СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Рекомендовано федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизация технологических процессов и производств»

НОВОСИБИРСК
2013

УДК 621.9.06-529(075.8)
С 568

Коллектив авторов:
Х.М. Рахимянов
Б.А. Красильников
Э.З. Мартынов
В.В. Янпольский

Рецензенты:
д-р техн. наук, проф. *В.Г. Атапин*, НГТУ
д-р техн. наук, проф. *В.Ю. Блюменштейн*, КГТУ

С 568 **Современная технологическая оснастка** : учеб. пособие / Х.М. Рахимянов, Б.А. Красильников, Э.З. Мартынов, В.В. Янпольский. – 2-е изд. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – 268 с. (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-2269-4

Общеизвестные положения по проектированию и расчетам станочной оснастки излагаются кратко. Основное внимание уделяется переналаживаемой оснастке и ее применению для станков с ЧПУ. Дается описание конструкций систем УСП, УСПО, СРП, СРП-ЧПУ и т.п. Материал пособия ориентирован на серийное производство.

В пособии предлагается информация по современным отечественным и зарубежным фирмам, производящим технологическую оснастку.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 151001, 151002 и 220301, выполняющих курсовые проекты по дисциплинам «Технологическая оснастка» и «Технология машиностроения». Может быть использовано при работе над дипломными проектами по технологической тематике указанных специальностей.

УДК 621.9.06-529(075.8)

ISBN 978-5-7782-2269-4

© Рахимянов Х.М., Красильников Б.А., Мартынов Э.З., Янпольский В.В., 2012, 2013
© Новосибирский государственный технический университет, 2012, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 7
Глава 1. **Назначение и классификация приспособлений** 9
1.1. Служебное назначение приспособлений 9
1.2. Общая классификация станочных приспособлений 11
1.3. Технико-экономическое обоснование применения станочных приспособлений 21
1.4. Основные конструктивные элементы станочных приспособлений 26
Глава 2. **Установка и базирование заготовок в приспособлениях** 31
2.1. Принципы базирования заготовок в приспособлениях 31
2.2. Типовые конструкции базирующих элементов 34
2.3. Дополнительные подводимые и регулируемые опоры 42
2.4. Расчет погрешностей установки заготовок 46
2.5. Назначение допусков и посадок на элементы приспособлений 56
Глава 3. **Закрепление заготовок в приспособлениях** 61
3.1. Зажимные устройства 61
3.2. Виды зажимных устройств и их расчет 67
3.3. Прочностные расчеты элементов приспособлений 77
3.4. Выбор и расчет приводов 82
Глава 4. **Универсальная безналадочная оснастка** 95
4.1. Оснастка для токарных станков 95
4.2. Оснастка для сверлильных и расточных станков 100
4.3. Оснастка для фрезерных станков 107
4.4. Оснастка для шлифовальных станков 110
Глава 5. **Системы переналаживаемой оснастки** 117
5.1. Универсально-сборные приспособления 117
5.2. Универсально-сборная переналаживаемая оснастка 128
5.3. Сборно-разборные приспособления 136

Глава 6. **Приспособления для станков с ЧПУ** 145
6.1. Особенности конструкций приспособлений для станков с ЧПУ 145
6.2. Приспособления к токарным станкам с ЧПУ 148
6.3. Приспособления к сверлильно-фрезерно-расточным станкам 163
6.4. Установка приспособлений на станки с ЧПУ 178
Глава 7. **Универсальная быстродействующая оснастка** 183
7.1. Электромагнитные приводы и магнитные приспособления 183
7.2. Вакуумные зажимные устройства 189
7.3. Конструктивные особенности технологической оснастки зарубежных фирм (IMAO, EROWA, ALLMATIC, AMF, FORCARD) 193
Глава 8. **Методика проектирования станочных приспособлений** 209
8.1. Общая методика конструирования приспособлений 210
8.2. Примеры конструирования приспособлений 213
8.3. Конструирование корпусов приспособлений 220
8.4. Обеспечение точности приспособлений 225
Глава 9. **Контрольные приспособления** 227
9.1. Назначение и типы контрольных приспособлений 227
9.2. Основные элементы контрольных приспособлений 232
9.3. Типовые схемы измерения отклонений расположения поверхностей 241
9.4. Примеры контрольных приспособлений 244
9.5. Расчет погрешности измерения на контрольных приспособлениях 250
9.6. Координатно-измерительные машины 257
Библиографический список 266

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технологическая оснастка» является одной из основных составляющих в цикле подготовки инженера-механика по специальностям 151001, 151002. В ней студенты изучают теоретические основы проектирования станочных приспособлений, учатся выполнять расчеты погрешностей, возникающие при установке деталей в приспособления. Овладевают техникой расчета усилий зажима и параметров силовых приводов приспособлений. Знакомятся с требованиями стандартов по оформлению конструкторской документации на проектируемую оснастку.

Традиционный курс по технологической оснастке ориентирован на конструирование специальных станочных приспособлений, применяемых в массовом и крупносерийном производстве. Однако развитие рыночных отношений настоятельно требует совершенствования серийного и мелкосерийного производства, выпускающего преобладающее количество машиностроительной продукции.

Технический прогресс в мелкосерийном производстве связывается в основном с внедрением станков с ЧПУ. Автоматическое получение размеров на станках с ЧПУ требует от применяемой оснастки не только удерживать заготовку, но и придавать ей точное положение относительно базовых поверхностей станка.

Для станков с ЧПУ целесообразно применение систем переналаживаемой оснастки. Специальная оснастка рекомендуется только для точной установки деталей со сложными формами. Для оснастки станков с числовым программным управлением (ЧПУ) должны применяться приспособления конструктивно упрощенных форм. С одной стороны, длительный цикл обработки допускает применение винтовых зажимных устройств с ручным зажимом, с другой – интенсивные режимы резания, используемые на станках с ЧПУ, требуют большей жесткости приспособлений, больших усилий зажима.

В настоящем пособии изложение материала существенно отличается от обычного вузовского курса. В первых трех главах в основном рассматривают-

ся общие положения по проектированию станочных приспособлений с учетом некоторых моментов, изложенных выше. Глава 4 предлагает описание различных видов универсальной оснастки, применяемой в мелкосерийном производстве. Глава 5 посвящена различным системам переналаживаемой оснастки (УСП, УСПО, СРП и т. п.). В главе 6 описана оснастка, применяемая для станков с ЧПУ, предлагаемая как отечественными, так и зарубежными фирмами. Глава 7 дает сведения по некоторым видам быстродействующей оснастки: магнитной, вакуумной и др. В главе 8 излагается общепринятая методика проектирования приспособлений. В главе 9 приводится материал по проектированию контрольно-измерительной оснастки, применяемой для контроля относительного положения поверхностей. Материал пособия сопровождается большим количеством иллюстраций.

