 – пробка, закрывающая резьбовое отверстие; 6 – фиксирующие отверстия; 7 – резьбовые отверстия

Закрепление заготовок осуществляется с помощью **быстросменных бесшланговых гидроцилиндров**:

- вертикальной компоновки (рис. 25);
- горизонтальной компоновки (рис. 26);
- переходников для установки гидроцилиндров на необходимую высоту.

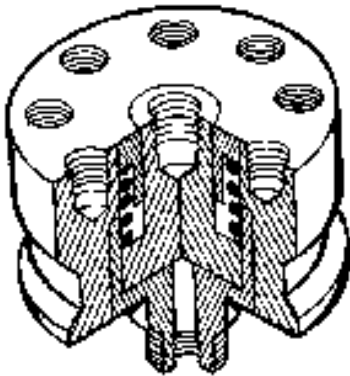


Рис. 25. Конструкция вертикального гидроцилиндра

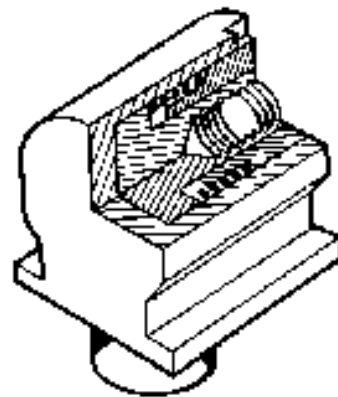


Рис. 26. Конструкция горизонтального гидроцилиндра

Вертикальные гидроцилиндры бывают тянущего и толкающего типов. Все цилиндры одностороннего действия, возврат поршня осуществляется тарельчатыми пружинами. В штоках поршней есть

резьбовое отверстие для крепления шпилек и пр. Сами цилиндры крепятся через уплотнение с помощью цилиндрического выступа на нижнем торце, который для возможности регулирования положения гидроцилиндра на плите может быть сделан с эксцентриситетом или без. Технические характеристики гидроцилиндров приведены в [3]. На штоковой торцовой поверхности гидроцилиндров имеются резьбовые отверстия, расположенные по кругу. Они используются для крепления шпилек прихватов. Закрепление гидроцилиндров осуществляется двумя методами:

- ввинчиванием гидроцилиндра в гидравлическое отверстие (вертикальные без эксцентриситета);
- прижимом винтами за специальные полочки (вертикальные с эксцентриситетом и горизонтальные).

Также к гидравлическим элементам относятся **гидроаккумуляторы** и **регулирующие планки**. Гидроаккумуляторы устанавливаются на любое свободное место на плите и служат для выравнивания давления при подключении дополнительных приспособлений. При наличии рабочего давления в гидроаккумуляторе выдвигается стержень, что может использоваться для визуального контроля. Регулирующая планка используется для установки гидроцилиндров в требуемом положении относительно плиты.

Преимущества конструкции УСПО:

- значительно более высокие возможности точной установки гидроцилиндров на плите;
- толщина плиты снизилась до 45 мм (в УСП из-за встроенного гидроцилиндра – 90 мм), что позволяет использовать для ее изготовления листовую прокат, а не штамповку;
- значительно меньшая трудоемкость изготовления гидрофицированной плиты;
- надежность бесшланговых компоновок значительно выше, чем при использовании шлангов высокого давления;
- имеется возможность регулировки сил зажима (использованием гидроцилиндров разных номеров, перестановкой шпильки в другое резьбовое отверстие, изменением давления в системе).

На рис. 27 и 28 показаны примеры типовых бесшланговых механизированных компоновок приспособлений из комплекта УСПО.

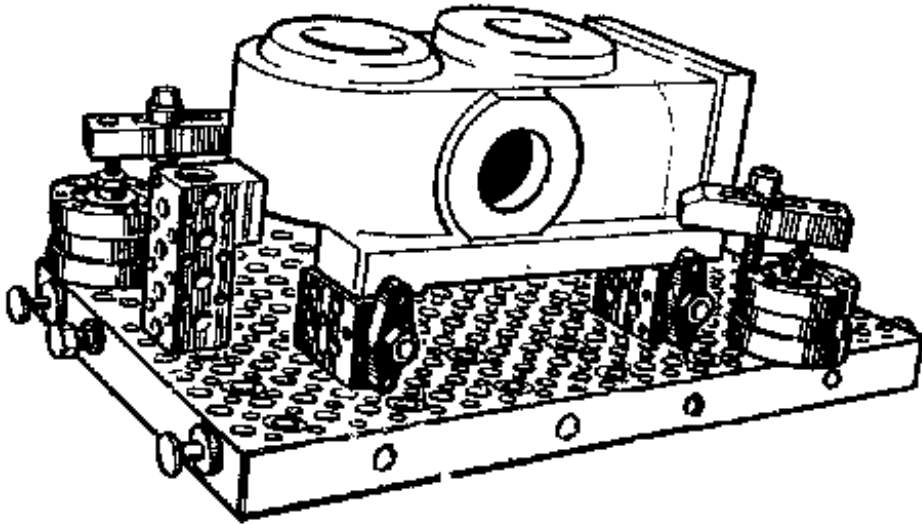


Рис. 27. Компоновка УСПО с вертикальными гидроцилиндрами

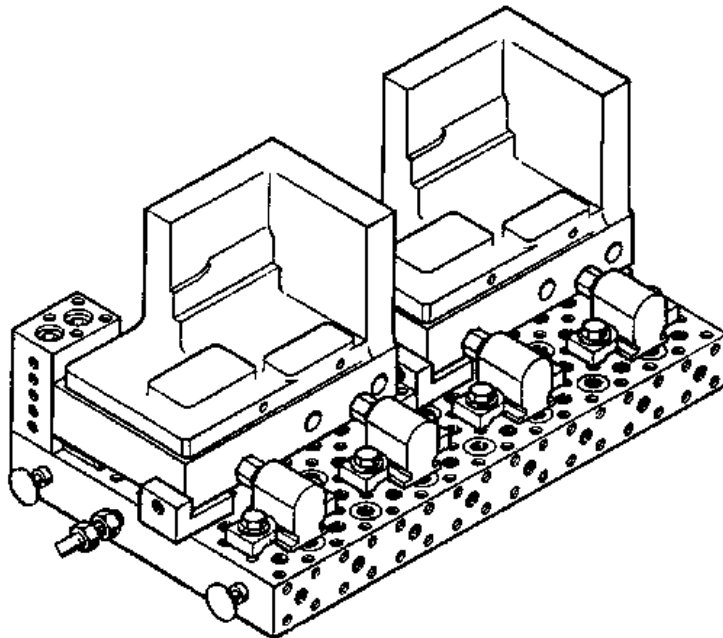


Рис. 28. Компоновка с горизонтальными гидроцилиндрами

2.4. Приспособления для обработки деталей с трех-четырех сторон

Анализ заготовок призматических форм (корпусных) показал, что они требуют обработки:

- с одной стороны 18–20 %;
- с двух-четырех сторон 30–35 %, т. е. необходим поворот во-
круг оси;

- с пяти-шести сторон 45–52 %, т. е. необходим поворот вокруг двух осей.

Наиболее распространенная компоновка ОЦ – с горизонтальным шпинделем. Желательно обрабатывать за **минимум установов**, значит, приспособление должно обеспечивать **максимальную доступность для режущего инструмента**.

Если рассматривать призматическую заготовку как куб с шестью гранями, то в первом приспособлении необходимо обеспечить инструментальную доступность к **двум поверхностям**, а во втором – к **четырем поверхностям**. Можно использовать также схему **3 + 3**.

Комплект УСПО располагает всеми необходимыми элементами для создания таких компоновок. Для ГПМ и ГПС разработаны наборы УСПО двух серий: **12** и **16**. Они отличаются практически [3] только размерами базовых плит (несколько больше). Серия 12 для ОЦ с мощностью привода до 7,5 кВт, серия 16 для ОЦ с мощностью привода 7,5–22 кВт.

Для ОЦ с горизонтальной осью шпинделя следует учитывать образующуюся *зону инструментальной недоступности*, размеры которой зависят от диаметра шпинделя. То есть надо поднимать заготовки над базовым элементом, если подлежат обработке нижние поверхности детали. Например, для ИР500МФ4 эта зона недоступности равна 120 мм.

Рассмотрим некоторые *типовые компоновки приспособлений для обработки с 3–5 сторон*, которые можно использовать как основу при проектировании конкретного приспособления:

А. С откидным упором. На рис. 29 приведена схема приспособления для обработки призматической детали за два установа по схеме **3 + 3**. Использование **откидного упора 4** позволяет освободить дополнительно поверхность для обработки. Тогда на первом установе для базирования и закрепления можно использовать поверхности V, IV, II (откидной упор), а обработать поверхности I, III, II. На втором установе для базирования и закрепления используют поверхности III, I, V (откидной упор), обрабатывают IV, V, VI.

Для обоих установов можно использовать принципиально общую компоновку, только переставив опоры 1, 2 и добавив квадратную опору 3.

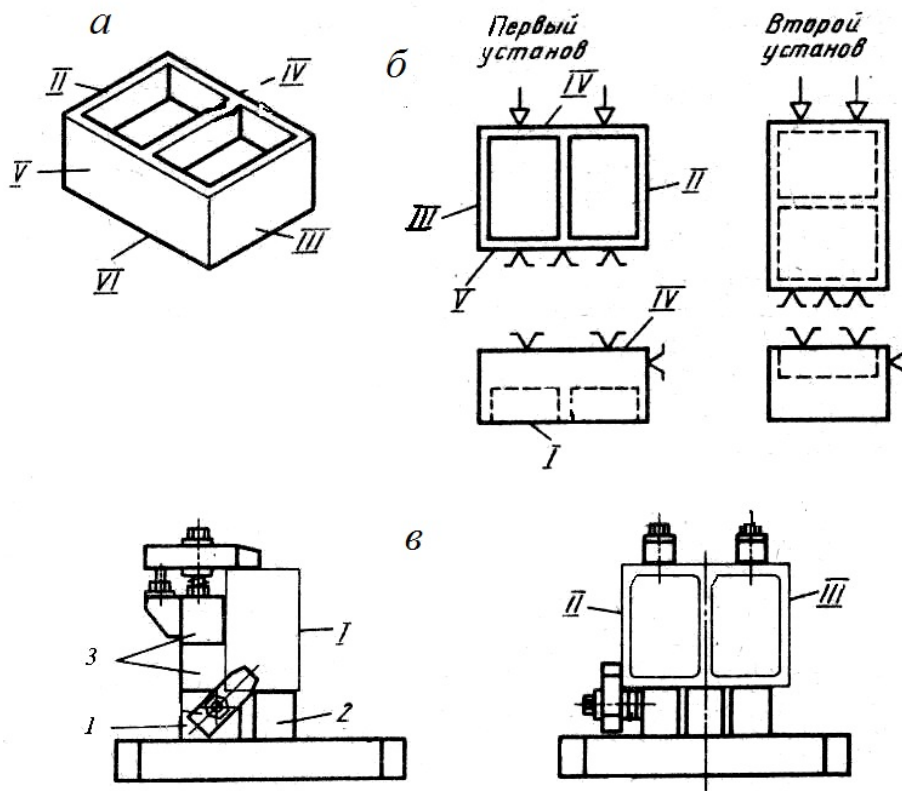


Рис. 29. Базирование заготовок с использованием откидного упора и компоновка приспособления:

а – обрабатываемая деталь; *б* – схемы базирования;
в – компоновки приспособлений: 1, 2 – силовые опоры;
 3 – квадратная опора

Б. Портального типа. На рис. 30 показана компоновка приспособления портального типа. На опорах 7 поднята траверса 5 с прижимом 3. Схема базирования – в «координатный угол», могут при необходимости также использоваться откидные упоры. За счет достаточного разнесения опор 7 обеспечивают инструментальный доступ ко всем четырем боковым сторонам и их обработку за один установ при наличии поворотного стола.

В. С ложными платиками. При наличии на основании детали резьбовых отверстий их можно использовать для базирования (иногда допустимо специально создать такие отверстия). На рис. 31 показана схема приспособления с «ложными» платиками. Пластики 3 крепятся к заготовке 1 с помощью болтов 6. Для отрыва заготовки от пластика используют промежуточные втулки 2. Сами пластики имеют сеть точных отверстий. Спутник 4 имеет также сеть точных

отверстий с цилиндрической и резьбовой частью. Винтами 5 пластики с заготовкой крепятся к спутнику. Здесь необходим силовой расчет, т. к. крепление винтами не обеспечивает большую силу зажима.

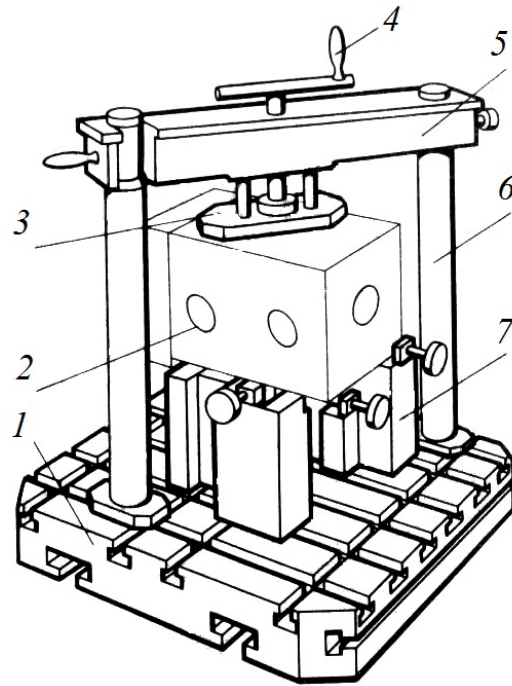


Рис. 30. Компоновка приспособления портального типа:
1 – плита; 2 – заготовка; 3 – прижим; 4 – маховик; 5 – траверса;
6 – колонна; 7 – опора

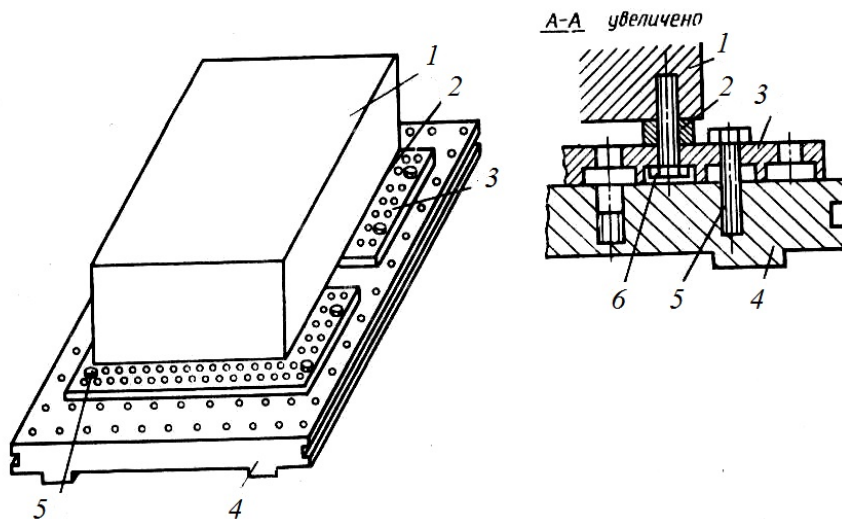


Рис. 31. Схема закрепления заготовки с ложными пластиками:
1 – заготовка; 2 – втулка; 3 – пластики; 4 – плита; 5, 6 – болты;
7 – штырь ступенчатый

Г. С поворотными управляемыми захватами. На рис. 32 показана схема использования управляемых поворотных захватов для полной обработки заготовки 5 по контуру фрезой 2. При подходе концевой фрезы к очередному захвату от УЧПУ станка подается сигнал на электромагнит управляющего золотника 1. Захват 3 отключается и поворачивается, пропуская фрезу. Остальные захваты в то время в зажатом состоянии. Таким образом, постоянно отключено не более одного захвата.

