

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого»
Кафедра «Технология машиностроения»

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ПОСОБИЕ

для студентов специальности 1-53 01 01
«Автоматизация технологических процессов
и производств (по направлениям)»
дневной формы обучения

*Учебное электронное издание
комбинированного распространения*

Гомель 2023

УДК 004.925.8(075.8)
ББК 32.972.131.2я73
О-75

Составитель *М. Ю. Целуев*

Рецензент: зав. сектором «Технология и переработка полимерных композиционных материалов» гос. науч. учреждения «Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси»
канд. техн. наук, доц. *С. П. Богданович*

О-75 **Основы** автоматизации конструирования технических систем : пособие для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» днев. формы обучения / сост. М. Ю. Целуев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – 91 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; дисковод CD-ROM ; мышь ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-515-2.

Приведены сведения о системах и основах различных видов приспособлений. На примере САПР КОМПАС-3D рассмотрены способы создания геометрических моделей технических систем, документа-спецификации сборочной единицы, а также работа с утилитой Редактор библиотек и библиотекой КОМПАС-Макро.

Для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» дневной формы обучения.

УДК 004.925.8(075.8)
ББК 32.972.131.2я73

ISBN 978-985-535-515-2

© Целуев М. Ю., составление, 2023
© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2023

Оглавление

Глава 1. СИСТЕМЫ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫХ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	3
1.1. Классификация станочных приспособлений по специализации...	4
1.2. Универсально-сборные приспособления.....	9
1.3. Универсально-сборная переналаживаемая оснастка	20
1.4. Сборно-разборные приспособления.....	28
Глава 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В САПР КОМПАС-3D.....	39
2.1. Способы проектирования моделей сборочных единиц	39
2.2. Способы добавления компонентов в модель.....	45
2.3. Фиксация и сопряжение компонентов в модели	47
2.4. Создание массивов геометрических объектов	52
2.5. Структура документа-спецификации.....	68
2.6. Создание спецификации, связанной с графическим документом	71
2.7. Виды и статусы переменных в документах КОМПАС-3D.....	74
2.8. Создание переменных. Присвоение значений переменным.....	76
2.9. Внешние переменные. Таблица внешних переменных.....	79
2.10. Параметрические связи и ограничения. Ассоциативные объекты	81
2.11. Основные способы параметризации. Рекомендации по параметризации чертежей и моделей.....	83
2.12. Назначение и порядок работы с утилитой Редактор библиотек.....	85
2.13. Библиотека Менеджер типовых элементов	86
2.14. Таблица переменных библиотеки Менеджер типовых элементов.....	87
2.15. Структура программы КОМПАС-Макро.....	89
Литература.....	91

Глава 1. СИСТЕМЫ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫХ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1.1. Классификация станочных приспособлений по специализации

Станочные приспособления используются для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках: токарных, сверлильных, фрезерных, расточных, шлифовальных и др. Они являются самой многочисленной группой и составляют 70–80 % общего числа приспособлений [1–3].

По степени специализации станочные приспособления делят на шесть систем [4].

1. **Неразборные специальные приспособления (НСП)** 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 безззорным 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 съема готовых деталей. Основным недостатком НСП является необратимость конструкций, т. е. приспособление отправляется на утилизацию после смены объекта производства на другую модель.

2. **Универсально-безналадочные приспособления (УБП)** 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.).

Недостатком УБП является сложность использования приспособления в нестандартных условиях эксплуатации.

3. **Универсально-наладочные приспособления (УНП)** 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) 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.

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 – приспособления 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 универсально-сборные и сборно-разборные приспособления (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 частным программным управлением (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 заканчивая 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) применяются в единичном и мелкосерийном производстве. Основные элементы УСП изготавливают из хромоникелевой стали по 5–6-му качеству, их подвергают цементации и закаляют до HRC 62–64. Это обеспечивает высокую долговечность, полную взаимозаменяемость, сборку и переконфигурацию без предварительной подготовки. Эти качества, а также оперативность сборки создают высокую мобильность УСП. Из элементов УСП можно собирать приспособления для выполнения широкого диапазона операций.