Содержание учебного пособия обобщает опыт работы кафедры «Технология машиностроения» НГТУ в преподавании данной дисциплины за последние 12 лет. В настоящее время дисциплина «Технологическая оснастка» полностью компьютеризирована: лекции проводятся в режиме презентаций, имеется электронный учебник по проектированию станочных приспособлений (руководство по курсовому проектированию), электронный WEB-справочник «Станочные приспособления».

Материал пособия апробирован в 2010 году при чтении лекций на заводе ЭлСиб на курсах повышения квалификации технологов по оснастке.

Глава 1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Технологическая оснастка является важнейшим фактором технического прогресса в машиностроении. В промышленности эксплуатируется более 25 миллионов специальных станочных приспособлений. Затраты на технологическую оснастку составляют 20 % от себестоимости изделия. Длительность цикла изготовления оснастки средней сложности достигает 75 дней.

Для рыночной экономики характерно постоянное обновление выпускаемой продукции. Смена моделей машин, оборудования, приборов происходит намного быстрее, чем 10–15 лет назад. Растут трудовые и материальные затраты на подготовку производства, на проектирование и изготовление технологической оснастки.

Технологическая оснастка способствует повышению производительности труда и ориентирует производство на интенсивные методы его ведения. Применение технологической оснастки, особенно переналаживаемого типа, расширяет технологические возможности как универсальных, так и станков с ЧПУ, гибких производственных систем.

1.1. Служебное назначение приспособлений

Станочные приспособления являются неотъемлемым элементом обрабатывающей системы станок–приспособление–инструмент–деталь (СПИД), рис. 1.1.

Главное назначение станочных приспособлений состоит в том, чтобы надежно удерживать обрабатываемую заготовку в определенном положении относительно станка и режущего инструмента, сопротивляясь силам резания.

Развитие технического прогресса привело к расширению функциональных возможностей технологической оснастки.

В первую очередь использовалась возможность точной и стабильной ориентации обрабатываемых заготовок с целью автоматического получения размеров при обработке на настроенных станках. Это повышает производительность обработки за счет сокращения времени на разметку, выверку детали на станке, взятие пробных стружек, а также за счет однопроходной обработки и автоматического получения размеров.

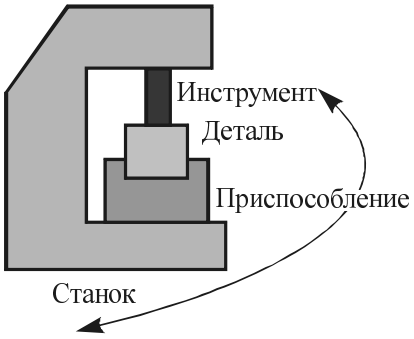


Рис. 1.1. Технологическая система СПИД

При обработке методом пробных проходов точность детали зависит в основном от квалификации рабочих. Применение автоматического метода получения размеров практически полностью устраняет влияние уровня квалификации рабочего на точность обработки. Качество деталей в этом случае в значительной степени зависит от станочного приспособления, его точности и способности сохранять эту точность в процессе эксплуатации.

Эти две функциональные возможности (надежный зажим и точная ориентация) станочных приспособлений автоматически ведут к повышению производительности обработки. Повышение производительности труда при применении технологической оснастки обеспечивается:

1) сокращением вспомогательного времени на установку и закрепление заготовки в приспособлении;

2) некоторой интенсификацией режимов резания за счет увеличения прочности, жесткости и виброустойчивости приспособлений;

3) расширением многостаночного обслуживания путем обработки группы деталей, установленной в многоместном приспособлении;

4) сокращением объема пригоночных работ при последующей сборке за счет повышения точности и стабильности получаемых в приспособлениях размеров деталей.

Достигнутый прогресс в использовании режущих материалов все меньше оставляет возможностей повышения производительности труда за счет интенсификации процесса резания. Главным резервом становится сокращение вспомогательного времени, связанного с затратами живого труда.

Снижение вспомогательного времени при использовании станочных приспособлений возможно за счет:

- автоматической ориентации заготовок;

• сокращения времени на их закрепление путем применения механизированных приводов с высокой скоростью срабатывания (3…5 с);

• минимизации затрат на управление и ориентацию режущего инструмента относительно заготовки;

• сокращения времени на операционный контроль;

• применения «маятникового» метода обработки, при котором время установки заготовки и съема готовой детали совмещается с основным технологическим временем.

Таким образом, применение станочных приспособлений позволяет:

– устранить разметку заготовок перед обработкой и исключить их выверку на станке по разметке;

– значительно повысить производительность труда в результате сокращения вспомогательного времени;

– обеспечить условия для многостаночного обслуживания нескольких станков одним рабочим;

– значительно облегчить труд рабочих-станочников, а также использовать рабочих с низкой квалификацией;

– повысить точность изготовления деталей;

– расширить технологические возможности станков;

– снизить себестоимость изготовления деталей.

1.2. Общая классификация станочных приспособлений

Сегодня все многообразие станочной оснастки классифицируется по нескольким признакам.

По целевому назначению приспособления делят на пять групп:

1. *Станочные приспособления* – используются для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках: токарных, сверлильных, фрезерных, расточных, шлифовальных и других. Они являются самой многочисленной группой и составляют 70–80 % общего числа приспособлений.

2. *Приспособления для крепления режущих инструментов* – характеризуются большим числом нормализованных конструкций. Это – переходные втулки для сверл, патроны для метчиков, оправки для фрез.

3. *Сборочные приспособления* – используют для соединения сопрягаемых деталей и сборочных единиц, крепления базовых деталей собираемого изделия, выполнения сборочных операций и др.

4. *Контрольные приспособления* – применяют для контроля заготовок, промежуточного и окончательного контроля обрабатываемых деталей, а также для проверки собранных сборочных единиц и машин.

5. *Приспособления для манипулирования* обрабатываемыми заготовками. Различные захваты, крюки, подвески и т. п.

По степени специализации приспособления делят на шесть систем.