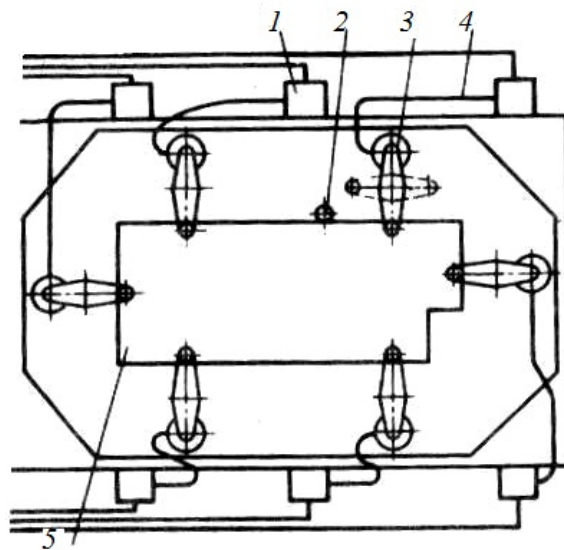


Рис. 32. Схема закрепления заготовки с поворотными управляемыми захватами:

1 – золотник; 2 – фреза; 3 – поворотный захват; 4 – трубопровод;
5 – заготовка

Д. На рис. 33 показан комплект приспособлений для обработки корпуса за два установа по схеме 2 + 4. В первом приспособлении (рис. 33, а) заготовка базируется в «координатный угол» на колпачковые опоры. Обрабатываемые поверхности (I, II, III, IV, V) выделены толстой линией. Во втором приспособлении используется схема базирования на плоскость и два пальца (рис. 33, б). Зажим осуществляется гидроцилиндром, с использованием имеющегося в заготовке сквозного отверстия. Здесь можно обработать все боковые поверхности за один установ.

Для повышения надежности всех элементов желательно использовать **бесшланговые компоновки**.

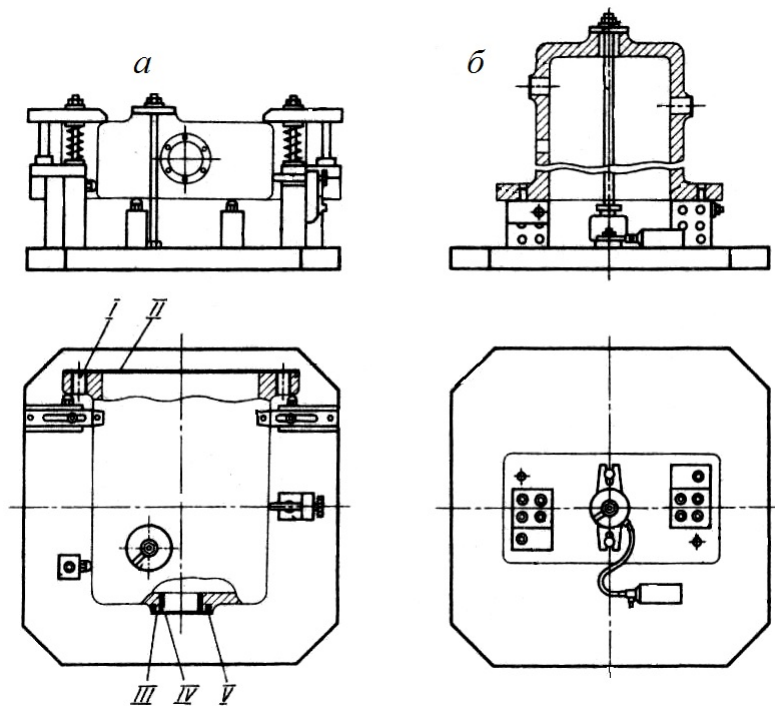


Рис. 33. Компоновка приспособлений для обработки корпуса за два установка:

a – первый установ; *б* – второй установ

Недостатки шланговых компоновок:

- при малых плитах (менее 500×500 мм) и больших заготовках размещение нескольких шлангов высокого давления затруднительно;
- плохие условия уборки стружки;
- ниже надежность;
- снижается инструментальная доступность и ухудшаются условия снятия и установки заготовки.

Примеры бесшланговых компоновок УСПО мы рассматривали ранее (см. рис. 27, 28).

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

3.1. Сравнительная методика проектирования

В литературе [7, 8] приведены соответственно методики и примеры проектирования специальных приспособлений и проектирования компоновки приспособления УСПО. В этом разделе мы

рассмотрим сравнение этих методик, показав общие моменты и выделив отличия. Сравнительная методика может быть представлена в виде блок-схемы (рис. 34).

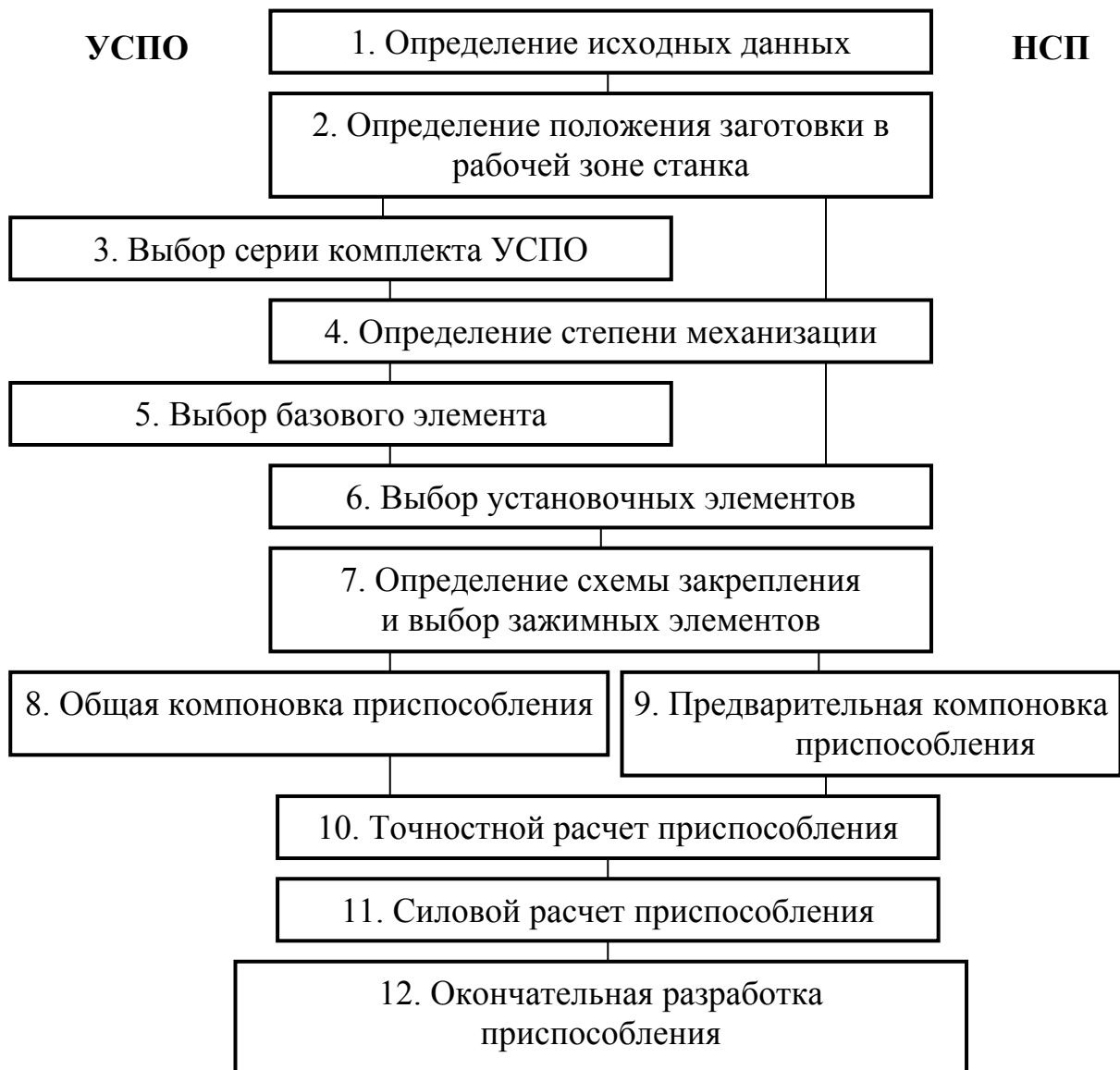


Рис. 34. Сравнительная блок-схема проектирования приспособлений

3.1.1. 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.

3.1.2. Определение положения заготовки в рабочей зоне станка

Положение обрабатываемых поверхностей заготовки определяют относительно исполнительных поверхностей станка (стола, шпинделя и пр.). 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.

3.1.3. Выбор серии комплекта УСПО

Определяют по габаритам и массе заготовки. Ориентировочно принимают серию 12, если габариты детали не превышают 300 мм, если хоть один габарит больше – серию 16.

3.1.4. Определение степени механизации и автоматизации приспособления

Зависит от типа производства с учетом типа оборудования. В крупносерийном и массовом типах производства степень 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 использование гидрофицированных базовых плит и механизированных СЕ (бесшланговых гидроцилиндров, универсальных прижимов и пр.).

Для **НСП** используют всю гамму средств автоматизации: пневмопривод, гидропривод, электропривод, магнитный привод и пр. [7].

3.1.5. Выбор базового элемента

Выбор базового элемента (гидрофицированной прямоугольной или квадратной плиты) проводят в зависимости от типа станка и габаритов детали по [3]. Для приспособлений, устанавливаемых на прямоугольных столах, используют прямоугольные и квадратные плиты, угольники.

Для станков с поворотными столами при обработке деталей с нескольких сторон, а также для станков с круглыми столами, токарных станков используют 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.

3.1.6. 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 (табл. 6).

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 кН (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.

Таблица 6

Возможности использования элементов для создания баз

УСПО	НСП
Двойная направляющая база (4 степени свободы)	
Призмы Центры [8, с. 327, табл. 36]	Призмы Центры Оправки Цанги Токарные патроны и пр.
Установочная база (3 степени свободы)	
Базовые элементы Корпусные элементы Колпачковые опоры	Опоры [7, с. 327] Опорные пластины [7, с. 331]
Направляющая и опорная базы (2 и 1 степени свободы)	
Колпачковые опоры Корпусные элементы Пальцы [8, с. 326, табл. 35] Кондукторные планки [8, с. 324] Кондукторные втулки [7, с. 359]	Опоры [7, с. 327] Опорные пластины [7, с. 331] Пальцы [8, с. 326, табл. 35]

При сложных схемах базирования могут понадобиться некоторые дополнительные приемы:

- использование **откидного упора** – для обеспечения возможности обрабатывать на данной операции и базовой поверхности;
- использование **подводимых опор** – для повышения жесткости приспособления (примеры конструкций представлены в [7, с. 336]).

3.1.7. 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, т. е. 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. В механизированных приспособлениях используют бесшланговые гидроцилиндры в сочетании с элементами зажимной группы. Выбор гидроцилиндров осуществляют по их техническим характеристикам. В силовом расчете проверяют правильность выбора гидроцилиндров.

Размеры и конструкции зажимных устройств для НСП находят по соответствующему справочнику [7] или стандартам, либо они могут иметь специальную конструкцию. Тип привода определяют с учетом следующих факторов:

- 1) предполагаемые величины сил зажима. Так, если предполагается значительная величина силы зажима, лучше использовать гидравлический или электромеханический привод;
- 2) габариты рабочего пространства станка;
- 3) местные условия применения приспособления – наличием у станка гидростанции и пр.

3.1.8. Компоновка приспособления

Компоновка приспособлений относится к заключительным этапам проектирования. Проект компоновки является основой для дальнейших силовых и точностных расчетов приспособления. Мо-

жет потребоваться изменение первоначальной компоновки. При компоновке выдерживают следующие принципы:

- технологические и измерительные базы приспособления должны быть совмещены;
- прижимные элементы должны обеспечивать надежный прижим базовых поверхностей заготовки к установочным элементам УСПО;
- минимальное число мест зажима;
- удобство съема заготовки;
- выбор базовой детали надо согласовывать с размерами заготовки, 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. 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.

Для **НСП** в компоновку добавляют элементы для направления режущего инструмента и вспомогательные элементы (например, делительные). Затем определяют контуры корпуса приспособления, который объединяет все вышеперечисленные элементы. Желательно, чтобы эти элементы находились внутри корпуса. При разработке корпуса широко используют унифицированные элементы (фланцы, присоединительные размеры и пр.).

3.1.9. Точностной расчет приспособления

Различны цели расчета:

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

3.1.10. Силовой расчет приспособления

Также различны цели расчета:

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

3.1.11. 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 этого этапа для **НСП** является сборочный чертеж.

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.

3.2. Силовой расчет приспособлений

Цель расчета (УСПО) – проверка возможности обеспечения необходимых сил закрепления заготовки с помощью выбранных средств механизации.

Завышение сил закрепления приводит к деформации заготовки, неоправданному увеличению массы и стоимости приспособления. Занижение сил закрепления может привести к аварийной ситуации.