Универсально-сборные приспособления 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 H7h6, 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 25000 деталей. Из комплекта в 20000 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, 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 компоуются 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), как и УСП, являются разновидностью оснастки многократного применения. Сборно-разборные приспособления 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.

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

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.

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.

1.2. Универсально-сборные приспособления

Универсально-сборные приспособления являются общемашиностроительным видом оснастки, на детали и сборочные единицы которой разработаны и утверждены государственные стандарты и действует единая техническая документация (ГОСТ 31.111.41–83). Данные приспособления являются одним из видов оснастки, элементы которой производят централизованно, и чаще других применяют в механосборочном производстве во всех отраслях промышленности [1–4].

Главное достоинство УСП – повышение технологической оснащенности производства до 10–15 раз по сравнению с объемами оснащения для специальных приспособлений. Это обеспечивается тем, что цикл сборки УСП во времени в 40–50 раз и по трудоемкости в 10–15 раз меньше по сравнению с циклом изготовления специальных приспособлений. Кроме того, элементы УСП характеризуются высокой оборачиваемостью (в течение года каждый элемент УСП применяют в разных компоновках от 60 до 100 раз), долговечностью (срок службы основных элементов УСП – 10 лет). Все это определяет приемлемую себестоимость компоновок УСП.

Универсально-сборные приспособления применяют в единичном и мелкосерийном производстве. Универсально-сборные механизированные приспособления (УСПМ) совместно с УСП могут использоваться в серийном производстве при освоении новой продукции.

Государственный стандарт устанавливает три серии деталей и сборочных единиц УСП (табл. 1).

Конструкция деталей и сборочных единиц УСП обеспечивает точность обработанных деталей до 8-го качества, их взаимозаменяемость. Срок службы базовых деталей, гидравлических блоков и цилиндров – не менее 10 лет; сборочных единиц – 8 лет; установочных, направляющих и крепежных деталей – 2 года.

Из каждой серии деталей и сборочных единиц УСП формируются один или несколько комплектов различного назначения. Так, из элементов серии 2 сформированы комплекты УСП-8 и переналаживаемые круглые накладные кондукторы (ПКНК), из элементов серии

3 – УСП-12, универсально-сборные прямоугольные накладные кондукторы (УСПНК) с шириной паза 12 мм, из элементов серии 4 – УСП-16.

Таблица 1

Основные размеры конструктивных элементов УСП [4]

Конструктивный элемент	Серия	Размеры конструктивных элементов, мм
Т-образный паз, П-образный паз (ширина)	2	8
	3	12
	4	16
П-образный выступ (ширина)	2	8
	3	12
	4	16
Центральное базовое отверстие (диаметр)	2	8, 12, 18, 26, 60, 90
	3	8, 12, 18, 26, 35, 45, 58, 120, 180
	4	45, 70, 90, 120, 150, 180
Резьбовое отверстие (диаметр крепежных резьб)	2	M8
	3	M12 × 1,5
	4	M16

Универсально-сборные приспособления с пазами шириной 8 мм (УСП-8) предназначены для обработки заготовок массой до 5 кг и максимальными габаритными размерами 240 × 120 × 120 мм. Универсально-сборные приспособления с пазами шириной 12 мм (УСП-12) служат для обработки заготовок массой до 60 кг и максимальными габаритными размерами 720 × 360 × 240 мм. Эти приспособления применяются практически на всех предприятиях машиностроительных отраслей промышленности. Универсально-сборные приспособления с пазами шириной 16 мм (УСП-16) используют для обработки заготовок массой до 3000 кг и максимальными габаритными размерами 2400 × 2400 × 960 мм, применяют их в основном на предприятиях тяжелого машиностроения.