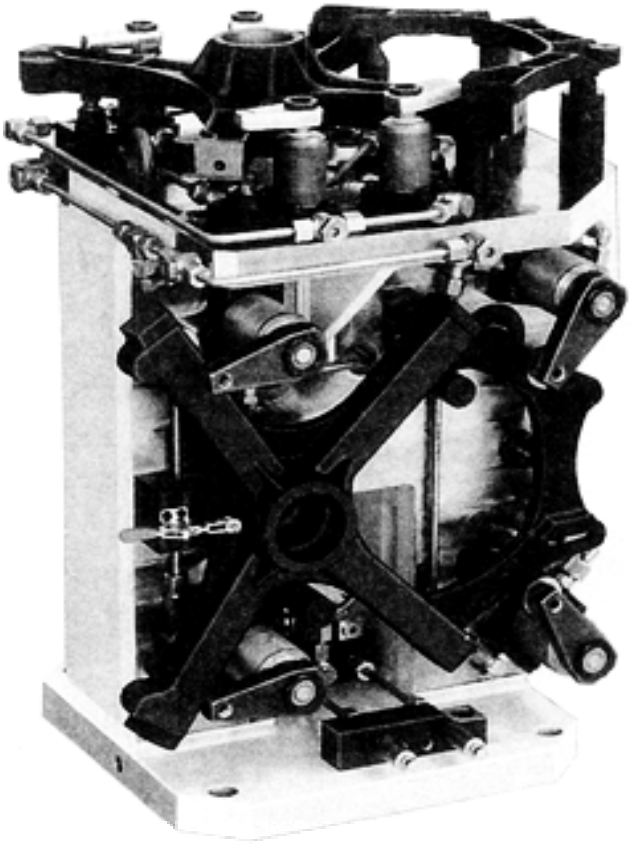


Рис. 1.2. Неразборное специальное приспособление [7]

1. *Неразборные специальные приспособления* (*НСП*) (рис. 1.2) – применяются в условиях крупносерийного и массового производства при редкой (раз в 3–5 лет) смене производства изделий. Высокая стабильность точности и жесткость этих приспособлений достигается беззазорным способом соединения деталей, минимальным числом разъемных соединений и применением крепежных элементов оптимального размера.

В НСП используют быстродействующие зажимные устройства, а в ряде случаев и автоматизацию установки заготовок и съем готовых деталей. Основным недостатком НСП является необратимость конструкций, т. е. приспособ-

ление отправляется на переплавку после смены объекта производства на другую модель.

2. *Универсально-безналадочные приспособления* (*УБП*) (рис. 1.3) – применяются в условиях единичного, мелко- и среднесерийного производства при оснащении малотрудоемких по подготовительному времени операций. Они представляют собой законченные механизмы многократного использования. Большинство конструкций УБП поставляют вместе со станками в виде определенных принадлежностей (универсальные токарные патроны, центры, машинные тиски с постоянными губками и др.).

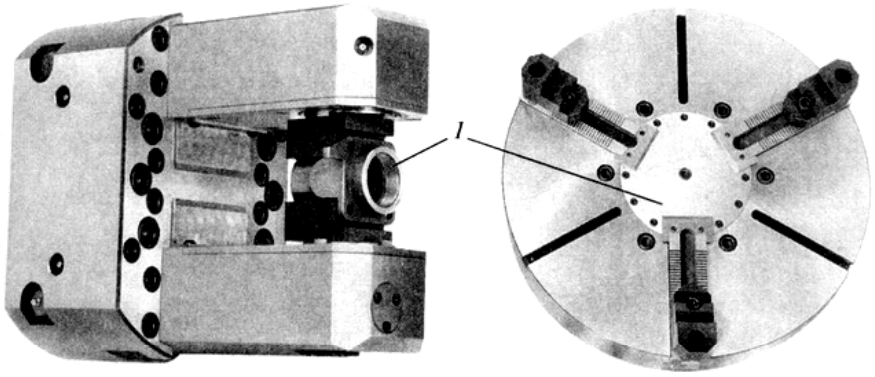


Рис. 1.3. Двухкулачковый (*а*) и трехкулачковый (*б*) самоцентрирующие патроны:

1 – заготовка [7]

Недостатком УБП является продолжение их достоинства: сложность приспособления к нестандартным условиям эксплуатации.

3. *Универсально-наладочные приспособления* (*УНП*) (рис. 1.4) – применяются в условиях многономенклатурного серийного производства, а также при групповой обработке заготовок. Они состоят из базовой сборочной единицы и сменных наладочных элементов (наладки). Наладка УНП осуществляется в основном за счет регулирования наладочных элементов.

4. *Специализированные наладочные приспособления* (*СНП*) (рис. 1.5) – используются в условиях серийного производства. Они состоят из специализированной, чаще всего механизированной, базовой сборочной единицы и специальных сменных наладок для установки близких по схемам базирования, закреплению и по характеру обработки заготовок. Наладка СНП осуществляется за счет смены специальной наладки. По состоянию готовности к работе,

по степени механизации закрепления заготовки эти приспособления близки к образцам специальной станочной оснастки.

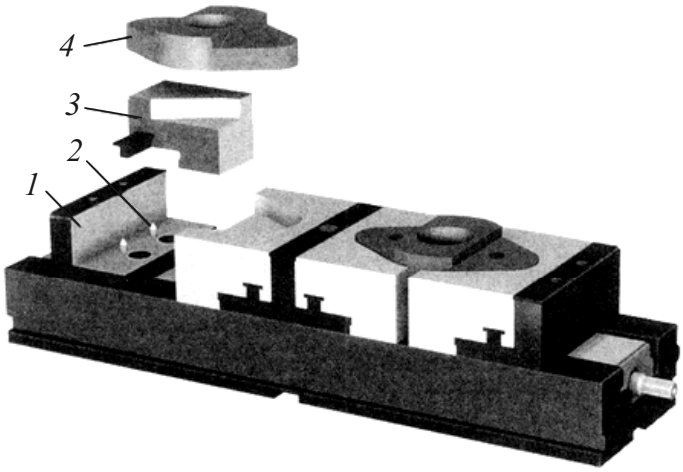


Рис. 1.4. Сменная наладка тисков:
1 – губка; *2* – штыри; *3* – сменная губка; *4* – заготовка [7]

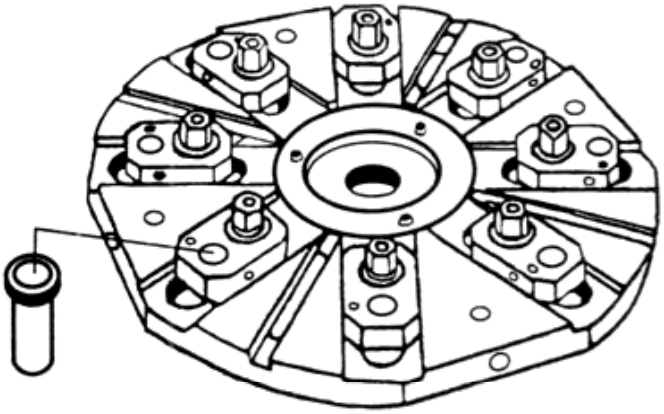


Рис. 1.5. Универсально-сборный накладной кондуктор

Базовый агрегат УНП и СНП состоит из одной или нескольких сборочных единиц и представляет собой на 80–95 % готовое к работе станочное приспособление.

В мелкосерийном производстве применяют, как правило, немеханизированные наладочные приспособления, а в серийном и крупносерийном – при-

способления с пневматическим или гидравлическим приводом зажима обрабатываемой заготовки.

Стоимость сменной наладки значительно меньше стоимости специального приспособления. У одного базового агрегата может быть до 20 сменных наладок, т. е. он заменяет до 20 специальных приспособлений.