Исходные данные для расчета:

- схема закрепления заготовки;
- параметры режимов резания;
- сведения о коэффициентах трения и запаса.

Требования к схеме закрепления см. в п. 3.1.7.

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.

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

$$\sum F_{xi} = 0; \quad \sum F_{yi} = 0; \quad \sum F_{zi} = 0; \quad \sum M_{kpi} = 0. \quad (2)$$

В справочнике технолога [6, с. 80–84] приводят типовые расчетные схемы и формулы для определения силы зажима.

Для выражения сил трения в формулах используют **коэффициенты трения f** [6, табл. 10, с. 85]: $f = 0,16$ – обработанные поверхности заготовки; $f = 0,2–0,25$ – необработанные поверхности заготовки; $f = 0,7$ – рифленые опоры.

4. В составленные уравнения вводится **коэффициент запаса K** .

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

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (3)$$

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 $K_2 = 1,1–1,7$ [6, табл. 9, с. 85]; $K_3 = 1,0–1,2$ – учитывает наличие прерывистого резания или торцовое фрезерование; $K_4 = 1,0–1,3$ – учи-

тывает возможное непостоянство сил зажима, $K_4 = 1,3$ для ручных зажимов, гидро- и пневмоцилиндров одностороннего действия; $K_5 = 1,0-1,2$ – в ручных зажимах учитывает удобство расположения рукоятки (неудобной считается, если угол поворота больше 90° или просто в неудобном месте); $K_6 = 1,0-1,5$ – учитывает возможность поворота заготовки на опорах под действием крутящих моментов.

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

5. Из решения уравнений статики определяют силу зажима $P_{\text{заж}}$, 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. 35. Смотрите также [6, табл. 15, 16, с. 89].

$$Q = P_{\text{заж}} \frac{L_2}{L_1 \eta}; \eta = 0,85-0,95.$$

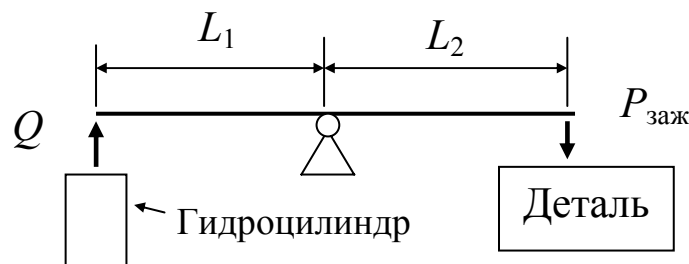


Рис. 35. Расчетная схема

6. Для УСПО проверяют пригодность выбранных гидроцилиндров. Условие:

$$Q_i < [Q_i], \quad (4)$$

где Q_i – расчетное усилие на штоке i -го гидроцилиндра; $[Q_i]$ – сила на штоке i -го гидроцилиндра.

При необходимости надо изменить расчетное усилие с помощью мероприятий, рассмотренных в п. 2.3, либо поменять схему закрепления заготовки.

Для НСП используют в качестве привода разнообразные элементарные зажимные механизмы: винтовой зажим, эксцентриковый зажим, пневмоцилиндры, гидроцилиндры и пр. Их расчет приведен в [6, с. 86–92].

3.3. Точностной расчет приспособлений

3.3.1. Исходные данные

Исходными данными при точностном расчете являются:

- допуск на размер детали, получаемый на данной операции;
- схема установки заготовки в приспособлении;
- схема установки приспособления на станке;
- сведения о размерах, конструкции, материале установочных элементов приспособления;
- схема закрепления заготовки в приспособлении.

3.3.2. Расчет погрешности изготовления приспособления

Для того чтобы получить годную деталь, необходимо соблюдать условие:

$$\omega < \delta, \quad (5)$$

где ω – суммарная погрешность обработки; δ – допуск на получаемый размер (из операционного чертежа).

Суммарную погрешность обработки можно считать по разным методикам. Необходимое условие – удобство расчета всех составляющих. С этой точки зрения наиболее удобна модель суммарной погрешности для массового производства:

$$\omega = \Delta_{\text{И}} + \sqrt{\Delta_{\text{СЛ}}^2 + \Delta_{\text{Н}}^2 + \xi_{\text{У}}^2}. \quad (6)$$

Для серийного производства:

$$\omega = \Delta_{\text{И}} + \Delta_{\text{Н}} + \sqrt{\Delta_{\text{СЛ}}^2 + \xi_{\text{У}}^2}, \quad (7)$$

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

Далее будем рассматривать расчет для серийного производства. Приравниваем суммарную погрешность к допуску на проверяемый размер. Тогда погрешность установки заготовки можно определить:

$$\xi_{\text{у}} = \sqrt{(\delta - \Delta_{\text{и}} - \Delta_{\text{н}})^2 - \Delta_{\text{сл}}^2}. \quad (8)$$

В свою очередь, погрешность установки включает в себя еще ряд составляющих погрешностей:

$$\xi_{\text{у}} = \sqrt{\xi_{\text{б}}^2 + \xi_{\text{з}}^2 + \xi_{\text{пр}}^2}, \quad (9)$$

где $\xi_{\text{б}}$ – погрешность базирования заготовки в приспособлении; $\xi_{\text{з}}$ – погрешность закрепления заготовки в приспособлении; $\xi_{\text{пр}}$ – погрешность приспособления.

Отсюда мы можем определить погрешность приспособления:

$$\xi_{\text{пр}} = \sqrt{\xi_{\text{у}}^2 - \xi_{\text{б}}^2 - \xi_{\text{з}}^2}. \quad (10)$$

И, наконец, погрешность приспособления можно представить:

$$\xi_{\text{пр}} = \sqrt{\xi_{\text{с}}^2 + \xi_{\text{и}}^2 + \xi_{\text{изг}}^2}, \quad (11)$$

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

Тогда

$$\xi_{\text{изг}} = \sqrt{\xi_{\text{пр}}^2 - \xi_{\text{с}}^2 - \xi_{\text{и}}^2}. \quad (12)$$

3.3.3. Построение и расчет размерной цепи

Для УСПО требуется проверить, выдерживается ли при сборке компоновки требуемая точность приспособления ($\sum TA_i < \xi_{\text{изг}}$), а для НСП определить допуски на детали приспособления (TA_i).

Для решения этих задач 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 приспособление базируется на столе станка, иначе говоря, от точки контакта заготовки с приспособлением до точки контакта приспособления со столом станка в направлении получаемого размера*.

Допуск на размер замыкающего звена A_{Δ} приравниваем к погрешности изготовления, т. е.

$$TA_{\Delta} = \xi_{\text{изг}}. \quad (13)$$

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:

$$TA_{\Delta} = \sum TA_i. \quad (14)$$

Для НСП назначают допуски на составляющие звенья из условия:

$$\xi_{\text{изг}} \geq TA_{\Delta} = \sum TA_i. \quad (15)$$

В том случае, если величина $\xi_{\text{изг}}$ получается очень маленькой или даже отрицательной, необходимо изменить схему установки заготовки в приспособлении или искать пути уменьшения элементарных погрешностей.

3.3.4. Рекомендации по расчету элементарных погрешностей

Погрешность статической настройки Δ_n . Зависит от метода настройки инструмента: по эталону, по щупу, по лимбу и пр. Следует пользоваться справочными таблицами, например, [5, табл. 24, с. 70; 1, табл. 3.14, с. 130].

Для мерного инструмента можно рассчитать:

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{ин}^2 + \Delta_{уи}^2}, \quad (16)$$

где $\Delta_{ин}$ – погрешность изготовления инструмента, допуска на сверла, зенкеры и пр. [7, табл. 37, с. 563]; $\Delta_{уи}$ – погрешность установки инструмента, например, при сверлении с кондукторной втулкой:

$$\Delta_{уи} = S_{max} / 2, \quad (17)$$

где S_{max} – зазор между сверлом и кондукторной втулкой [7, табл. 38, с. 564].

Между кондукторной втулкой и деталью необходим зазор m (d – диаметр сверления): $m = (0,3–0,5) d$ – для чугуна, $m = d$ – для стали, $m \leq 0,3 d$ – при зенкерованиях.

Случайная погрешность $\Delta_{сл}$. Значения для разных методов обработки приведены в [1, с. 126–128].

Погрешность износа инструмента $\Delta_{и}$. Можно рассчитать по формулам, например:

$$\Delta_{и} = \frac{U_o l}{1000}, \quad (18)$$

где U_o – относительный износ, например, для сверла, $U_o = 0,005–0,008$ мм/км. Значения U_o даны в [5, табл. 28, с. 74]; l – путь резания, например, для точения и сверления:

$$l = \frac{\pi DL}{1000 S_{пр}}, \quad (19)$$

где D – обрабатываемый диаметр, мм; L – длина обработки, мм; $S_{пр}$ – продольная подача, мм/об.

Обычно ввиду малости Δ_n можно пренебречь.

Погрешность базирования ξ_b . Возникает при несовпадении измерительной и технологической баз и равна допуску на размер, соединяющий эти базы. Для типовых схем базирования следует пользоваться справочными таблицами [5, табл. 18, с. 45–48]. Реально можно принимать $\xi_b = (0,8–0,85) \xi_{б\text{ табл.}}$

Погрешность закрепления ξ_z . Можно рассчитывать по формулам, но значительно быстрее по справочным таблицам [1, табл. 3.24, с. 145].

Погрешность установки на станок ξ_c . С достаточной для расчетов точностью можно принять $\xi_c = 0,01–0,02$ мм. Точнее расчет по формулам в зависимости от способа крепления приспособления на станке.

Погрешность из-за износа установочных элементов приспособления ξ_n . Обычно в расчетах принимают $\xi_n = 0,01$ мм.

Рекомендации по выбору посадок:

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

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

4.1. Вспомогательный инструмент для станков токарной группы

Вспомогательный инструмент предназначен для крепления режущего инструмента.

Основные требования к вспомогательному инструменту:

- предварительная (вне станка) настройка на размер;
- быстросменность;
- точность и жесткость;
- унификация присоединительных размеров, универсальность;
- возможность автоматической смены инструмента.

С учетом этих требований в отечественном машиностроении для токарных станков с ЧПУ применяют две системы вспомогательного инструмента:

- с *базирующей призмой*;
- с *цилиндрическим хвостовиком*.

Все они предназначены для крепления в револьверной головке.

4.1.1. Вспомогательный инструмент с базирующей призмой

Оснастка широко распространена для станков с ЧПУ типов 1А713МФ3, 1725МФ3.

Схема компоновки представлена на рис. 36. Используют инструментальные блоки трех основных конструкций: с поперечным расположением паза для резца; с продольным расположением паза для резца; с цилиндрическим отверстием, ось которого параллельна оси шпинделя, для сверл и расточных резцов.

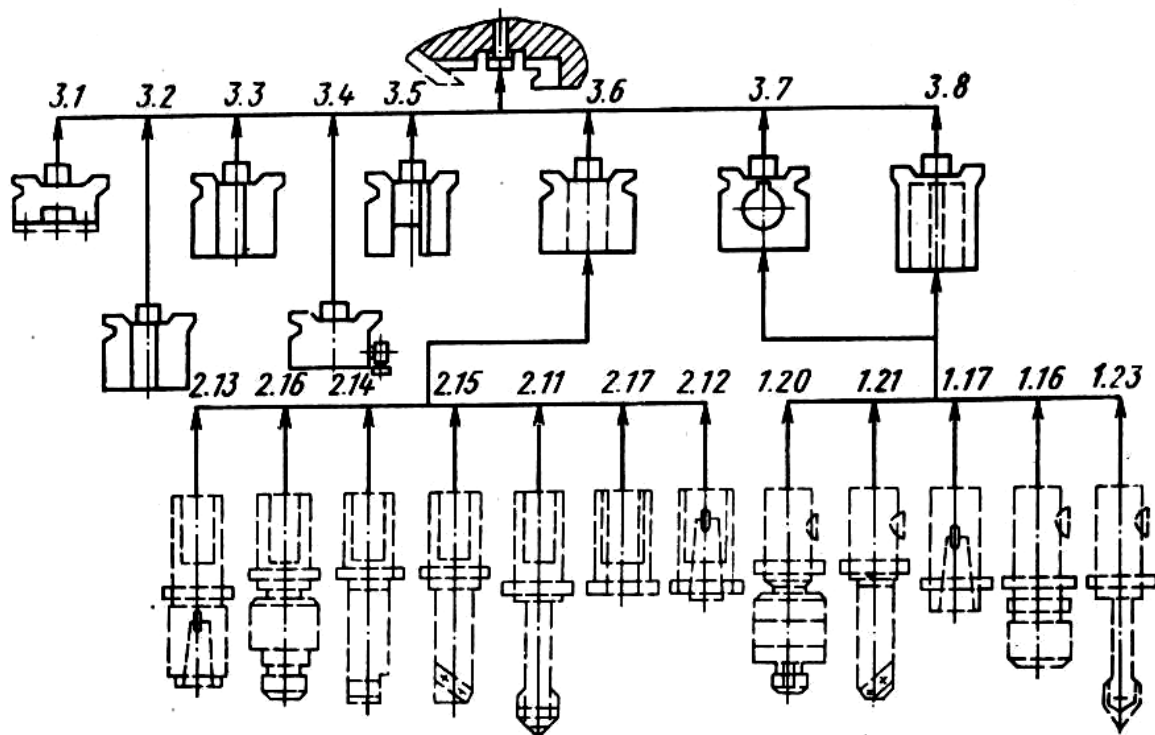


Рис. 36. Схема компоновки инструментальных блоков со вспомогательным инструментом с базирующей призмой

Системы инструментальной оснастки предназначены для компоновки специальных функциональных единиц – инструментальных блоков (комбинации режущего и вспомогательного инструментов). Поэтому важно наименьшим количеством вспомогательных инструментов крепить наибольшее количество режущих инструментов. Это положение хорошо иллюстрирует система вспомогательных инструментов с базирующей призмой, предназначенная для крепления токарных режущих инструментов.

Пазы под резцы унифицированы: 16, 20, 25, 32, 40 мм.

Отверстие под цилиндрический хвостовик \varnothing 30–60 мм.