Базовые элементы – это детали, которые служат основаниями приспособлений: квадратные, прямоугольные и облегченные плиты, секции прямоугольных плит, плиты круглые с крестообразным и радиально-поперечным расположением пазов, конусные оправки, базовые и токарные угольники, диски, базовые кольца. Конструктивной особенностью базовых деталей является наличие на их рабочих поверхностях сетки Т-образных и шпоночных пазов с шагом, кратным

30 мм. На пересечении осей Т-образных и шпоночных пазов расположены резьбовые отверстия. На нижних поверхностях плит расположены шпоночные пазы, предназначенные для точной ориентации УСП относительно Т-образных пазов стола станка. Ориентацию круглых плит осуществляют кольцевой выточкой и шпоночным пазом, расположенным со стороны нижней поверхности плит.

Корпусные элементы предназначены для образования корпуса приспособления, кроме того, они могут выполнять функции базовых деталей при создании малогабаритных приспособлений или могут быть использованы в качестве соединительных элементов при монтаже крупногабаритных приспособлений. К этой группе деталей относятся прокладки (квадратные, прямоугольные, Т-образные, круглые), подкладки (квадратные, прямоугольные, переходные, угловые с косыми пазами), опоры (квадратные, прямоугольные с установочным отверстием, облегченные, направляющие, угловые, направляющие под клин с установочным отверстием), клинья, проставки (квадратные, квадратные, трехгранные, шестигранные с установочным отверстием), призмы (подкладные, подвижные, опорные, ступенчатые, с хвостовиком), угольники (крепежные, установочные, ребристые, монтажные, с установочным отверстием), планки (соединительные, переходные, ребристые, соединительные с установочным отверстием, промежуточные, двусторонние с установочным отверстием, ступенчатые с установочными отверстиями, Т-образные передвигаемые с установочным отверстием, установочные, направляющие), стаканы Т-образных прихватов, державки валиков, переходники (установочные и центрирующие).

Установочно-направляющие элементы служат для установки и фиксации корпусных деталей относительно базовых деталей и относительно друг друга, а также для настройки размеров приспособления, установки в приспособлениях заготовок и для направления режущего инструмента. К этой группе относятся прямоугольные привертные Т-образные и переходные шпонки, установочные штыри и диски, установочные и переходные пальцы, цилиндрические, грибовые, упорные центры, установочные грибовые пробки, переходные и кондукторные втулки, валики и колонки, оси с буртиком, постоянные с резьбовым хвостовиком и колпачковые опоры, колпачки, ножки, конические хвостовики, прокладные и фиксирующие пластики.

Крепежно-зажимные и вспомогательные элементы используют для соединения между собой элементов приспособления и для закрепления в приспособлениях заготовок. К группе крепежно-

зажимных и вспомогательных деталей относятся прихваты и планки, болты, винты, шпильки, гайки, шайбы, шарнирные ушки и вилки, хомутики, заглушки, кольца, пружины, рукоятки.

Сборочные единицы предназначены для укрупнения монтажных единиц УСП. В эту группу входят поворотные головки, опоры и кронштейны, фиксаторы, угловые опоры, центровые бабки, подвижные призмы, складывающиеся и откидные планки, делительные диски, эксцентриковые, кулачковые, тисочные и пазовые зажимы, клиновые и винтовые прижимы, шарнирные прихваты с призмой, планки с ползунами, планшайбы, прихваты, державки, кронштейны, Сборочные единицы имеют на своих поверхностях Т-образные и шпоночные пазы, которые позволяют соединять их между собой.

Детали и сборочные единицы УСП используют в компоновке приспособлений для ряда металлорежущих станков.

Приспособления для токарных и внутришлифовальных операций требуют особой жесткости и безопасности в работе. Высокие скорости резания вызывают в быстровращающемся приспособлении и в закрепленной в нем заготовке большие центробежные силы. В качестве основания в подобных приспособлениях используют круглые плиты.

По способам монтажа токарные и внутришлифовальные приспособления можно разделить на два вида: 1) приспособления, в которых корпусные, установочные, крепежно-зажимные элементы, а также обрабатываемую заготовку размещают непосредственно на поверхности базовой крутой плиты; 2) приспособления, в которых все элементы и заготовку устанавливают на плоскости токарного угольника, закрепленного на базовой плите. На базовой плите должно быть предусмотрено место для размещения корректирующей массы (деталей УСП или специальных сегментов). Приспособления, работающие с частотой вращения $630\text{--}1200\text{ мин}^{-1}$, следует подвергнуть динамической балансировке.