Достоинства УНП и СНП: эффективное использование группового метода обработки, обеспечение быстроты и простоты переналадки, сокращение затрат на оснастку по сравнению с затратами на УСП и СРП (на изготовление базового агрегата), значительно большая номенклатура обработки заготовок благодаря применению сменных наладок, а также большего диапазона регулирования наладочных элементов; возможность применения на станках с ЧПУ.

К недостаткам УНП и СНП относятся: необходимость проектирования и изготовления специальных сменных наладок или наладочных регулируемых элементов; отсутствие взаимозаменяемости с элементами других видов переналаживаемой оснастки; недостаточный уровень универсальности и степени унификации базисных агрегатов.

Нарастающие изменения в структуре станочного оборудования потребовали совершенствования оснастки. Появилось новое поколение многоцелевых станков с ЧПУ, которые выполняют почти все операции механообработки, начиная от грубого фрезерования отливок и кончая чистовой расточкой отверстий. К приспособлениям для этих станков предъявляют повышенные требования – высокую жесткость и виброустойчивость, обеспечивающие точность обработки и использование мощностей станков. Необходимость совершенствования систем оснастки диктуется также созданием гибких производственных модулей (ГПМ) и гибких производственных систем (ГПС).

В условиях единичного и мелкосерийного производства для обработки заготовок мелких и средних размеров предлагается применять универсально-сборные приспособления (УСП) и механизированные универсально-сборные приспособления (УСПМ); в серийном производстве – сборно-разборные приспособления (СРП и СРП-ЧПУ).

5. *Универсально-сборные приспособления* (*УСП*) (рис. 1.6) – применяются в единичном и мелкосерийном производстве. Основные элементы УСП изготавливают из хромоникелевой стали по 5–6-му квалитету, их подвергают цементации и калят до HRC 62...64. Это обеспечивает высокую долговечность, полную взаимозаменяемость, сборку и перекомпоновку без предварительной подготовки. Эти качества, а также оперативность сборки создают высокую мобильность УСП. Из элементов УСП можно собирать приспособления для выполнения практически любых операций.

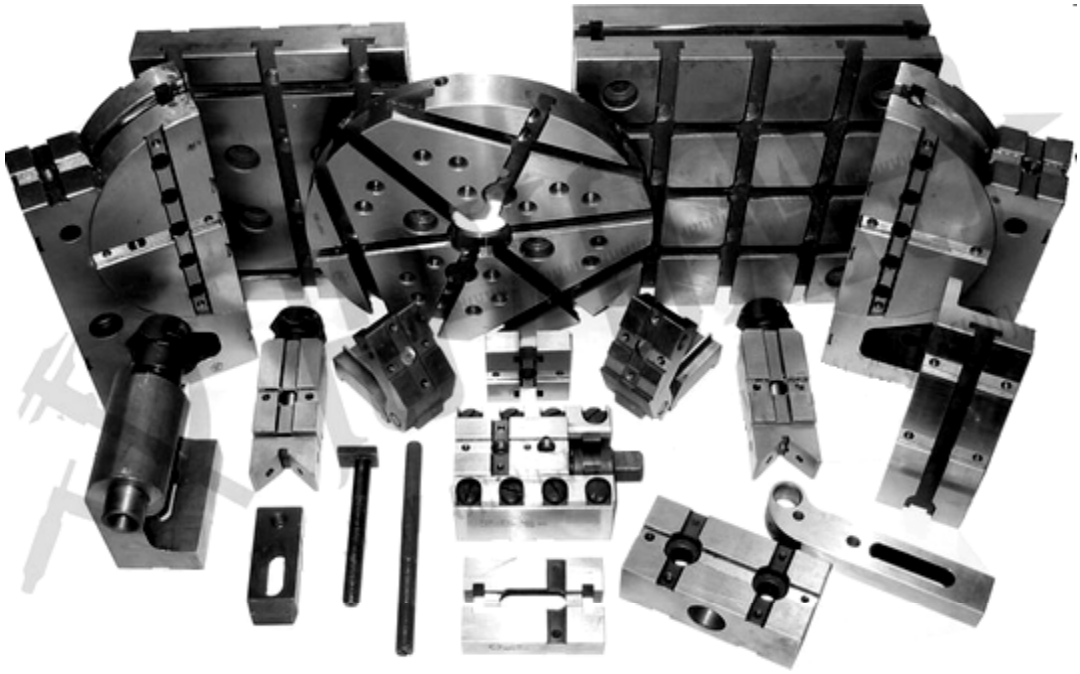


Рис. 1.6. Набор деталей для универсально-сборных приспособлений (УСП)

УСП имеют большой срок службы, что предопределяет возможность многократного применения деталей и сборочных единиц в разных компоновках и создание парка обратимых элементов. Поэтому, несмотря на высокую первоначальную стоимость комплектов УСП, себестоимость компоновок приспособлений часто является приемлемой.

Однако базовые элементы УСП обладают недостаточной жесткостью, вследствие чего приходится занижать режимы резания. Низкая жесткость вызвана наличием Т- и П-образных пазов. Выборки и пазы являются также причиной высокой трудоемкости изготовления деталей УСП.

Компоновки УСП не всегда обеспечивают необходимую точность при обработке крупных партий деталей, так как под воздействием сил резания и наличия большого числа стыков, а также соединения паз–шпонка возникают смещения, приводящие к недопустимым погрешностям. Шпоночное соединение выполняется по посадке H7/h6, что приводит к появлению зазора, равного 0,031 мм (размер паза $12^{+0,019}$ мм, а шпонки $12_{-0,012}$ мм). Наибольшее смещение двух стыкуемых деталей при наличии такого зазора достигает 0,062 мм. Причиной слабой стабильности является также сравнительно малый диаметр крепежных болтов.

Комплект УСП содержит от 1500 до 25 000 деталей. Из комплекта в 20 000 деталей можно одновременно собрать 200–250 приспособлений. Каждый элемент в течение года применяют в различных компоновках приспособлений от 60 до 100 раз. В зависимости от сложности приспособления на его сборку уходит от 0,75 до 13,5 ч, что в десятки раз меньше цикла проектирования и изготовления специального приспособления. Трудоемкость сборки компоновки УСП составляет в среднем около 5 % от трудоемкости специального приспособления.

Бригада из пяти слесарей-сборщиков, одного мастера и конструктора может собрать из комплекта УСП 2500 различных приспособлений в год.

Применение системы УСП в 2–3 раза сокращает сроки технологической подготовки производства. Затраты на восстановление комплекта деталей УСП за год составляют 3,5 % от всей себестоимости комплекта.

Для механизации закрепления заготовок на универсальных станках и станках с ЧПУ применяют *механизированные универсально-сборные приспособления*. Разработаны два вида средств: с крепежными болтами и соединительными пазами 12 и 16 мм. Они обеспечивают полную собираемость со стандартными деталями и сборочными единицами УСП.