Двухсторонний резцедержатель **3.1** имеет высокую жесткость, его применяют в системах с любым расположением револьверной головки при любом направлении вращения шпинделя, он позволяет использовать полную мощность станка при черновых операциях. Инструмент предварительно настраивается вне станка в резцедержателе регулировочными винтами. Жесткий резцедержатель **3.2** с открытым перпендикулярным пазом имеет правое и левое исполнение, позволяет вывести режущий инструмент за габариты револьверной головки. Резцедержатель **3.3** позволяет устанавливать два резца. Универсальный трехсторонний держатель **3.5** имеет несколько меньшую жесткость. Держатель **3.6** предназначен для установки вспомогательного инструмента с цилиндрическим хвостовиком. Держатели **3.7** и **3.8** имеют два исполнения и предназначены для установки инструмента к станкам фрезерно-сверлильно-расточной группы с цилиндрическим хвостовиком диаметром 36 и 48 мм. Применение блока **3.4** обеспечивает увеличение подачи СОЖ в зону резания.

В подсистеме вспомогательного инструмента с базирующей призмой надежное и точное соединение резцедержателей с револьверной головкой (рис. 37, *а*) обеспечивается присоединительным элементом, выполненным в виде базирующей призмы размером $L = 56, 72, 90, 115, 140$ мм.

Резец **2** устанавливают в резцедержатель **1** и закрепляют двумя винтами **3** через планку **4**. Резцедержатель **1** устанавливают в револьверную головку (рис. 37, *б*) по нижней и боковой поверхности призмы и фиксируют относительно паза револьверной головки шаром **5**. Закрепляют резцедержатель **1** прихватом **6**.

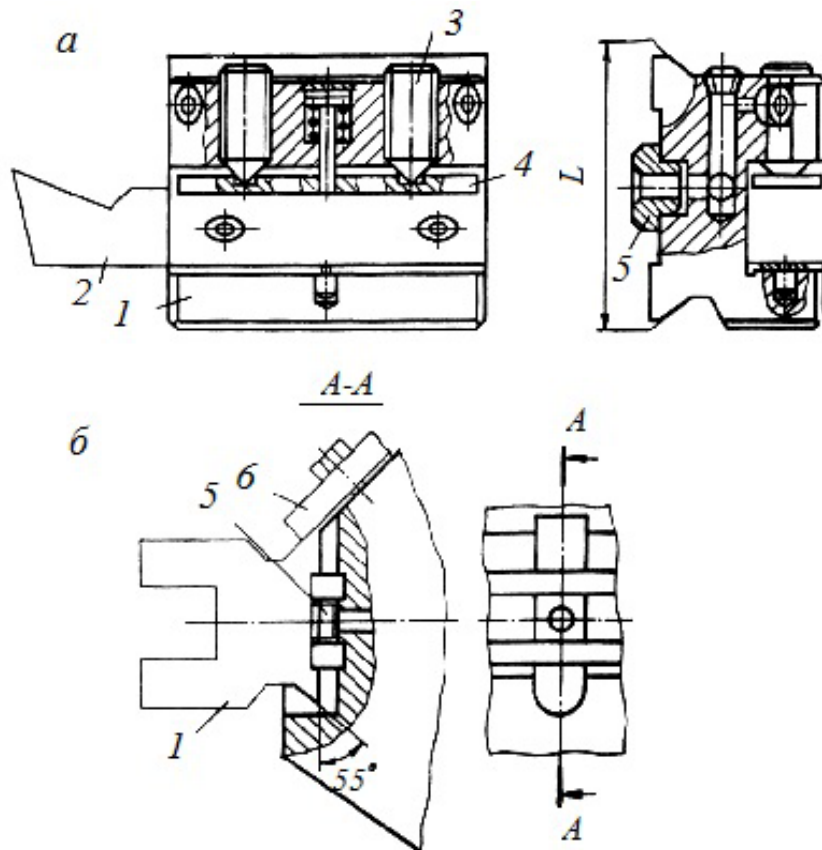


Рис. 37. Схема соединения резцедержателя с базирующей призмой с револьверной головкой:

1 – резцедержатель; 2 – резец; 3 – винт; 4 – планка; 5 – сухарь;
6 – прижим

4.1.2. Вспомогательный инструмент с цилиндрическим хвостовиком

Точное и надежное крепление инструмента обеспечивают цилиндрические хвостовики с прецизионной по шагу гребенкой (рис. 38). Зубья гребенки зацепляются с зубьями втулки 2, ось которой расположена под углом в плоскости, перпендикулярной плоскости оси хвостовика державки. При завинчивании винта 3 зубцы втулки 2 закрепляют державку 1 одновременно в осевом и радиальном направлениях. Подсистема включает резцедержатели с различным расположением пазов под резцы 16, 20, 25, 32, 40 мм. Схема компоновки инструментальных блоков показана на рис. 39. Рекомендации по рациональному применению входящих в систему инструментальных блоков приведены ниже.

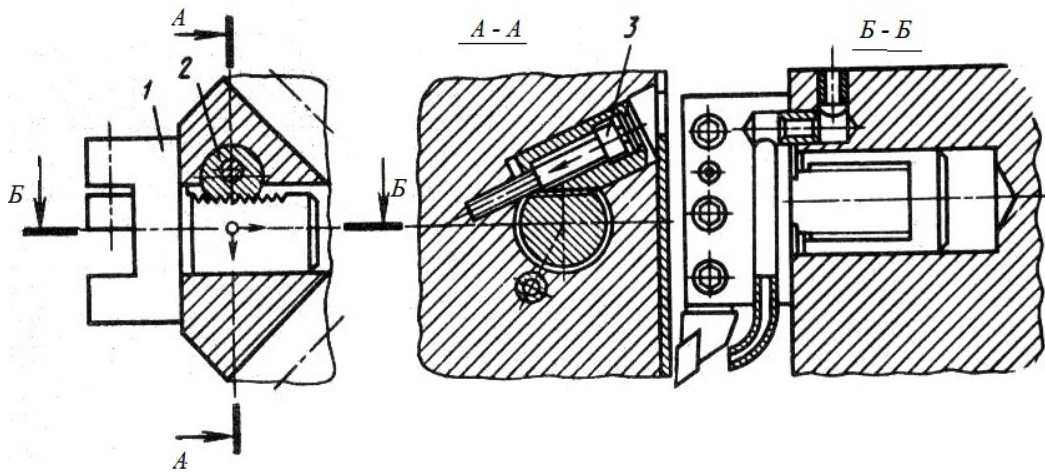


Рис. 38. Компоновка инструментального блока с цилиндрическим хвостовиком:
1 – резцедержатель; 2 – зубчатая втулка; 3 – винт

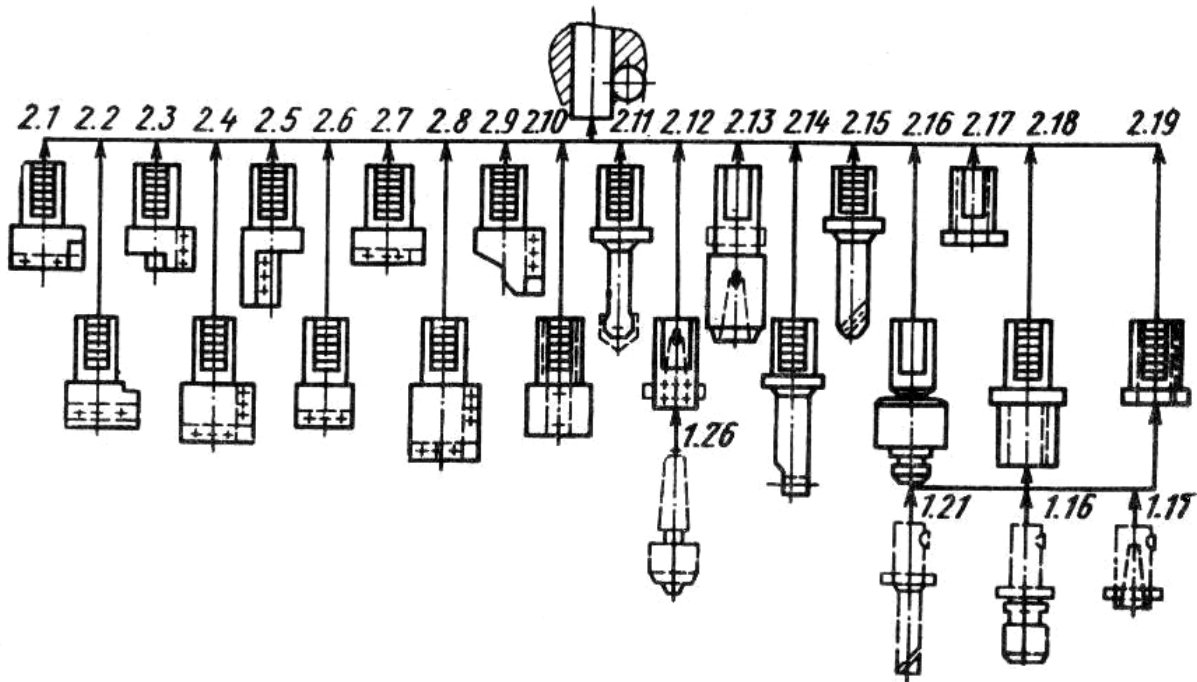


Рис. 39. Схема соединения резцедержателя с цилиндрическим хвостовиком с револьверной головкой

Резцедержатели 2.1–2.9 предназначены для крепления резцов сечением от 16×16 до 40×40 мм. Резцедержатели 2.1, 2.2, 2.4, 2.7, 2.8, 2.9 предназначены для установки инструмента для обработки наружных поверхностей. Резцедержатели 2.3, 2.5 – для внутренних поверхностей, выточек, расточек и пр. Для обработки труднодоступных поверхностей применяют инструмент и державку 2.6. Для

контурного наружного точения применяют удлиненный держатель **2.9** с открытым пазом. Держатели **2.1–2.9** (кроме двухстороннего **2.6**) могут быть правого и левого исполнения. В переходной втулке **2.10** устанавливают инструмент (переходники) с хвостовиком диаметром 16–40 мм.

Державки **2.11** предназначены для установки перовых сверл. Переходная втулка **2.12** и патрон **2.13** с самоустанавливающейся втулкой предназначены для установки инструмента с конусом Морзе. Борштанги **2.14** и **2.15** – для растачивания глубоких отверстий диаметром 70–250 мм. Патрон **2.16** – для установки метчиков. Переходные втулки **2.18**, **2.19** с диаметром отверстия **36** и **48** мм позволяют использовать инструмент сверлильно-расточных и фрезерных станков.

Применение систем вспомогательного инструмента позволяет *сократить номенклатуру вспомогательного инструмента в 2 раза.*

4.2. Вспомогательный инструмент для сверлильно-фрезерно-расточных станков

Для обеспечения весьма высоких требований применяют сборный вспомогательный инструмент, разделенный на элементы, обеспечивающие удобное и быстрое крепление. Соединение режущих

и вспомогательных инструментов осуществляется с помощью конических и цилиндрических хвостовиков.

Передачу $M_{кр}$ можно осуществить трением с помощью конуса Морзе, но для автоматической смены это неудобно, т. к. нестабильна установка по длине и нужны большие усилия для удаления инструмента.

Наиболее широко применяется установка в шпиндель по конусу 7:24 (№ 40 и № 50), а передача крутящего момента осуществляется торцовым шпоночным соединением.

Схема компоновки вспомогательной оснастки для ОЦ показана на рис. 40. В справочнике [2] приведены рекомендации по выбору вспомогательной оснастки.

Крепление и регулирование вылета инструмента с конусами Морзе могут быть обеспечены переходными цилиндрическими ре-

гулируемыми втулками с внутренним конусом Морзе, которые, в свою очередь, крепятся в державках. Регулировка осуществляется с точностью до 0,05 мм в диапазоне 6–8 мм.

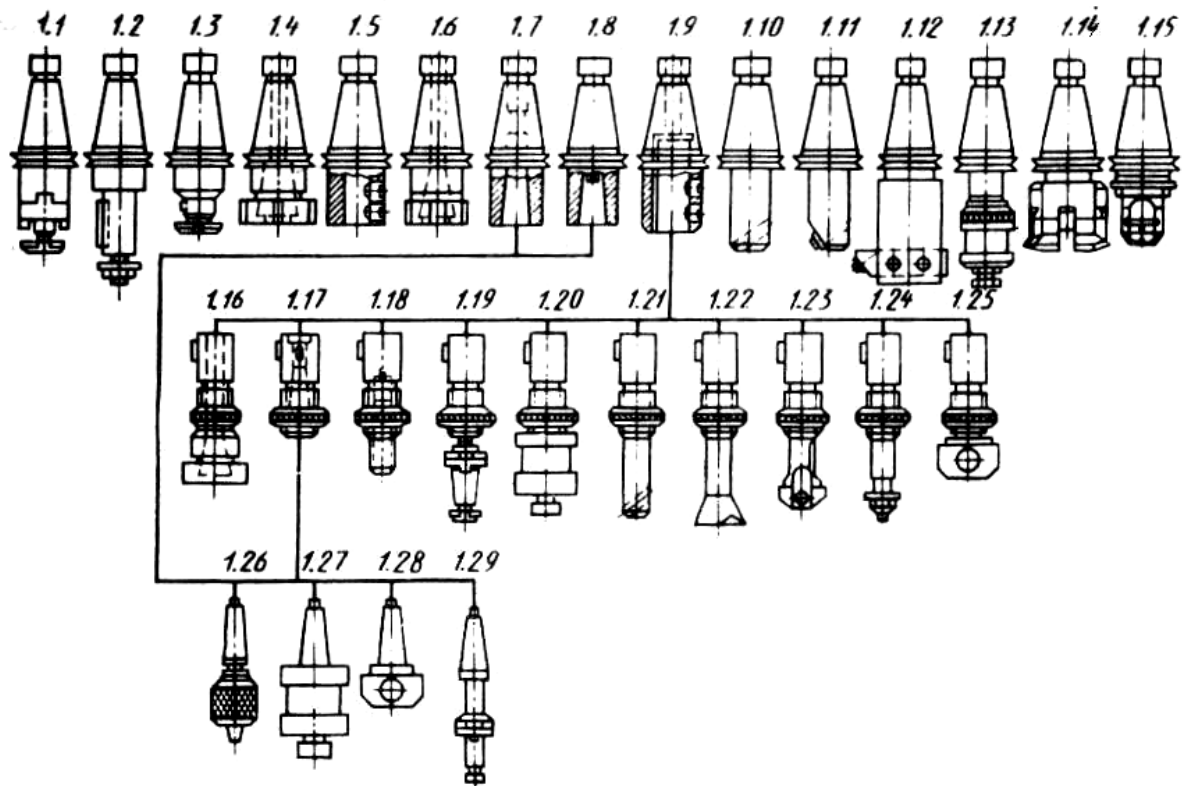


Рис. 40. Система вспомогательного инструмента для ОЦ

По вине инструмента происходит 23–63 % общего числа нарушений работоспособности ОЦ, т. е. надежность инструментальной системы очень важна. Поэтому станки оснащаются системами контроля состояния инструмента и автоматической смены инструмента. Так как в среднем происходит 20–25 смен инструмента в час, ручная смена занимает 25–45 с, автоматическая – 8–12 с, то влияние автоматизации смены инструмента на сокращение вспомогательного времени велико.