Универсально-сборное приспособление (рис. 1) для растачивания отверстия в корпусе подшипника на токарном станке собрано на круглой базовой плите 5 диаметром 360 мм. Обрабатываемая заготовка 6 установлена на плите 5 и на двух угольниках 8 и закреплена прихватами 1 и 7, болтами и гайками 3, 2. Статическая балансировка приспособления производится путем закрепления на плите 5 корректирующей массы – сегментных противовесов 4. Для установки

приспособления в шпинделе токарного станка используют конусную оправку 9.

При сборке приспособлений для фрезерных операций следует обеспечить повышенную жесткость приспособления и силу зажима. Приспособление для черновой обработки или для обработки на повышенных режимах (при скоростном фрезеровании) должно быть усилено дополнительными упорными элементами (угольниками, опорами, соединительными планками).

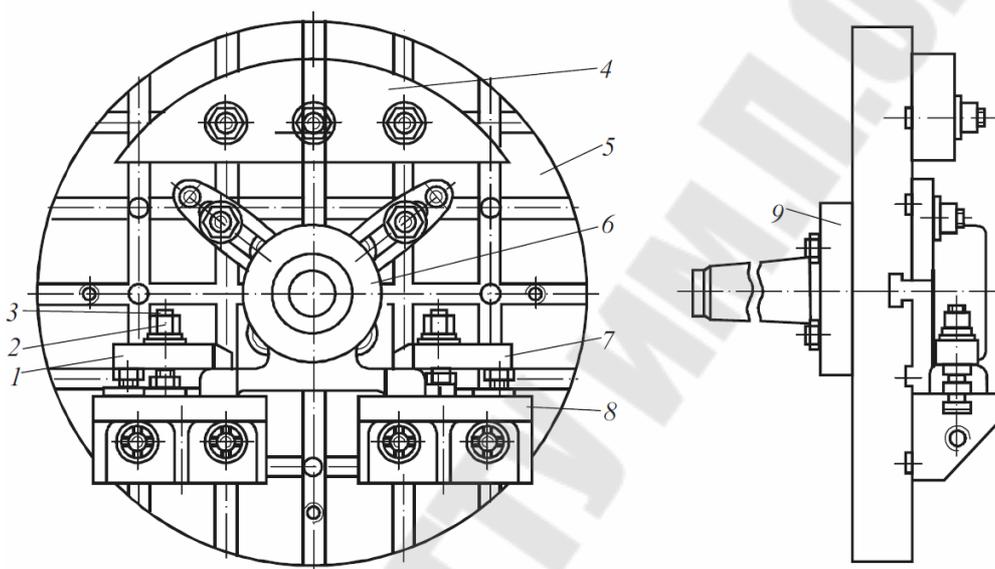


Рис. 1. Универсально-сборное приспособление для растачивания отверстия в корпусе подшипника [4]

Основанием УСП для фрезерования поверхности рычага (рис. 2) служит прямоугольная плита 1 размером 360×180 мм, на плоскости которой на подкладках 2 установлены три опоры 3 (третья опора установлена на подкладке с косыми пазами 4). Обрабатываемая заготовка 5 базируется на опоры 3 и на шпонки 6, установленные в П-образные пазы опор. Закрепляют заготовку тремя прихватами 7, шпильками 5 и гайками 9.

Универсально-сборное приспособление, приведенное на рис. 3, предназначено для обработки на плоскошлифовальном станке поверхностей призмы, расположенных под углом 90° . Основанием приспособления служит прямоугольная плита 9 размером 480×300 мм. На плите закреплены две угловые опоры 8 и два угольника 1, соединенных между собой облегченной плитой 2. Обрабатываемая заготовка 5 базируется на облегченной плите 2, угловых опорах 8 и план-

ке 10. Закрепление заготовки осуществляется прихватами 3 и 7, болтами и гайками 4 и 6.