Основой комплекта являются гидравлические блоки (рис. 1.7), конструктивно выполненные в виде прямоугольных плит УСП, в корпус которых встроены гидроцилиндры двустороннего действия. Их основное преимущество: для подвода рабочей жидкости к прижимам нет необходимости во внешней разводке трубопроводов высокого давления, которая загромождает рабочую зону, затрудняет установку – съем заготовки и уборку стружки. Однако гидроблоки имеют и ряд существенных недостатков:

- встроенные гидроцилиндры находятся в фиксированном положении относительно корпуса плиты, что затрудняет (или делает невозможным) установку прижима в необходимой точке приспособления;
- размеры гидроблоков не превышают 360×360 мм; для обработки заготовок больших размеров приспособления компонуются из нескольких гидроблоков, что снижает жесткость конструкции;
- не участвующие в работе гидроцилиндры не имеют специального механизма отключения, а это затрудняет наладку компоновки приспособления.

Эти недостатки ограничивают технологические возможности применения механизированных универсально-сборных приспособлений.

6. *Сборно-разборные приспособления* (*СРП*) (рис. 1.8), как и УСП, являются разновидностью оснастки многократного применения. СРП отличаются от УСП элементами фиксации деталей и сборочных единиц. В УСП фиксация деталей осуществляется системой шпонка – точный паз; в СРП элементами фиксации

является цилиндрический палец и точное отверстие. Этот способ обеспечивает довольно большую точность и ее сохранность в процессе эксплуатации.

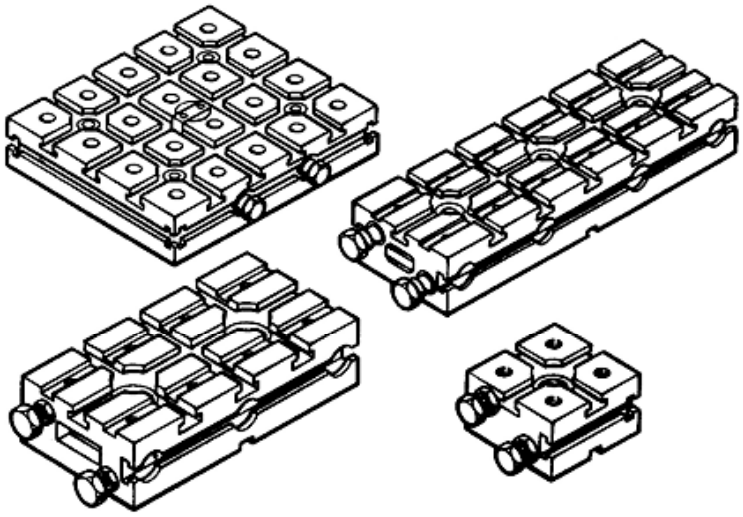


Рис. 1.7. Базовые сборочные единицы УСПМ (гидравлические блоки)

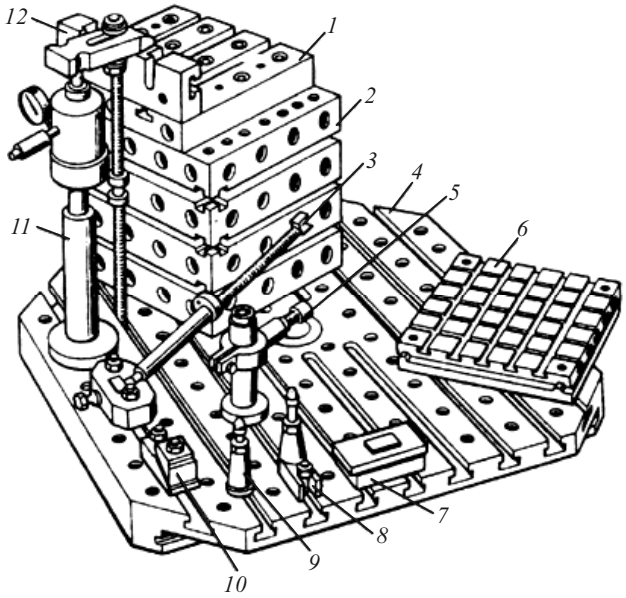


Рис. 1.8. Комплект деталей для сборно-разборных приспособлений (СРП)

Достоинством фиксации палец – точное отверстие является возможность изготовления крупногабаритных базовых деталей и сборочных единиц (плит и угольников и т. д.). Производство плит УСП больших размеров затруднено из-за отсутствия оборудования для шлифования точных пазов. Плиты и другие детали с сеткой точных координатно-фиксирующих отверстий можно изготовлять достаточно больших размеров.

Отличие СРП от УСП заключается также в разном уровне деления компоновки приспособления на составные части. Комплекты УСП в основном состоят из деталей, а комплекты СРП – из сборочных единиц. Более низкий уровень деления компоновок СРП обеспечивает им повышенную жесткость и снижает затраты времени на сборку.

К группе базовых сборочных единиц СРП относятся прямоугольные и круглые плиты как механизированные, так и немеханизированные, различные типы угольников. Прямоугольные немеханизированные плиты представляют собой прямую призму, на верхней поверхности которой имеется сетка координатно-фиксирующих отверстий, выполненных с точностью 7-го квалитета.

Для крепления сменных наладок, установочно-крепежных и других элементов СРП на верхней поверхности плит предусмотрены продольно-направленные Т-образные пазы. Для повышения общей жесткости плиты пазы выполнены только в одном направлении.

Из деталей и сборочных единиц СРП разработаны два специализированных комплекта – первый комплект предназначен для оснащения сверлильных и фрезерных станков с программным управлением, второй – для обрабатывающих центров и расточных станков с ЧПУ.

За рубежом также применяют системы оснастки типа УСП. Конструкции основных деталей оснастки, изготавливаемых за рубежом, аналогичны конструкциям деталей отечественной системы УСП. Известна пазовая системы фирмы Халдер (Halder, Германия, рис. 1.9), а также гнездовая система фирмы Blucotechnik. Первая идентична по своему построению отечественной системе УСП. Интерес представляет система приспособлений фирмы Blucotechnik, Германия.

Базовые элементы (плиты и угольники) этой системы на рабочих поверхностях имеют ряды отверстий двух видов – установочные и крепежные (рис. 1.10), причем эти ряды расположены попеременно, а соседние ряды сдвинуты относительно друг друга на один шаг, равный расстоянию между фиксирующими и крепежными отверстиями. Конструкции всех элементов построены по модульному принципу. Модуль, ограничивающий площадь $L \times B$, является прямоугольником, у которого $L = 35$, так как все отверстия (два фик-

сирующих и одно крепежное) расположены на осевой линии модуля в один ряд. Каждый элемент, имеющий в основании один модуль, крепится одним винтом. Конструкции элементов больших размеров строятся путем увеличения длины или ширины модуля.