4.3. *Настройка режущего инструмента*

Размерная настройка инструмента для станков с ЧПУ является неотъемлемой частью ТПП. Используют два вида настройки [2]:

- вне станка;
- на станке.

4.3.1. Настройка режущего инструмента вне станка

Более распространена, т. к. сокращает время простоя оборудования, сокращает потери от брака из-за износа инструмента. Организуется участок размерной настройки инструмента (организацию и расчет участка размерной настройки см. [2]). На этом участке хранятся минимальные запасы всей номенклатуры режущего, измерительного, вспомогательного инструментов.

Настройка режущего инструмента заключается в настройке вылета режущих кромок в осевом и радиальном направлениях. Сам вылет определяется при проектировании УП. Принцип работы приборов для настройки токарных и сверлильно-фрезерных инструментов имеет много общего:

- базирующие элементы приборов строго соответствуют базирующим элементам на станках;

- для отсчета используют оптические микроскопы и шаблоны.

Прибор **БВ-2010** для токарных инструментов. Инструментальный блок устанавливается в направляющих станины. Относительно приспособления он выставляется по шаблонам. Прибор имеет нижнюю и верхнюю каретки, перемещающиеся соответственно в продольном и поперечном направлениях. На верхней каретке установлен микроскоп с 25-кратным увеличением. На экране проектора выполнено штриховое перекрестие. Проектор на заданные координаты устанавливается перемещением кареток (точно – микрометрическими винтами). Затем каретки фиксируются. Винтами настройки блока перемещают режущую кромку инструмента до совпадения с перекрестием. Точность настройки по каждой координате – 0,005 мм.

Прибор **БВ-2026** обеспечивает точность 0,001 мм. В нем используют устройство цифровой индикации для установки перекрестия.

Для станков фрезерно-сверлильно-расточной группы применяют приборы **БВ-2013**, **БВ-2015**, **БВ-2027**.

Количество настраиваемого и подаваемого инструмента на каждое рабочее место определяют с учетом обеспечения одной смены, но не менее одной партии запуска деталей.

4.3.2. Автоматическая настройка режущего инструмента на станке

Для повышения точности (учета погрешности установки, износа, температурных деформаций) лучше настраивать режущий инструмент на станке. Сейчас такие системы (например, систему САУТО) применяют для автоматического определения коррекции траектории инструмента.

На токарных станках датчик устанавливают на торце передней бабки постоянно или на откидном рычаге.

Используют датчики контакта ленинградского инструментального завода **БВ-4271** (для токарных станков), **БВ-4272** (для ОЦ).

Перед началом обработки резец подводится к датчику. В момент контакта возникает сигнал, который может передаваться в электронный блок кабельным или бескабельным способом. Повторное измерение инструмента позволяет судить об износе и необходимой коррекции.

Для ОЦ датчик устанавливается на столе станка и инструмент по программе автоматически подходит к щупу.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

5.1. Общие положения

Контроль качества изделий весьма важен в современном машиностроении.

В порядке **усложнения** для контроля используют:

- контрольные инструменты;
- контрольные приспособления (КП);
- контрольно-сортировочные автоматы и специальное оборудование.

Различия заключаются в **точности и производительности**, например, контроль гладкого валика $\varnothing 40$ мм в 3-х сечениях:

- микрометром обеспечивает 90 шт. в час;
- предельной скобой – 300 шт. в час;
- КП с одним индикатором – 400 шт. в час;

- КП с тремя индикаторами и световой сигнализацией – 1000 шт. в час;

- контрольно-сортировочным автоматом – до 1500 шт. в час.

Здесь рассмотрены контрольные приспособления.

Основные требования, предъявляемые к КП.

1. *Точность (погрешность измерения)* – разность между найденным значением величины и ее истинным значением. Зависит от назначения изделия. Погрешность измерения допускается в пределах **8–30 % поля допуска на контролируемый размер**. Но следует учесть, что в погрешность измерения входит много составляющих, поэтому обычно выполняется точностной расчет КП.

2. *Производительность контроля*. При 100 % контроле время контроля должно быть не больше *такта* работы поточной линии. При выборочном контроле время контроля может быть увеличено. Обычно производительностью контроля задаются.

3. *Экономические характеристики и удобство обслуживания*.

4. *Надежность*.

5.2. Основные элементы КП, особенности конструкции

Обычный состав КП: установочные элементы; зажимные элементы; измерительные элементы; вспомогательные элементы; корпус приспособления.

5.2.1. Установочные элементы

На них ставят проверяемую деталь. Здесь можно провести полную аналогию с установочными элементами станочных приспособлений.

Основные: опоры со сферическими и плоскими головками, опорные пластины, призмы, оправки (гладкие цилиндрические, конические, разжимные), центра, пальцы.

Особенности конструкции.

Призмы. Контакт с деталью осуществляется в призмах по узким площадкам, поэтому есть повышенный износ. Чтобы уменьшить износ, для КП применяют призмы с роликами или валиками,

образующие которых и создают рабочие поверхности призмы. Также используют призмы с напайными пластинками твердого сплава.

Оправки. Это закаленные стальные стержни, твердость $HRC52-54$, точность диаметра по $IT5$, $IT6$, шероховатость $Ra = 0,32-0,16$ мкм. Для отверстий диаметром до 50 мм детали ставятся прямо на оправку, свыше 50 мм – через контрольную втулку длиной $L = (1,5-2) \varnothing_{\text{оправки}}$. Посадки в соединении корпус – втулка $h5$, $j5$, оправка – втулка – $h5$.

Большое значение приобретает **выбор установочных баз**. Они должны совпадать с измерительными, иначе возникает ξ_6 .

Особенно это важно для многомерных КП (контролирующих одновременно несколько размеров детали). Здесь необходимо, чтобы установочной и измерительной базой для всех размеров была одна поверхность. Но не всегда контролируемые размеры заданы от одной базы (рис. 41).

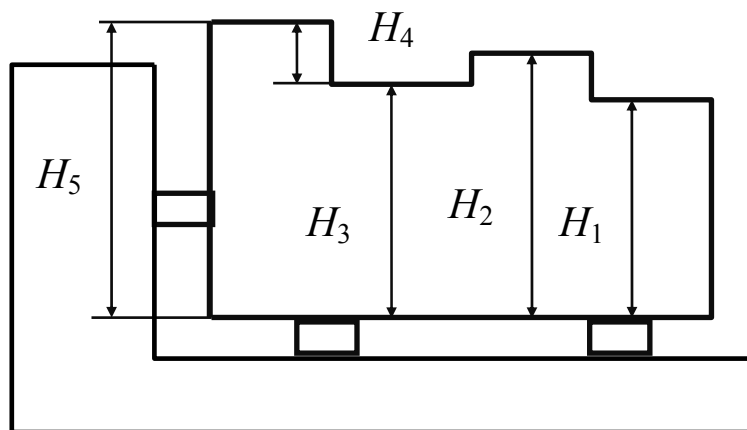


Рис. 41. Пример простановки контролируемых размеров

Для контроля размера $H4$ возможно несколько вариантов:

- пересчет размеров, т. е. контролировать $H5$ $\delta_{H5} = \delta_{H4} - \delta_{H3}$; $\delta_{H4} = \delta_{H5} + \delta_{H3}$, но надо проверить $\delta_{H3} < \delta_{H4}$;

- смена баз, т. е. для контроля $H4$ использовать как базу верхний торец;

- использовать первый вариант базирования, но разместить индикатор для контроля размера $H4$ на отдельном ползуне, который будет передвигаться относительно корпуса приспособления до упора в поверхность паза $H3$, т. е. организовать для индикатора $H4$ до-

полнительную установочную базу, совпадающую с его измерительной базой.

Если $\xi_6 \leq (0,1-0,15) \delta_{\text{контр.размера}}$, то допускается несовпадение измерительной и установочной баз, если это упрощает конструкцию либо эксплуатацию КП.

5.2.2. Зажимные элементы

Предупреждают смещение детали, обеспечивают плотный контакт детали с опорами.

Отличия от станочных приспособлений:

- нет сил резания;
- в большей степени нужна стабильность $\xi_{\text{закр}}$.

Обычно для устойчивых деталей зажим вообще не нужен. Применяют ручные зажимы (рычажные, пружинные, винтовые, эксцентрикковые) и пневмозажимы.

5.2.3. Измерительные элементы

По принципу действия могут быть самыми разнообразными: электроконтактными, индуктивными, пневматическими и пр. Очень часто используют индикаторы рычажные и зубчатые, микроиндикаторы, миниметры.

Характеристики этих приборов по точности можно посмотреть в [12].

Рекомендации по выбору рабочего наконечника индикатора:

- для плоскостей и отверстий – сферический;
- для сферы – плоский;
- для наружного цилиндра – ножеобразный или сферический.

5.2.4. Вспомогательные элементы

По целевому назначению могут быть:

- поворотными (например, для контроля биения);
- ползуны (для контроля параллельности или прямолинейности);
- для вращения детали (контроль правильности формы);

- для установки и снятия детали (выталкиватели и пр.);
- передаточные устройства для усиления или изменения направления измерения.

5.2.5. Корпус приспособления

Служит в качестве базовой детали. Материал – серый чугун марок СЧ12, СЧ15. Для точных КП необходимо старение или использовать для отливки чугун марок СЧ25 и СЧ30, более стойких к короблению. Часто в качестве корпуса служит просто поверочная плита, на которой устанавливают измерительные и установочные элементы.

5.3. Методика проектирования КП

Можно выделить следующие этапы:

- разработка принципиальной схемы и компоновка КП;
- точностной расчет КП;
- выбор измерительного устройства КП.

5.3.1. Разработка принципиальной схемы и компоновка КП

Начинают с выбора **схемы установки** детали в приспособлении. Выбор схемы установки определяют расположением и размерами измерительных баз (из чертежа детали). Здесь также можно проводить отработку на технологичность. Например, для многомерного КП нужна соответствующая простановка размеров (см. выше).

К выбранной схеме базирования предъявляют следующие требования:

- простота конструкции КП;
- минимальная погрешность установки.

Затем разрабатывают **схему измерения**. Выбор схемы измерения определяют:

- точностью контролируемого параметра;
- конфигурацией и относительным положением измерительной базы и контролируемых поверхностей и осей.

Точность накладывает ограничения на состав и количество передаточных элементов.

Рекомендуется использовать **типовые схемы измерения** из типовой технологии обработки и контроля деталей.

5.3.2. Точностной расчет КП

Цель расчета – определение допустимой погрешности измерительного устройства и выбор модели или типа измерительного устройства.

Последовательность расчета:

- определение допустимой погрешности измерения контролируемого параметра;
- определение допустимой величины погрешности измерительного устройства.

Для определения **суммарной погрешности** КП можно использовать формулу

$$\Delta_{\text{КП}} = \sqrt{\xi_6^2 + \xi_3^2 + \xi_{\text{п}}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{м}}^2}, \quad (20)$$

где ξ_6 – погрешность базирования детали в КП, определяется обычным образом; ξ_3 – погрешность закрепления детали в КП, считается так же, как для станочных приспособлений, но желательны такие компоновки, где нет этой составляющей; $\xi_{\text{п}}$ – погрешность передаточных устройств, если есть какое-либо передаточное устройство между измерительным элементом и деталью. Обусловливается неточностью изготовления передаточных рычагов и других деталей, наличием зазоров между осями и отверстиями рычагов (лучше подвешивать рычаги на плоские пружины), неточностью перемещений и пр. Определяется расчетным путем для каждой конкретной схемы передаточного устройства; Δ_3 – погрешность настройки КП по эталону; $\Delta_{\text{м}}$ – погрешность измерительного устройства.

Необходимость в эталоне есть не всегда. Если одним измерительным устройством контролируется относительный параметр (отклонение формы, перпендикулярность, биение и пр.), то эталон не нужен и эта составляющая равна нулю. Если используется несколь-

ко измерительных устройств, то их надо настроить по одному эталону.

Тогда

$$\Delta_{\text{э}} = \sqrt{\Delta_{\text{изг}}^2 + \Delta_{\text{уст}}^2}, \quad (21)$$

где $\Delta_{\text{изг}}$ – погрешность изготовления эталона. Обычно эталон проектируется простой формы и содержит контролируемый размер, но на **1–2** *квалитета точнее*; $\Delta_{\text{уст}}$ – погрешность установки эталона, обычная погрешность базирования, но для установки эталона.

Необходимо обеспечить $\Delta_{\text{КП}} \leq \delta_{\text{изм}}$. При этом принимают погрешность измерения равную $\delta_{\text{изм}} = (8–30) \%$ от $\delta_{\text{контр.размер}}$.

Отсюда

$$\Delta_{\text{м}} = \sqrt{\delta_{\text{изм}}^2 - \xi_6^2 - \xi_3^2 - \xi_{\text{п}}^2 - \Delta_{\text{э}}^2}. \quad (22)$$

5.3.3. Выбор измерительного устройства КП

По допустимой величине $\Delta_{\text{м}}$ по справочной литературе выбирают тип и модель измерительного устройства; если с помощью одного устройства контролируется несколько параметров, то выполняется соответствующее число точностных расчетов и выбор осуществляется по минимальной $\Delta_{\text{м min}}$.

Пример точностного расчета КП смотрите в [12].

6. ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПР

6.1. Назначение и классификация захватных устройств

Захватные устройства (ЗУ) предназначены для захватывания и удержания предметов производства или технологической оснастки в процессе перемещения.

Вид ЗУ определяется формой, размером, массой, свойствами предмета обработки, особенностями ТП. Поэтому они относятся к сменным элементам, т. е. к *оснастке*.

ПР могут комплектоваться набором типовых ЗУ. Гибкость ПР в значительной мере определяется гибкостью ЗУ.

Требования к ЗУ:

- надежность захватывания и удержания (особенно при разгонах и торможениях);
- точность базирования заготовок в ЗУ;
- недопустимость повреждения заготовок;
- прочность при малых размерах и массе;
- высокая гибкость за счет быстрой переналаживаемости или смены.