Приспособления для сверлильных операций подразделяют по типу кондуктора на поворотные-делительные, коробчатые, накладные.

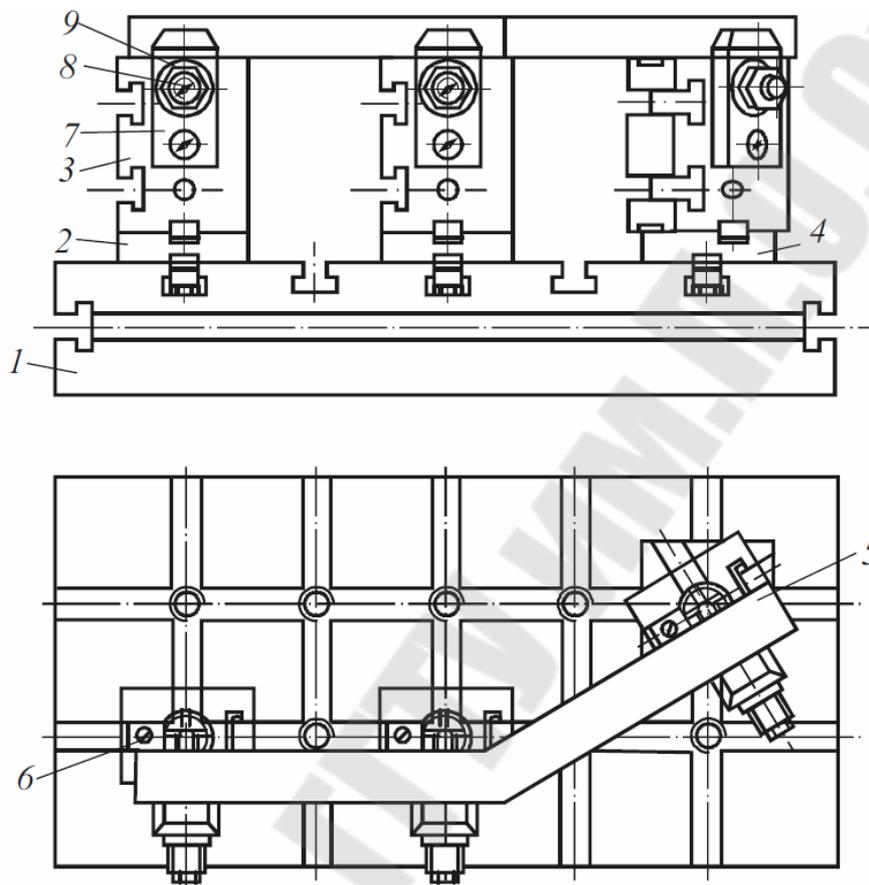


Рис. 2. Универсально-сборное приспособление для фрезерования плоскости рычага [4]