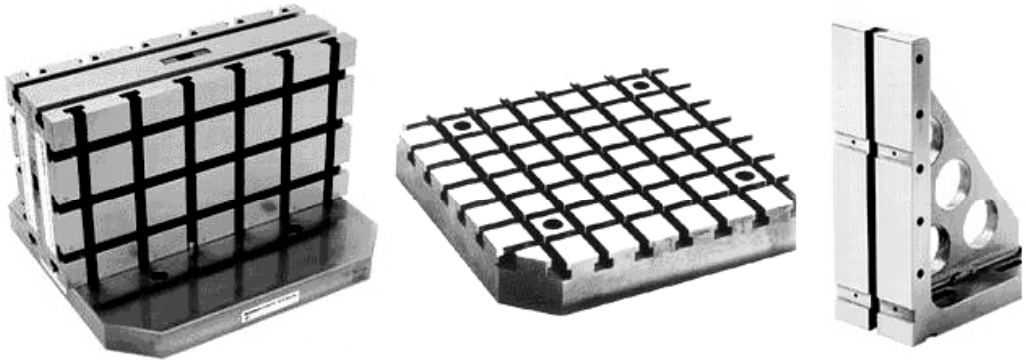


Рис. 1.9. Базовые детали комплекта переналаживаемой оснастки фирмы Halder (Германия)

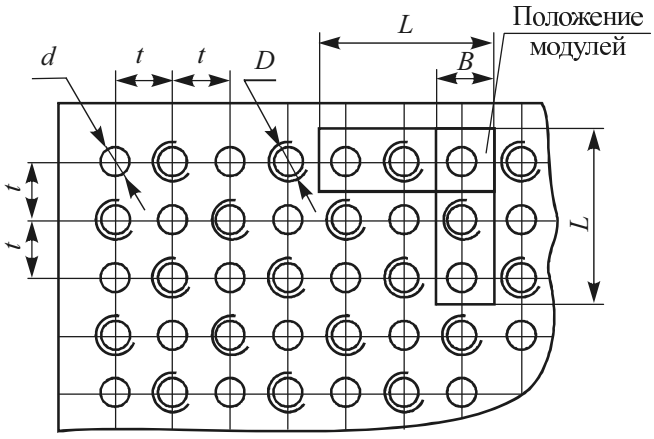


Рис. 1.10. Схема построения модулей системы переналаживаемой оснастки фирмы Blucotechnik (Германия)

Каждая из рассмотренных шести систем оснастки создается с учетом обеспечения эффективности ее использования в определенных условиях производства, для определенной номенклатуры обрабатываемых заготовок, их габаритных размеров и т. д.

1.3. Технико-экономическое обоснование применения станочных приспособлений

Экономический эффект от применения приспособлений определяют путем сопоставления годовых затрат на их изготовление или приобретение и годовой экономии живого труда для сравниваемых вариантов изготовления деталей. Годовые затраты состоят из амортизационных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию приспособления. Годовая экономия получается за счет снижения трудоемкости изготовлении деталей, т. е. за счет сокращения затрат на заработную плату рабочих-станочников и уменьшения цеховых накладных расходов.

Применение приспособлений экономически выгодно в том случае, если годовая экономия от их использования больше годовых затрат, связанных с их эксплуатацией. Экономическая эффективность приспособления определяется также величиной срока окупаемости, т. е. срока, в течение которого затраты на приспособление будут возмещены за счет экономии от снижения себестоимости обрабатываемых деталей.

Необходимо отметить, что в некоторых случаях в целях достижения высокой точности обработки применяют приспособления независимо от их экономической эффективности.

При технико-экономических расчетах, производимых при выборе соответствующей конструкции приспособления, необходимо сопоставлять экономичность различных конструктивных вариантов приспособлений для конкретной операции. Считая что расходы на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию для этих вариантов практически одинаковы, определяют и сравнивают лишь те элементы себестоимости операции, которые зависят от конструкции приспособления. Таким образом, элементы себестоимости обработки для сравниваемых вариантов «*а*» и «*б*» при использовании нового (модернизированного) (себестоимость C_a) и старого (себестоимость $C_б$) приспособлений определяют по формулам

$$C_a = З_a\left(1+\frac{H}{100}\right)+\frac{S_a}{П}\left(\frac{1}{A}+\frac{q}{100}\right) \quad \text{и} \quad C_б = З_б\left(1+\frac{H}{100}\right)+\frac{S_б}{П}\left(\frac{1}{A}+\frac{q}{100}\right),$$

где S_a – затраты на изготовление приспособления по варианту «*а*», руб.; $S_б$ – затраты на изготовление приспособления по варианту «*б*», руб.; $З_a$ – штучная заработная плата станочника при использовании при обработке деталей при-

пособления по варианту «*а*», руб.; $З_б$ – штучная заработная плата станочника при использовании для обработки деталей приспособления по варианту «*б*», руб.; *Н* – цеховые накладные расходы в процентах к заработной плате рабочих; П – годовая программа выпуска деталей, шт; А – срок амортизации приспособлений, годы; *q* – расходы, связанные с эксплуатацией приспособлений (ремонт содержание, регулирование), в процентах от их стоимости.

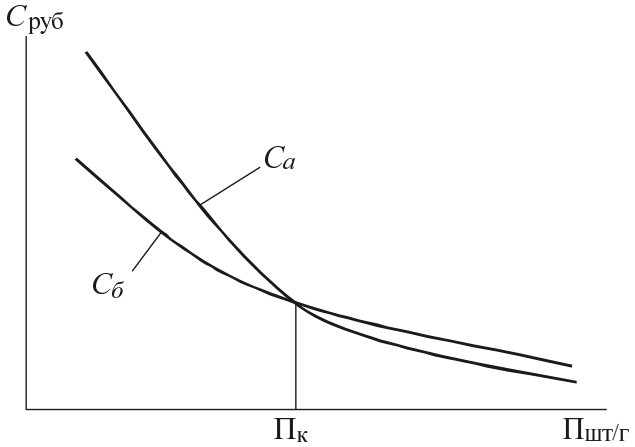


Рис. 1.11. График сопоставления технологической себестоимости при использовании двух вариантов приспособлений

На рис. 1.11 приведен график изменения величин себестоимости $C_а$ и $C_б$ в зависимости от годового выпуска $П_к$ деталей. Точка пересечения обеих кривых соответствует той программе выпуска $П_к$ деталей, при которой оба сопоставляемых варианта в экономическом отношении равноценны. Величину этой программы, а следовательно, и точку пересечение кривых находим, решая совместно уравнения для $C_а$ и $C_б$ относительно $П_к$:

$$П_к = \frac{(S_а - S_б)\left(\frac{1}{А} + \frac{q}{100}\right)}{(З_б - З_а)\left(1 + \frac{H}{100}\right)}.$$

Из графика следует, что если заданная годовая программа П > $П_к$, то выгоднее применять более сложное и дорогое приспособление (вариант «*а*») и,

наоборот, при П < $П_к$ экономичнее применять приспособления по варианту «*б*», простое и недорогое.