Состав ЗУ:

- привод;
- передаточный механизм;
- захватные элементы (пальцы, губки).

ЗУ можно классифицировать:

1. По типу привода: неприводные, пружинные, пневматические, гидравлические, электромеханические, электромагнитные, магнитные, вакуумные.

2. По передаточному механизму (для передачи и увеличения силы привода):

- узкодиапазонные (при переналадке обеспечивают закрепление деталей за поверхности с размерами, включающими соседние меньшие размеры ряда 1, 4, 12, 32, 63, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм). Обычно выполняются на базе клиновых и рычажных механизмов;

- широкодиапазонные обладают возможностью закрепления деталей с размерами, включающими соседние меньшие значения указанного ряда *без переналадки*. Представители – реечные и зубчатые передаточные механизмы. Они имеют более широкие технологические возможности, чем узкозахватные. Механические захваты используют для загрузки станков деталями типа тела вращения или коробчатой формы.

Широкое применение имеют многопозиционные (многоместные) ЗУ. Они позволяют сократить цикл загрузки обрудования.

3. По типу захватных элементов: механические (до 60 % всех ЗУ), вакуумные (около 12 %), магнитные (около 4 %), неприводные и пассивные (около 10 %), с эластичными камерами.

6.2. Конструкции ЗУ

6.2.1. Механические ЗУ

Механические ЗУ работают по принципу зажима с удержанием детали с помощью сил трения и запирающего действия рабочих элементов, а также по принципу использования выступающих частей рабочих элементов в качестве опоры для детали.

Классифицируются:

- по числу захватов: однозахватные, многозахватные;
- по способу базирования: центрирующие, нецентрирующие;
- по характеру крепления: несменяемые; сменные (сменные ЗУ, со сменными губками, быстросменные с временем смены $\approx 0,1$ мин);
- автоматизированные: переналаживаемые, заменяемые.

Несменяемые применяются в массовом производстве либо при однородной продукции и широкодиапазонном ЗУ. Такие ЗУ применяют трех видов: *клещевого* (67 % всех механических ЗУ) *типа; с плоскопараллельным движением губок; с тремя губками.*

ЗУ клещевого типа (рис. 42, а) не обеспечивают постоянство положения оси заготовки, что может приводить к дополнительным перегрузкам. Для сокращения смещения губки *профилируют* так, чтобы в определенном диапазоне диаметров обеспечивать центрирование заготовок (см. п. 6.3). Нижние части губок выполняют срезаемыми, чтобы они могли заходить друг в друга и надежно удерживать деталь. При движении зубчатой рейки вверх происходит зажим детали, вниз – разжим.

ЗУ с плоскопараллельным движением губок (рис. 42, б, в) исключают смещение оси заготовки при изменении размеров детали в широком пределе. Для обеспечения плоскопараллельного движения, как правило, используют шарнирно-рычажные параллелограммы.

ЗУ с тремя губками (рис. 43) сохраняют положение оси или наружных базировочных поверхностей в широком диапазоне диаметров заготовки. Устройство имеет подвижную вдоль оси симметрии ЗУ опору, перемещаемую в направлении заготовки. Торец опоры контактирует с деталью.

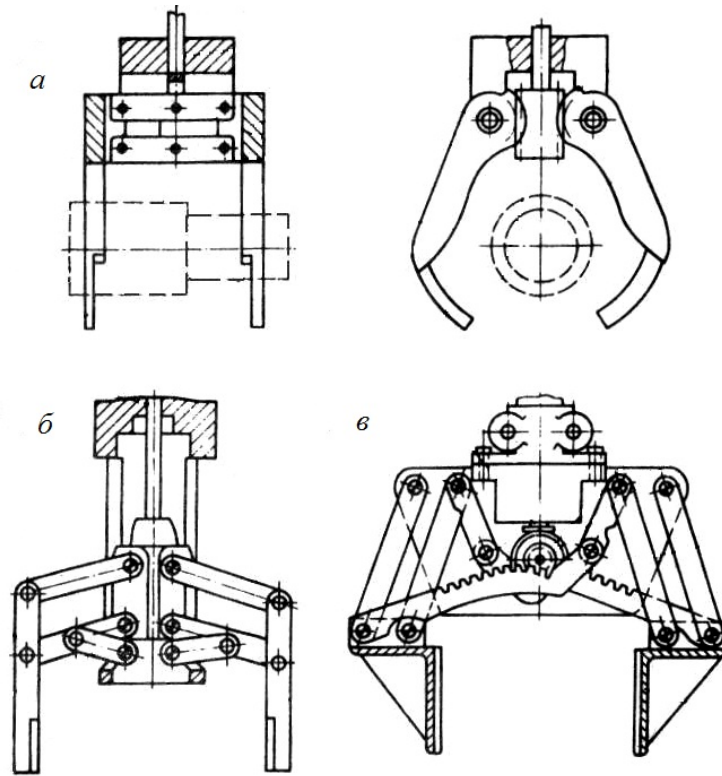


Рис. 42. Центрирующие широкодиапазонные ЗУ:
а – с двумя поворотными губками; *б, в* – с параллельным перемещением губок

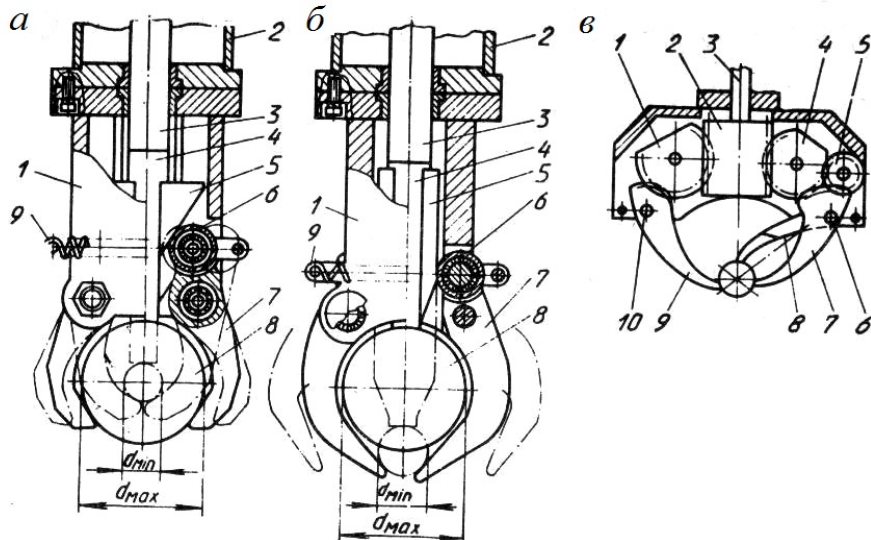


Рис. 43. Центрирующие ЗУ с тремя губками
 (обозначения в тексте):
а – для установки заготовки в центрах; *б* – для установки заготовки на призму; *в* – с губками специального профиля

На рис. 43, *а* показана конструкция, обеспечивающая точное положение оси детали (при установке в центрах). Шток пневмоцилиндра жестко соединен с опорой 4, на которой установлен кулачок 5. Захватные губки 7 имеют на концах ролики 6, контактирующие с кулачком 5. Пружина растяжения 9 создает силовое замыкание. Заготовка 8 контактирует с рабочими поверхностями подвижной опоры 4 и захватных губок 7. Для захвата рука ПР перемещается вниз в положение, соответствующее оси заготовки. При этом заготовка находится между разведенными губками. Затем привод перемещает опору 4 и кулачок 5 вниз, в результате чего губки 7 одновременно с опорой перемещаются к заготовке. Профилирование губок позволяет обеспечить независимо от диаметра заготовки синхронное касание всех трех губок, обеспечивая центрирование.

На рис. 43, *б* показано устройство для установки заготовок в призму. Рабочие поверхности губок 7 представляют собой по сути продолжение поверхностей призмы. Поджим к ним заготовки обеспечивается подвижной опорой 4. Подобное изменение характера зажима обеспечено соответствующей формой кулачка 5.

Сменные ЗУ применяют в серийном производстве при достаточно больших партиях запуска. Наибольшее распространение получило фланцевое крепление ЗУ к роботу. Конструкции фланцев приведены на рис. 44. Координаты крепежных отверстий круглых и прямоугольных фланцев одинаковы, что обеспечивает их взаимозаменяемость.

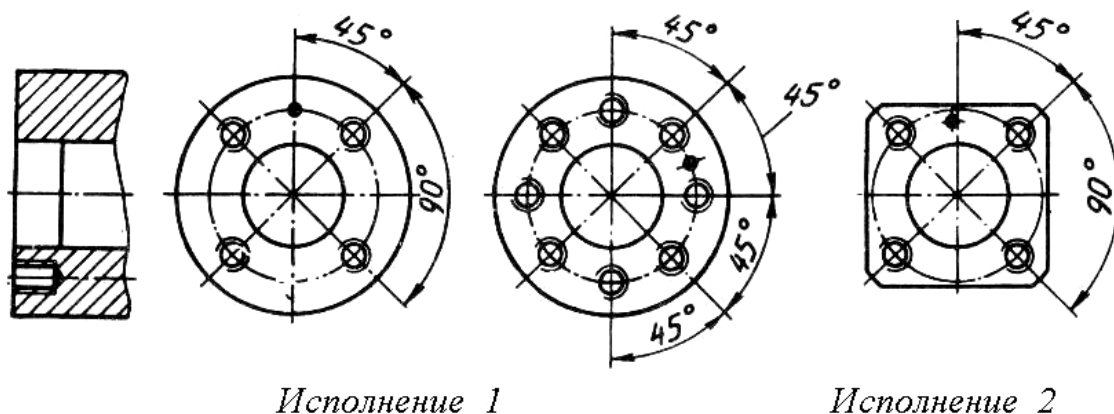


Рис. 44. Сменные ЗУ:
исполнение 1 – с круглым фланцем; исполнение 2 – с квадратным фланцем

Сменные ЗУ со сменными губками. Практически само ЗУ несменяемое, гибкость обеспечивается за счет смены собственно захватных элементов. Примеры приведены на рис. 45.

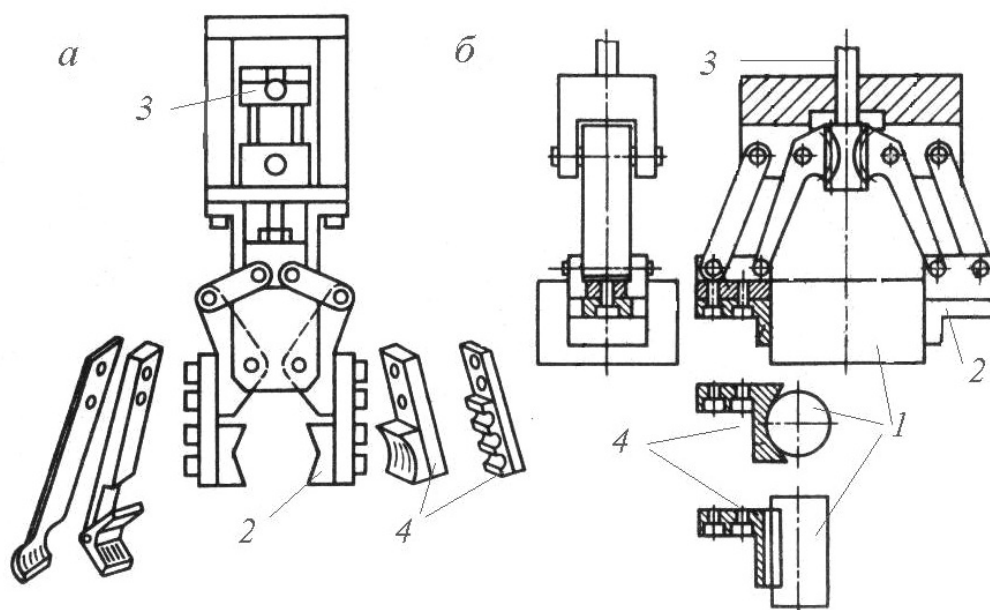


Рис. 45. Механические ЗУ со сменными губками:
a – с шарнирно-рычажным механизмом; *б* – с зубчатым и рычажным механизмами (*1* – деталь; *2* – губки; *3* – привод; *4* – сменные губки)

Быстросменные ЗУ. Применяют при более мелких партиях запуска. Время смены не более 0,1 мин. Распространенный вариант – байонетное крепление, которое применяется, например, при креплении пожарных шлангов или объективов фотоаппаратов.

Автоматизированное переналаживаемое ЗУ. Весьма перспективны для применения на ГПМ и ГПС. Пример конструкции показан на рис. 46, *a*. Состоит из корпуса *12* с губками *8*, зубчатые секторы которых зацепляются с рейкой *9*, соединенной со штоком поршня пневмоцилиндра *10*, подвижно установленного в корпусе.

Цилиндр *10* может перемещаться гидроцилиндром *11*, масло в который нагнетается из бака *7* насосом *6* через распределитель *1*. Положение цилиндра *10* определяется преобразователями *2* и *3*, задающим блоком *5* и настраиваемым сигналом блока сравнения *4*. Такая конструкция позволяет обеспечить постоянное (минимальное) время зажима – разжима заготовок различных размеров.