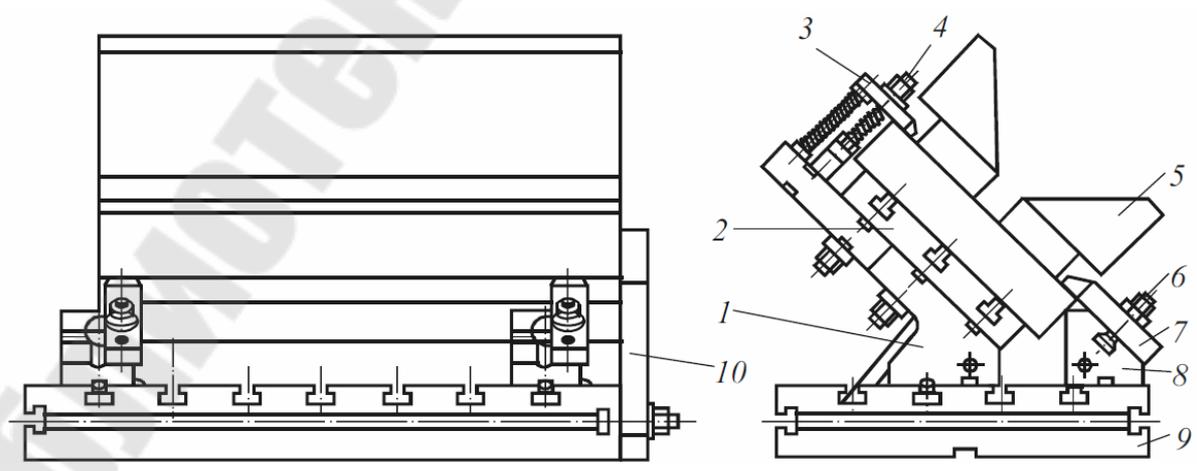


Рис. 3. Поворотный-делительный кондуктор для сверления шести отверстий во фланце барабана [4]

Поворотно-делительный кондуктор для сверления шести отверстий в фланце барабана показан на рис. 4. Основанием приспособления служит поворотная головка 1 с делительным диском 2 и круглой плитой 3. К корпусу головки крепятся опоры 11 и 12, служащие для установки откидной планки 10 и кондукторной планки 9. Обрабатываемая заготовка 7 (барабан) базируется на круглой плите 3 с помощью диска 14, закрепляется прихватами 4, болтами и гайками 5 и 6. Поворот заготовки на угол 60° (угол расположения отверстий на фланце барабана) осуществляется диском 2, который при каждом повороте стопорится фиксатором 13. Сверление отверстий производят через кондукторную втулку 8, установленную в кондукторной планке 9.

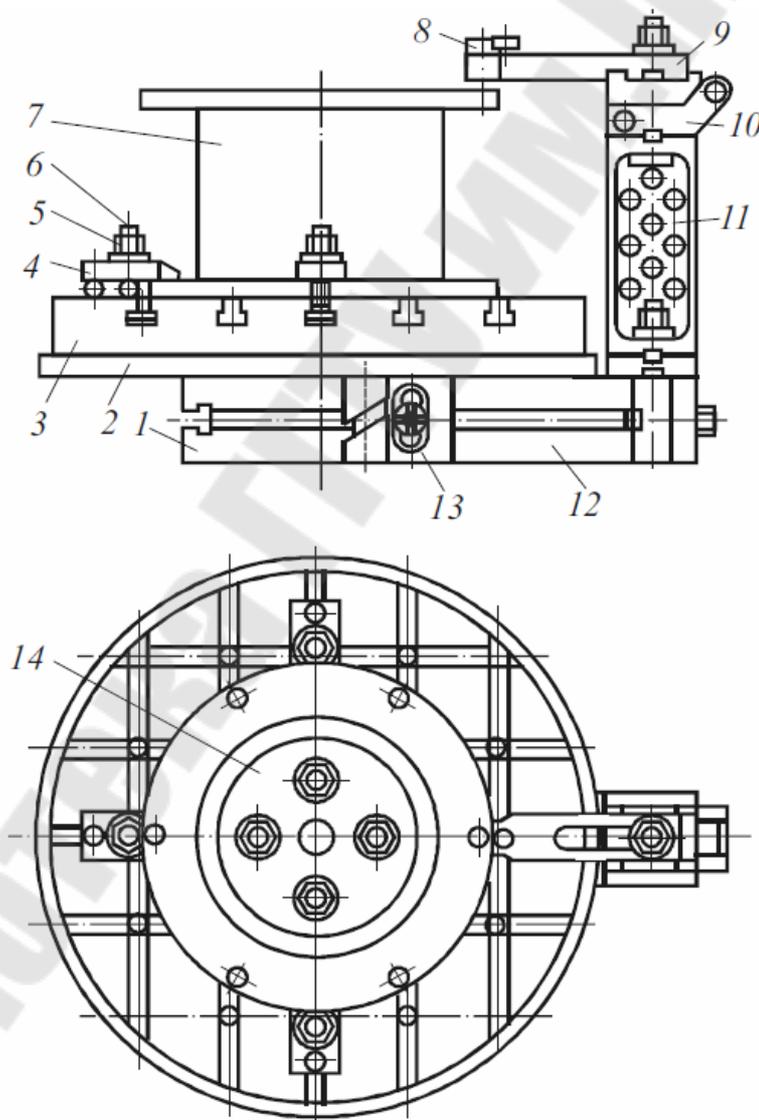


Рис. 4. Универсально-сборное приспособление для шлифования рабочих поверхностей призм [4]

Система УСП была дополнена элементами, которые совместно с деталями комплектов УСП-8 и УСП-12 обеспечивают возможность сборки универсально-сборных круглых накладных кондукторов (УСКНК), переналаживаемых круглых накладных кондукторов (ПКНК), универсально-сборных прямоугольных накладных кондукторов (УСПНК-12).