Для конкретного расчета $П_к$ нужно знать величины S_a и $S_б$. Однако их точные значения можно определить лишь на основе калькуляции после изготовления рабочих чертежей и разработки технологических процессов изготовления приспособлений. Но такой способ весьма сложен и трудоемок. Поэтому применяют более простые, приближенные способы определения затрат на изготовление приспособлений по формулам

$$S = C_n N \quad \text{или} \quad S = C_0 + C_n N^a,$$

где S – затраты на изготовление приспособлений, руб.; N – количество деталей в приспособлении, шт; C_n – постоянная, зависящая от сложности приспособления и его габаритных размеров.

Для простых приспособлений берут C_n = 15; для приспособлений средней сложности C_n = 30 и для сложных приспособлений C_n = 40. Срок А амортизации приспособления, в течение которого его используют для производства деталей, равен одному году для простых, два-три года – для приспособлений средней сложности и четыре-пять лет – для сложных. Годовые расходы q, связанные с эксплуатацией приспособления, берут равными 20 % от затрат S на его изготовление.

Для определения заработной платы З рабочего-станочника необходимо знать штучное время $t_{шт}$ обработки на данной операции и минутную ставку $З_{мин}$ рабочего-станочника по действующей тарифной сетке:

$$З = t_{шт} З_{мин}.$$

При использовании более совершенного (более дорогостоящего) приспособления время $t_{шт}$, а следовательно, и штучная заработная плата снижаются.

Экономический эффект Э от применения одного приспособления при изготовлении детали определяют с учетом цеховых накладных расходов H:

$$Э = (1 + H)(t_1 e_1 - t_2 e_2) N,$$

где H – цеховые накладные расходы, %; t_1 – трудоемкость операции при использовании старого малопроизводительного приспособления, мин; e_1 – та-

рифная ставка рабочего, руб/мин; t_2 – трудоемкость операции при использовании нового высокопроизводительного приспособления, мин; e_2 – тарифная ставка рабочего после внедрения приспособления, руб/мин; N – годовой объем производства деталей.

Экономически эффективно применять станочные приспособления при выполнении условия

$$\frac{Э}{C_{общ}} \geq 1,$$

где Э – величина предполагаемой экономии цеховой себестоимости обработки детали при применении приспособления, руб.; $C_{общ}$ – стоимость изготовления и эксплуатации приспособления, руб.

Стоимость изготовления и эксплуатации приспособления:

$$C_{общ} = C_{изг} + C_{рем}k,$$

где $C_{изг}$ – цеховая себестоимость изготовления приспособления, руб.; $C_{рем}$ – стоимость одного ремонта за время работы приспособления при обработке заданного количества деталей, руб.; k – количество ремонтов за время работы приспособления до полного износа.

Рассмотрим, как можно определить годовые расходы для различных видов приспособлений от специальных до УСП.

Годовые расходы на одно *специальное приспособление* (СП):

$$З_{сп} = \left(\frac{1 + K_{пр}}{T_{сп}} + K_{эк} \right) C_{ст},$$

где $K_{пр}$ – коэффициент затрат на проектирование специального приспособления (отношение затрат на проектирование и отладку приспособления к затратам на его изготовление в металле, в среднем 0,4); $K_{эк}$ – коэффициент затрат на эксплуатацию специального приспособления (отношение годовых эксплуатационных расходов на приспособление к затратам на его изготовление в металле, в среднем 0,15…0,3); $T_{сп}$ – срок эксплуатации специального приспособления до полного износа, принимают по данным завода (в среднем два го-

да); $1/T_{\text{сп}} = K_{\text{ам}}$ – коэффициент амортизации специального приспособления (в среднем 0,5); $C_{\text{ст}}$ – первоначальные затраты на изготовление специального станочного приспособления, определяют по фактическим затратам инструментального цеха завода или нормативным материалам, руб.

Годовые затраты на одно *универсальное безналадочное приспособление* (УБН):

$$З_{\text{у}} = (K_{\text{ам}} + K_{\text{эк}})C_{\text{ст}},$$

где $K_{\text{ам}} = 1/T_{\text{у}}$ – коэффициент амортизации универсального приспособления; $K_{\text{эк}}$ – коэффициент затрат на эксплуатацию универсального приспособления (отношение суммы эксплуатационных расходов к первоначальным затратам на изготовление приспособления в металле, в среднем 0,2); $T_{\text{у}}$ – срок службы универсального приспособления до полного износа в годах, принимают по опытным данным завода или нормативным материалам (в среднем 6-8 лет), годы; $C_{\text{ст}}$ – первоначальные затраты (цена) на приобретение универсального приспособления, принимают по факту покупки.

Годовые затраты на одно *сборно-разборное приспособление* (*СРП*):

$$З_{\text{сб}} = (K_{\text{пр}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{эк}})C_{\text{ст}} + C_{\text{сб}},$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент затрат на проектирование наладок СРП; $K_{\text{ам}} = 1/T$ – коэффициент амортизации СРП; $K_{\text{эк}}$ – коэффициент годовых затрат на эксплуатацию СРП (в среднем 0,2); $C_{\text{ст}}$ – расходы на приобретение комплекта (при изготовлении заводом – себестоимость) нормализованных и специальных деталей и узлов, из которых собирают СРП, включая затраты на пригонку и доделку этих деталей и узлов и сборку приспособления; T – срок эксплуатации приспособления, принимают по опытным данным завода, годы (в среднем 6 лет); $C_{\text{сб}}$ – стоимость сборки годового комплекта СРП.

Годовые затраты на одно *универсально-наладочное приспособление* (*УНП*) со сменными наладками:

$$З_{\text{ун}} = K_{\text{ун}}C_{\text{ун}} + \left(\frac{1 + A_{\text{нл}}}{T} + K_{\text{нл}}\right)C_{\text{нл}}n,$$

где $K_{\text{ун}}$ – коэффициент эксплуатации УНП (отношение всех расходов на эксплуатацию приспособления за год к себестоимости его изготовления в

металле, в среднем 0,2); $C_{ун}$ – стоимость приобретения приспособления (без сменных наладок), руб.; $A_{нл}$ – коэффициент проектирования и отладки сменной наладки (отношение затрат на проектирование сменной наладки и себестоимости ее изготовления, в среднем 0,5); $K_{нл}$ – коэффициент эксплуатации сменной наладки (отношение расходов по эксплуатации сменной наладки за год к себестоимости ее изготовления, в среднем 0,5); $C_{нл}$ – средняя себестоимость одной сменной наладки, руб.; T – срок эксплуатации наладок, годы (в среднем два года); n – число наладок, собираемых за год на данной основе.