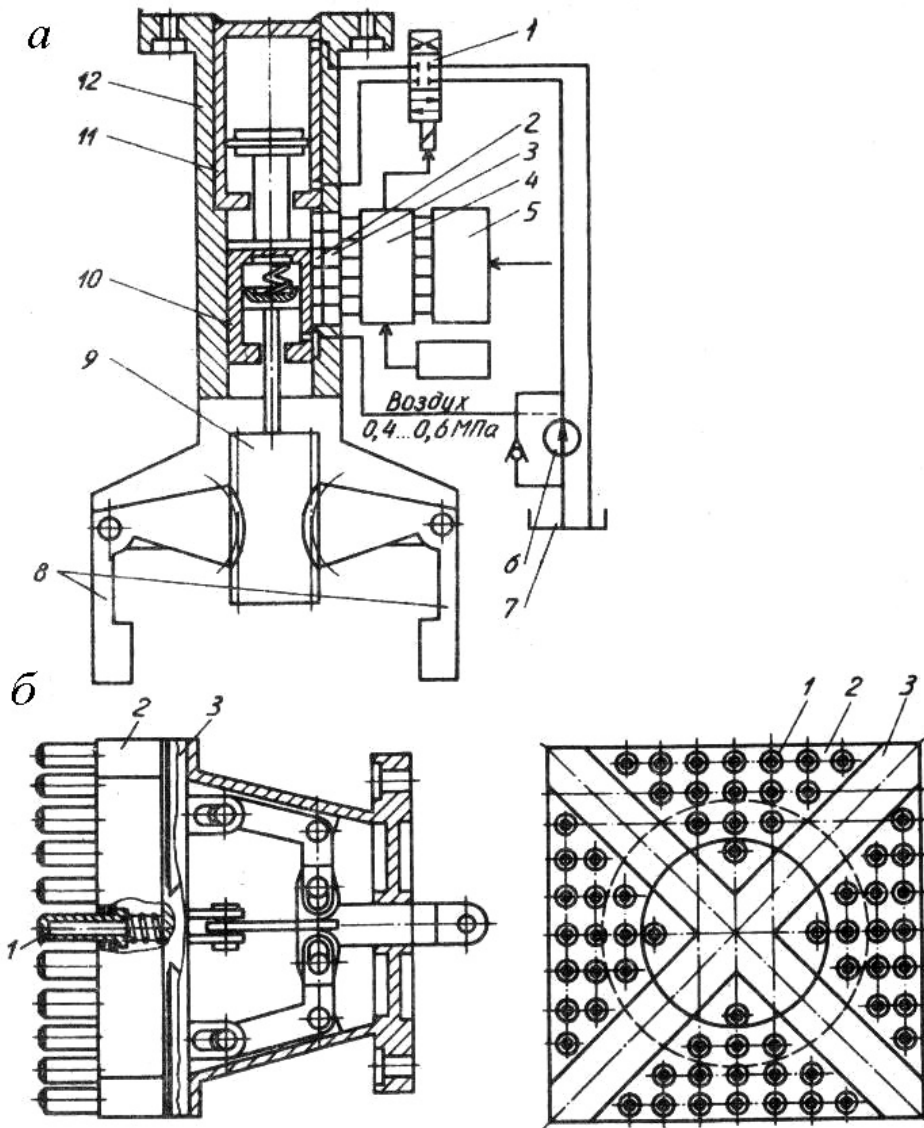


Рис. 46. Автоматически переналаживаемые ЗУ:
 а – переналаживаемое ЗУ; б – автоматическое переналаживаемое
 ЗУ

Многопальцевое автоматически переналаживаемое ЗУ с подпружиненными пальцами 1, установленными на каретках 2, перемещающихся относительно корпуса 3, показано на рис. 46, б. При подходе к заготовке и соприкосновении с ней часть пальцев, перекрываемых заготовкой, утапливается. При сближении кареток пальцы, оставшиеся неутопленными, перемещаются к центру и зажимают заготовку.

Автоматизированно заменяемые ЗУ. Для хранения ЗУ используют магазины стационарного, подвижного и смешанного типов. Магазин выполняется в виде поворотного диска с кодовыми гребенками. Поворот диска – от гидропривода через зубчатую передачу. Часто требуется при загрузке заготовок на станки дожать ее до осевой базы. Такое дополнительное движение можно осуществить за счет ЗУ с подпружиненными плунжерами.

6.2.2. ЗУ магнитные, вакуумные и с эластичными камерами

А. Магнитные:

- магнитные (редко используются, т. к. трудно освободить деталь);

- электромагнитные.

Примеры конструкции приведены на рис. 47, а, б. Могут компоноваться на базе небольших электромагнитов, установленных на общей раме. Применяют для деталей из магнитных материалов чаще с плоскими поверхностями, решетчатых или фасонных, где нельзя использовать вакуумные ЗУ.

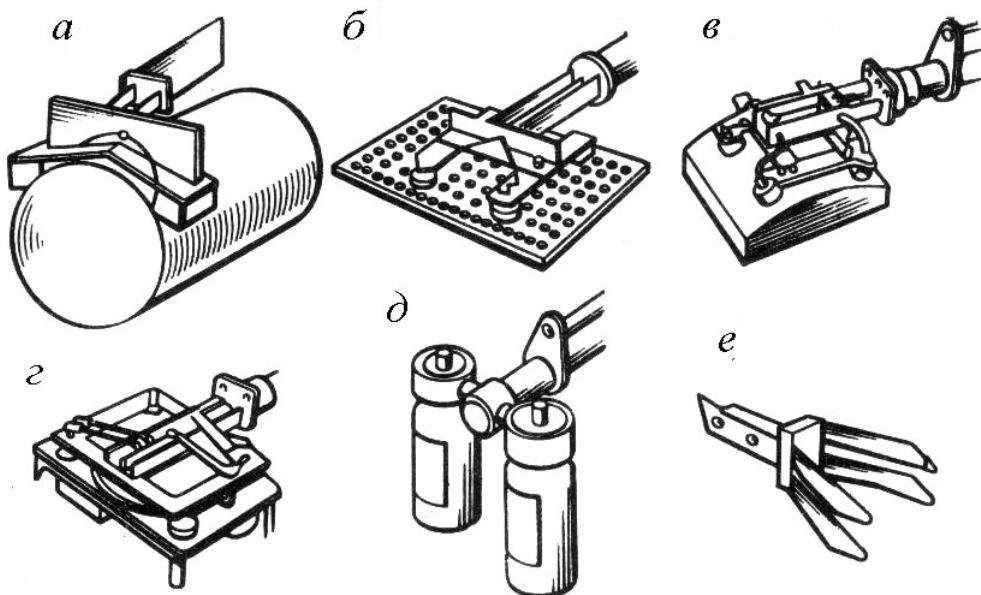


Рис. 47. Захватные устройства:
а, б – электромагнитные; в, г – вакуумные; д, е – с эластичными камерами

Б. Вакуумные:

- с простыми присосками;
- с принудительным поддержанием вакуума.

Последние больше распространены из-за большего усилия зажима и надежности. Как правило, для деталей с плоскими поверхностями. Возможные конструкции – на рис. 47, в, г.

В конструкции (в) общий эжектор, расположенный на раме, создает вакуум во всех четырех присосках. В конструкции (г) эжекторы установлены в каждой присоске.

Принцип работы эжектора заключается в том, что при подводе к левой полости тройника сжатого воздуха за счет расширения диаметра отверстия с 0,8 до 1,6 мм образуется зона пониженного давления в нижнем конце тройника, который и присоединяется к присоске.

В. С эластичными камерами. Применяют для хрупких деталей или сложной формы. Конструкции приведены на рис. 47, д, е. Под действием давления воздуха или жидкости эластичные камеры деформируются, удерживая заготовку. Для обеспечения схватывающего движения эластичных пальцев внутренняя поверхность пальцев делается менее эластичной, чем их тыльные стороны, поэтому при деформации они изгибаются и прилегают к детали, повторяя ее конфигурацию.

6.3. Расчет механических ЗУ

Расчет механических ЗУ включает в себя:

- профилирование центрирующих поворотных губок;
- нахождение сил, действующих в местах контакта заготовки и губок;
- определение усилий привода;
- проверку отсутствия повреждений поверхности детали при захвате;
- проверку на прочность деталей ЗУ.

Профилирование центрирующих губок.

При манипулировании ступенчатыми валами и фланцами, при групповой обработке надо выдерживать положение оси детали при каком-то диапазоне изменения диаметров деталей (D_{\max} , D_{\min}).

Профиль губок аппроксимируется дугами окружностей.
Погрешность центрирования:

$$\Delta = \pm \frac{(D_{\max} - D_{\min})}{4096R^3} \operatorname{tg}^2 \beta. \quad (23)$$

Исходные данные: D_{\max} , D_{\min} , при $\frac{D_{\max}}{D_{\min}} \leq 2,5$. Угол между точками контакта равен 2α ($\alpha = 40-50^\circ$, рис. 48).

Размер R выбирают конструктивно из условия:

$$R > d_{\text{ср}} = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}. \quad (24)$$

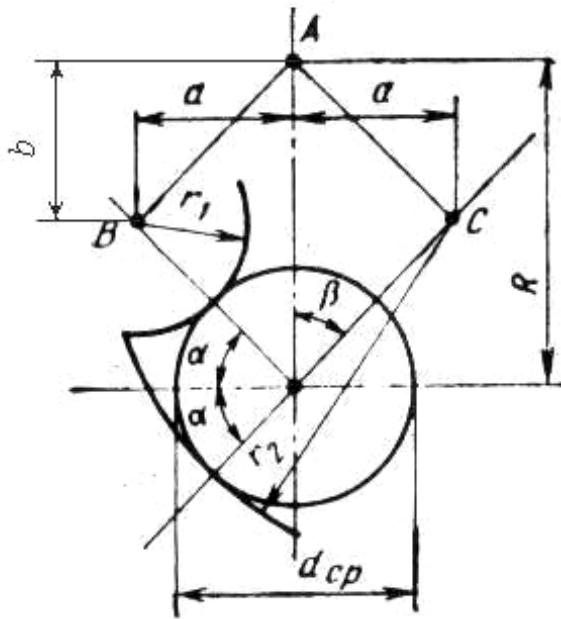


Рис. 48. Схема к профилированию губок ЗУ

Координаты точек B и C :

$$a = \frac{R}{2} \operatorname{ctg} \alpha, \quad b = \frac{R}{2}.$$

Радиусы дуг профиля губок:

$$r_1 = \frac{R}{2 \sin \alpha} - \frac{d_{\text{ср}}}{2}, \quad r_2 = \frac{R}{2 \sin \alpha} + \frac{d_{\text{ср}}}{2}.$$

Профили губок симметричны.

Если губки имеют разные оси поворота (A_1 и A_2), то рекомендуется центральный угол ($\angle A_1 O A_2$) между ними φ :

$$0 \leq \varphi \leq (2\alpha - 40^\circ). \quad (25)$$

При этом точки контакта с радиусом r_1 удаляются, а с радиусом r_2 – сближаются.

Расчет сил, действующих в точках контакта

Для нахождения сил, действующих в точках контакта заготовки с деталью, можно использовать формулы и схемы, приведенные в табл. 7. Здесь показаны следующие основные схемы крепления детали. Деталь удерживается губкой ЗУ, силы трения почти не влияют (схема 2). Деталь удерживается благодаря запирающему действию губок при ограниченном влиянии сил трения (схема 3). Деталь удерживается силами трения (схема 4). На практике часто встречаются ЗУ, использующие сочетание вышеприведенных случаев, т.е. сложнонагруженные ЗУ. Расчет В этих случаях усложняется, т.к. сначала надо определить наиболее критический случай и расчет вести для него. При необходимости проводят расчет для нескольких случаев положения детали.

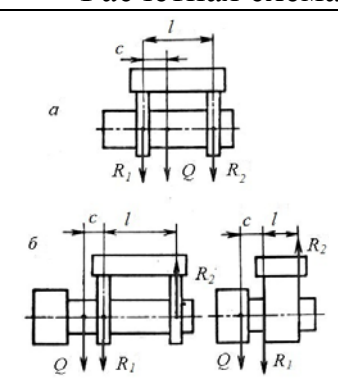
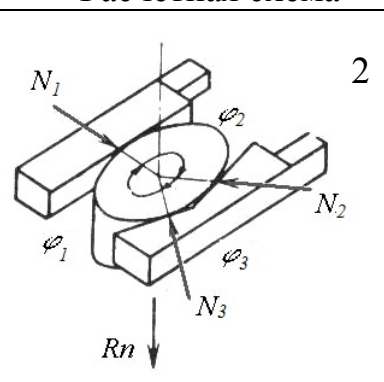
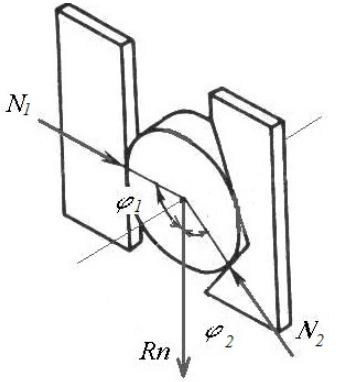
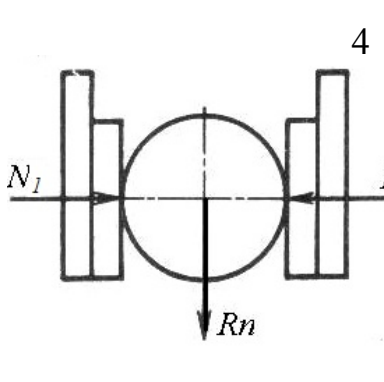
Для учета изменяющихся условий надо вводить коэффициент запаса k . Коэффициент запаса должен учитывать конкретные условия использования ЗУ: условия применения ПР, скоростные характеристики процесса перемещения детали, особенности конструкции ЗУ, положение заготовки относительно ЗУ. Значение общего коэффициента запаса можно определить по формуле

$$k = k_1 k_2 k_3, \quad (26)$$

где $k_1 = 1,2-2,0$ – учитывает условия применения ПР; $k_2 = 1 + A/g$ – учитывает максимальные ускорения A при перемещении; k_3 – коэффициент передачи, учитывающий конструкцию захвата и расположение заготовки [5, с. 507].

В схемах 2, 3 (табл. 7) коэффициент трения можно не учитывать ($\mu = 0$), формулы упрощаются. Типовые схемы ЗУ и расчетные соотношения приведены в [5, с. 503–509].

Расчетные схемы и формулы для расчета сил, действующих в местах контакта ЗУ

Расчетная схема	Расчетная формула	Расчетная схема	Расчетная формула
 <p>1</p>	$a \begin{cases} R_1 = \frac{l-c}{l} \cdot Q; \\ R_2 = \frac{c}{l} \cdot Q. \end{cases}$ $б \begin{cases} R_1 = \frac{l+c}{l} \cdot Q; \\ R_2 = -\frac{c}{l} \cdot Q. \end{cases}$	 <p>2</p>	$N_i = R_n \frac{\sin \varphi_j - \mu \cdot \cos \varphi_j}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2\mu \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_2)}$ <p>$i, j = 1, 2; i \neq j$</p>
 <p>3</p>	$\varphi_1 = 90^\circ; \quad \varphi_2 = \varphi$ $N_1 = R_n \frac{\sin \varphi - \mu \cos \varphi}{\cos \varphi + 2\mu \sin \varphi}$ $N_2 = R_n \frac{1}{\cos \varphi + 2\mu \sin \varphi}$	 <p>4</p>	$\varphi_1 = \varphi_2 = 90^\circ$ $N_1 = N_2 = \frac{R_n}{2\mu}$

Примечание. Обозначения: Q – расчетная нагрузка; l – размер захватывания; c – расстояние от точки приложения нагрузки до рассматриваемой губки ЗУ; R_n – реакция на n -ю губку ЗУ; N_i – сила контакта между заготовкой и губкой; φ_i – угол между проекцией силы R_n на плоскость и силой N_i ; μ – коэффициент трения губки ЗУ с заготовкой, для незакаленных губок без насечки (сталь 45, 50) $\mu = 0,12-0,15$, для закаленных губок в виде гребенки с острой насечкой (сталь 65Г, 60С2, У8А, У10А при твердости 55) $\mu = 0,3-0,35$.