Универсально-сборный круглый накладной кондуктор (УСКНК), приведенный на рис. 5, для сверления шести отверстий, равномерно расположенных по окружности за пределами зоны делительного диска, состоит из делительного диска 1, на котором установлены по диаметру планки 5 с кондукторными втулками 4 для направления режущего инструмента и сферических опор 2 с мерными кольцами 3, обеспечивающие центрирование кондуктора по отверстию. Универсально-сборный круглый накладной кондуктор крепят к заготовке болтами и прихватами через центральное отверстие диска либо к столу станка.

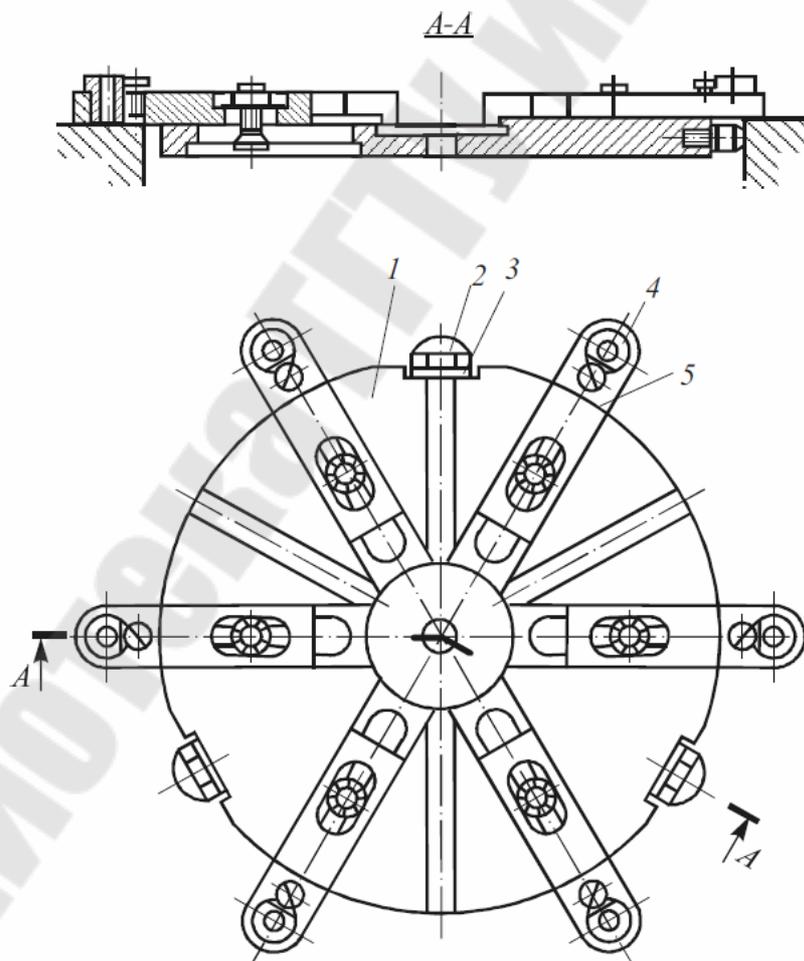


Рис. 5. Универсально-сборный накладной кондуктор для сверления шести отверстий [4]

В тех случаях, когда диаметр отверстия в заготовке, на которое базируют УСКНК, не превышает 420 мм, центрирование и крепление его производят по отверстию посредством самоцентрирующейся головки, устанавливаемой в центральном отверстии делительного диска.