Годовые затраты $З_{УСП}$ на сборку и эксплуатацию *одной компоновки* УСП при условии неоднократной сборки этой компоновки в течение года можно подсчитать по формуле

$$З_{УСП} = \left(A_{УСП} + A_{э}\right) C_{УСП} + \sum S_{сб} t_{сб} q \,.$$

Здесь $C_{УСП}$ – цена комплекта детали УСП; $A_{УСП}$ – коэффициент, учитывающий затраты на амортизацию для комплекта деталей УСП (исходя из десятилетнего срока службы комплекта УСП принимается равным 0,1); $A_{э}$ – коэффициент, учитывающий эксплуатационные расходы (примерно 0,05); $S_{сб}$ – заработная плата слесаря-сборщика компоновок за один час, руб.; $t_{сб}$ – время сборки компоновки и отладки ее на рабочем месте; q – повторяемость (кратность) одной и той же компоновки в течение года.

1.4. Основные конструктивные элементы станочных приспособлений

Конструкции всех станочных приспособлений основываются на использовании типовых элементов, которыми являются:

- установочные элементы, определяющие положение детали в приспособлении;
- зажимные элементы – устройства и механизмы для крепления деталей или подвижных частей приспособлений;
- элементы для направления режущего инструмента и контроля его положения;

• силовые устройства для приведения в действие зажимных элементов (механические, электрические, пневматические, гидравлические);

• корпуса приспособлений, на которые крепятся все остальные элементы;

• вспомогательные элементы, служащие для изменения положения детали в приспособлении и для соединения между собой элементов приспособлений и регулирования их взаимного положения.

Установочные детали приспособлений (рис. 1.12), контактирующие с опорными поверхностями заготовок, применяются в виде опорных штырей, пластин, призм, установочных пальцев и др. В установочную систему приспособлений входят также ориентирующие или центрирующие устройства и механизмы опор.

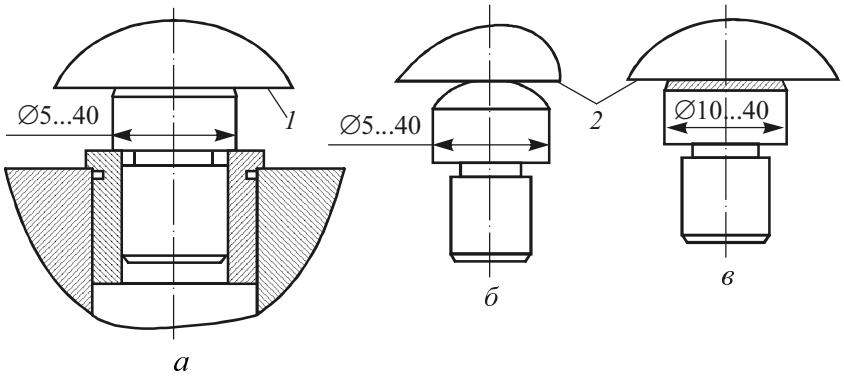


Рис. 1.12. Опорные штыри с плоской (*а*), сферической (*б*) и насеченной (*в*) головкой:

1, *2* – опорная поверхность заготовки [7]

При базировании заготовок плоскими поверхностями установочные элементы выполняются в виде опорных штырей и пластин. Для базирования заготовок цилиндрической формы применяют установочные призмы, а при базировании по отверстию – установочные пальцы.

Ориентирующие и самоцентрирующие устройства (рис. 1.13) позволяют при установке в приспособление заготовок ориентировать их по плоскостям симметрии. В этих случаях приспособления имеют не только центрирующие, но и зажимные устройства.

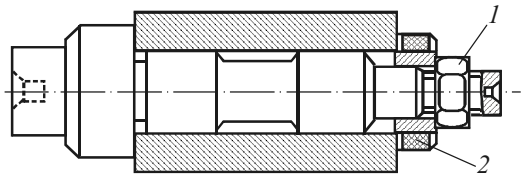


Рис. 1.13. Центрирующая оправка:

1 – зажимная гайка; *2* – быстросъемная шайба

Зажимные элементы должны обеспечивать надежный контакт обрабатываемой заготовки с установочными элементами и препятствовать ее смещению под действием возникающих при обработке усилий. Они не должны вызывать деформации и порчи поверхности деталей. В качестве таких элементов используют клин, винт, эксцентрик, рычаги шарнира.

Элементы для направления режущего инструмента (рис. 1.14) используются при изготовлении деталей на сверлильных и расточных станках. Направление инструмента обеспечивается неподвижными или вращающимися кондукторными втулками. Неподвижные кондукторные втулки бывают постоянными, сменными, быстросменными и специальными.

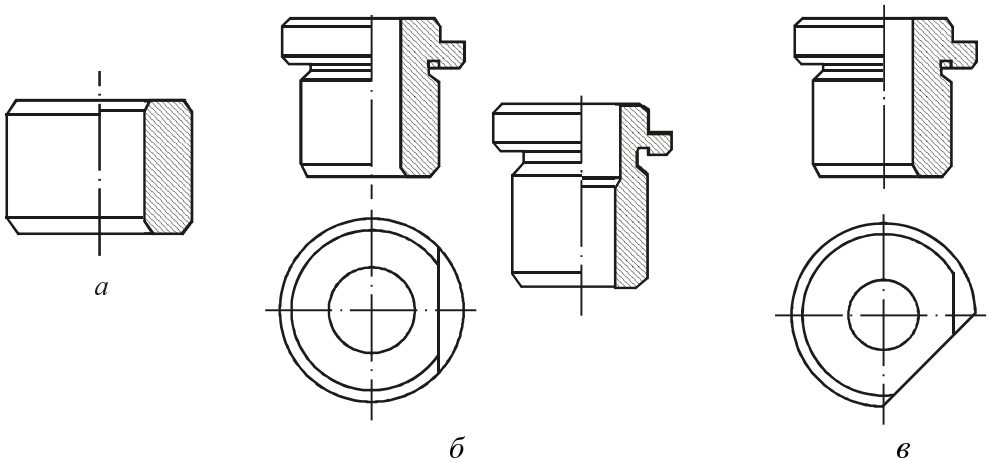


Рис. 1.14. Кондукторные втулки:
а – постоянная; *б* – сменная; *в* – быстросменная

Силовые устройства служат для привода звеньев зажимных механизмов. Они могут быть пневматического, гидравлического, магнитного и другого действия.

Делительные, фиксирующие и вспомогательные элементы (рис. 1.15) используются в приспособлениях для правильного углового или линейного перемещения деталей и их фиксации.

К вспомогательным элементам приспособлений относят выталкиватели, защелки, замки, ручки и другие части.

Корпусные детали приспособлений являются основной частью приспособлений, на которой крепят все остальные элементы. Они воспринимают все усилия, действующие на деталь при ее закреплении и обработке.