Расчет усилий привода

В табл. 8 приведены значения параметра m .

Таблица 8

Значения коэффициента m

m	$2r/d$	m	$2r/d$	m	$2r/d$
0,388	1,0	0,468	0,6	0,716	0,2
0,4	0,9	0,49	0,5	0,8	0,15
0,42	0,8	0,536	0,4	0,97	0,10
0,44	0,7	0,6	0,3	1,28	0,05

Расчет усилий привода ведется по формулам, приведенным в табл. 9, где рассмотрены клиновые, рычажные и реечные механизмы. В таблице обозначено: m – число губок ЗУ; M_j – удерживающий момент (Н·м) для j -й губки, определяемый формулой (верхние знаки при c_i применяют в случае, когда точки контакта с заготовкой находятся дальше от оси симметрии, чем точки поворота губок):

$$M_j = \sum_{i=1}^k N_i \cos \varphi_i [\alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i \pm c_i - \mu(\alpha_i \mp c_i \operatorname{tg} \varphi_i)], \quad (27)$$

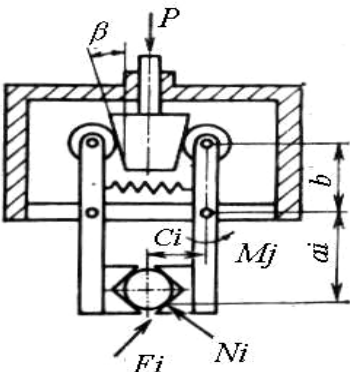
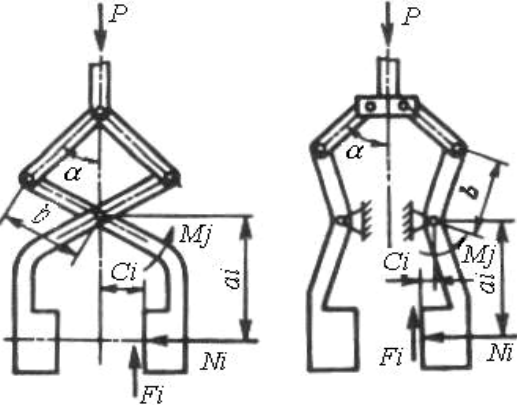
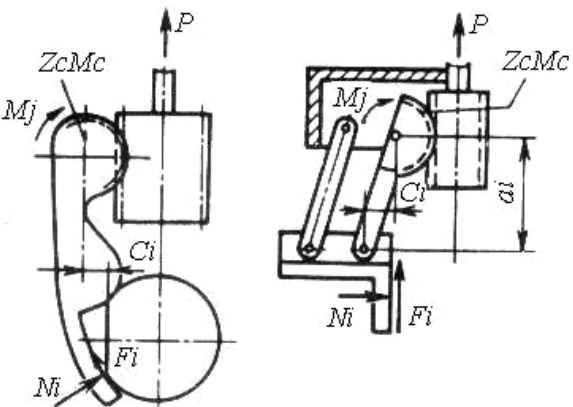
где N_i – сила контакта (Н), определяемая формулами табл. 7; k – число точек контакта; a_i, c_i – расстояние от точки поворота губки до i -й точки контакта, м; φ_i – угол контакта, град; μ – коэффициент трения между губкой и заготовкой; ρ – приведенный угол трения, учитывающий сопротивление осей рычагов, град; β – угол клина, град; η – коэффициент полезного действия механизма; b – размер рычага, м; α – угол рычага, град; m_c – модуль сектора, м; z_c – полное число зубьев сектора.

Расчет на отсутствие повреждений поверхности детали

Расчет проводят при необходимости, когда есть опасность повреждения поверхности деталей (например, чистовая обработка).

В основу расчета положен принцип сравнения фактического значения контактных напряжений, возникающих в точках контакта из-за действия сил зажима, с допустимыми, при которых повреждения не возникает.

Расчетные схемы и формулы для определения силы привода

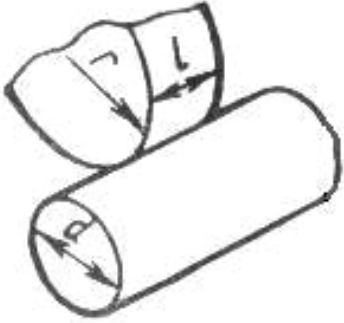
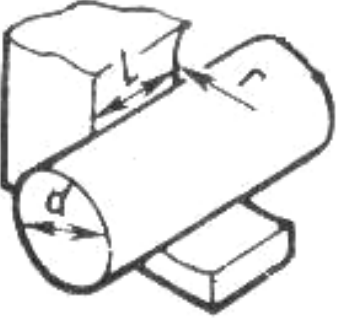
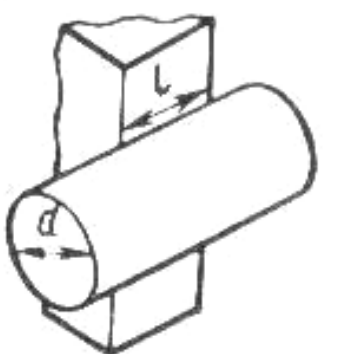
Расчетные схемы	Расчетные формулы
<p>Клиновый механизм</p> 	$P \geq \frac{\sum_{j=1}^m M_j \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b\eta};$ <p>для симметричных губок</p> $P \geq \frac{2M \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b\eta};$ <p>$m = 2; \eta = 0,9; \beta = 4-8^\circ; \rho = 1^\circ 10'$ – при осях, установленных на подшипниках скольжения; $\beta = 3^\circ$ – при осях, установленных на подшипниках качения</p>
<p>Рычажный механизм</p> 	$P \geq \frac{\sum_{j=1}^m M_j \cos \alpha}{b\eta};$ <p>для симметричных губок</p> $P \geq \frac{2M \cos \alpha}{b\eta};$ <p>$\eta = 0,9-0,95$</p>
<p>Реечный механизм</p> 	$P \geq \frac{2 \sum_{j=1}^m M_j}{m_c z_c \eta};$ <p>для симметричных губок</p> $P \geq \frac{4M}{m_c z_c \eta};$ <p>$\eta = 0,94$</p>

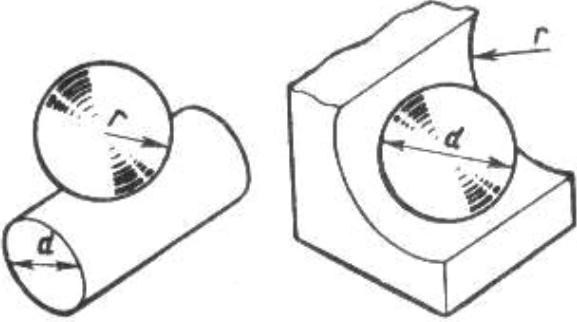
Контактные напряжения σ_k должны быть меньше допустимых $[\sigma_k]$. Формулы для расчета приведены в табл. 10. Приведенный модуль упругости:

$$E_{\text{пр}} = \frac{2E_{\text{заг}}E_{\text{зУ}}}{E_{\text{заг}}E_{\text{зУ}}}. \quad (28)$$

Таблица 10

Расчетные формулы для расчета контактных напряжений

Расчетная схема	Расчетная формула
	$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{NE_{\text{пр}}}{l} \left(\frac{2}{d} + \frac{1}{r} \right)}$
	$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{NE_{\text{пр}}}{l} \left(\frac{2}{d} - \frac{1}{r} \right)}$
	$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{NE_{\text{пр}} 2}{ld}}$

Расчетная схема	Расчетная формула
	$\sigma = m^3 \sqrt{\frac{N(E_{\text{пр}})^2}{r^2}} \quad \text{при} \quad \frac{d}{2} \ll r$

Примечание. Обозначения: N – сила, действующая в месте контакта ЗУ с заготовкой и определяемая формулами табл. 10; $E_{\text{пр}}$ – приведенный модуль упругости материалов губки ЗУ и заготовок; l – ширина губки ЗУ, см; d – диаметр заготовки, см; r – радиус губок ЗУ, см; m – коэффициент, зависящий от отношения наименьшего радиуса к наибольшему из двух соприкасающихся поверхностей (см. табл. 8).

Расчет на прочность деталей ЗУ

Расчет на прочность деталей ЗУ имеет обычно второстепенное значение и ведется по методикам, известным из курса «Детали машин».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Бабук, В. В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / В. В. Бабук, П. А. Горезко, К. П. Забродин. – Минск : Высш. шк., 1979.
2. Обработка металлов резанием : справ. технолога / под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 2004.
3. Переналаживаемая технологическая оснастка / под ред. Д. И. Полякова. – М. : Машиностроение, 1988.
4. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства : учеб. пособие для машиностроит. специ-

альностей вузов / Г. Н. Андреев, В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе. – М. : Высш. шк., 2001.

5. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1986.

6. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985.

7. Станочные приспособления : справочник. Т. 1 / под ред. Б. Н. Вардашкина. – М. : Машиностроение, 1984.

8. Станочные приспособления : справочник. Т. 2 / под ред. Б. Н. Вардашкина. – М. : Машиностроение, 1984.

9. Трусов, А. Н. Проектирование технических средств автоматизации и технологической оснастки : учеб. пособие / КузГТУ. – Кемерово, 2004.

Дополнительная литература

10. Косов, Н. П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы : учеб. пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения» / Н. П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005.

11. Проектирование компоновки и расчет станочного приспособления из комплекта УСПО : метод. указания к практическим работам № 1, 2, 3 / А. Н. Трусов. – Кемерово : КузГТУ, 2010.

12. Проектирование контрольного приспособления : метод. указания к практической работе / А. А. Клепцов, А. Н. Трусов ; КузГТУ. – Кемерово, 2011.

13. Расчет центрирующих захватных устройств клещевого типа : метод. указания к практической работе / А. Н. Трусов. – Кемерово : КузГТУ, 2011.

14. Универсально-сборная переналаживаемая оснастка с угловыми пазами УСПО-У3 и УСПО-У4. Иллюстрированный каталог : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / А. Н. Трусов. – Кемерово : КузГТУ, 2008.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СИСТЕМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	6
1.1. Классификация приспособлений по целевому признаку	6
1.2. Основные требования к приспособлениям для станков с ЧПУ	6
1.3. Системы приспособлений.....	7
1.3.1. Универсально-безналадочные приспособления	8
1.3.2. Универсальные и специализированные наладочные приспособления	9
1.3.3. Универсально-сборные приспособления.....	11
1.3.4. Сборно-разборные приспособления	13
1.3.5. Незаборные специальные приспособления.....	15
1.3.6. Универсально-сборная переналаживаемая оснастка	15
1.4. Выбор системы приспособлений	16
1.4.1. Факторы, определяющие выбор систем приспособлений	16
1.4.2. Экономические расчеты при выборе системы приспособлений	18
2. УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНАЯ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМАЯ ОСНАСТКА	19
2.1. Предпосылки создания и особенности конструкции	19
2.2. Конструкция основных элементов УСПО.....	24
2.2.1. Базовые элементы.....	25
2.2.2. Корпусные элементы.....	26
2.2.3. Направляющие элементы.....	28
2.2.4. Установочные элементы	29
2.2.5. Зажимные элементы	31
2.3. Конструкция гидрофицированных элементов УСПО	32
2.4. Приспособления для обработки деталей с трех-четырех сторон.....	36

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	41
3.1. Сравнительная методика проектирования	41
3.1.1. Исходные данные	42
3.1.2. Определение положения заготовки в рабочей зоне станка	43
3.1.3. Выбор серии комплекта УСПО	43
3.1.4. Определение степени механизации и автоматизации приспособления	44
3.1.5. Выбор базового элемента	44
3.1.6. Выбор установочных элементов	44
3.1.7. Определение схемы закрепления и выбор зажимных элементов	46
3.1.8. Компоновка приспособления	46
3.1.9. Точностной расчет приспособления	47
3.1.10. Силовой расчет приспособления	48
3.1.11. Окончательная разработка конструкции	48
3.2. Силовой расчет приспособлений	48
3.3. Точностной расчет приспособлений	51
3.3.1. Исходные данные	51
3.3.2. Расчет погрешности изготовления приспособления	51
3.3.3. Построение и расчет размерной цепи	53
3.3.4. Рекомендации по расчету элементарных погрешностей	54
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ	55
4.1. Вспомогательный инструмент для станков токарной группы	55
4.1.1. Вспомогательный инструмент с базирующей призмой	56
4.1.2. Вспомогательный инструмент с цилиндрическим хвостовиком	58
4.2. Вспомогательный инструмент для сверлильно- фрезерно-расточных станков	60
4.3. Настройка режущего инструмента	61
4.3.1. Настройка режущего инструмента вне станка	62

4.3.2.	Автоматическая настройка режущего инструмента	
на станке	63
5.	КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	63
5.1.	Общие положения.....	63
5.2.	Основные элементы КП, особенности конструкции..	64
5.2.1.	Установочные элементы	64
5.2.2.	Зажимные элементы	66
5.2.3.	Измерительные элементы	66
5.2.4.	Вспомогательные элементы	66
5.2.5.	Корпус приспособления	67
5.3.	Методика проектирования КП	67
5.3.1.	Разработка принципиальной схемы	
и компоновка КП	67
5.3.2.	Точностной расчет КП	68
5.3.3.	Выбор измерительного устройства КП	69
6.	ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПР	69
6.1.	Назначение и классификация захватных устройств...	69
6.2.	Конструкции ЗУ	71
6.2.1.	Механические ЗУ	71
6.2.2.	ЗУ магнитные, вакуумные и с эластичными	
камерами	76
6.3.	Расчет механических ЗУ	77
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	84

Александр Николаевич Трусов

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

Редактор О. А. Вейс

Подписано в печать 26.02.2013. Формат 60×84/16
Бумага белая писчая. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 6,00
Тираж 100 экз. Заказ .
КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Типография КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4 А