Один из вариантов компоновки УСПНК-12 для сверления десяти отверстий приведен на рис. 6. Каркас прямоугольного кондуктора собран из четырех соединительных планок 1 и 2, скрепленных между собой угольниками 3. На планках закреплено десять проставок 4 с установочными отверстиями, в которые вставлены кондукторные втулки 5. Кондуктор дополнительно снабжен тремя вертикально установленными прихватами 8, выступающими за пределы соединительных планок и служащими для базирования кондуктора на обрабатываемой заготовке. Для закрепления кондуктора на заготовке используют прихваты 6 и винты 7.

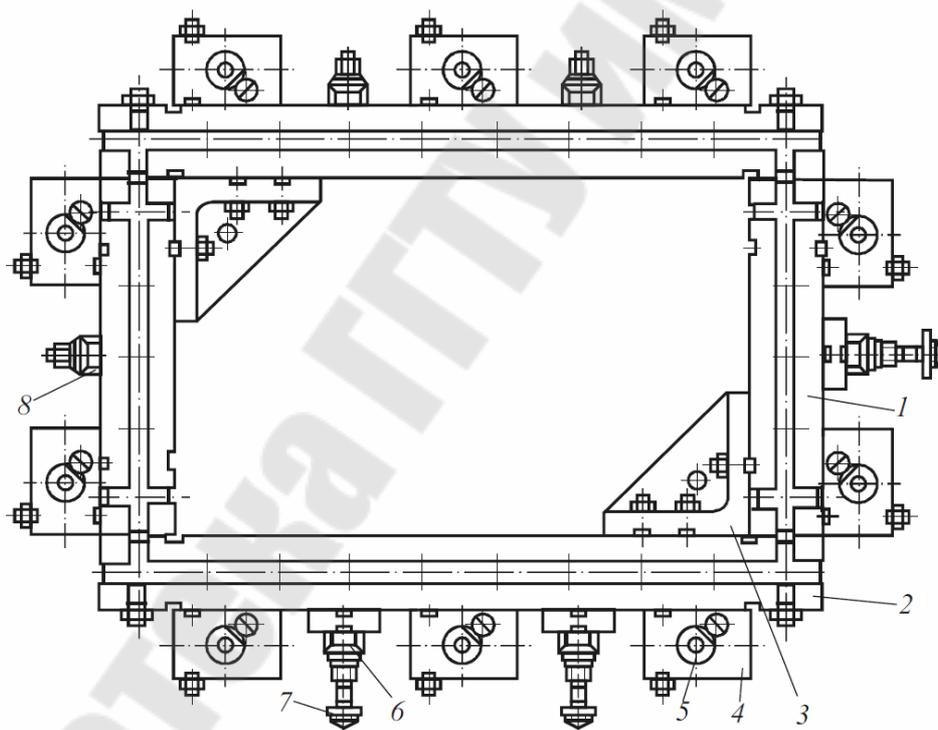


Рис. 6. Универсально-сборный прямоугольный накладной кондуктор для сверления десяти отверстий [4]

Для сокращения вспомогательного времени применяют средства механизации УСП – универсально-сборные приспособления механизированные (УСПМ), которые совместно с деталями УСП образуют механизированный набор деталей и сборочных единиц. Освоено цен-

трализованное изготовление средств механизации для УСП с пазами 12 мм (УСПМ-12 ЧПУ) и с пазами 16 мм (УСПМ-16 ЧПУ).

В состав базовых элементов входят гидравлические блоки (гидроблоки), предназначенные для создания оснований собираемых приспособлений. Гидроблоки выполнены в виде базовых плит УСП прямоугольной формы со встроенными в них гидравлическими цилиндрами двойного действия. Принципиальная конструкция гидроблока представлена на рис. 7. В плите 1 расточены два отверстия под стаканы 2, являющиеся корпусами встроенных гидравлических цилиндров. Наличие встроенных стаканов повышает его ремонтпригодность путем замены стакана. Рабочие поверхности цилиндров имеют износостойкое и коррозионностойкое хромированное покрытие.

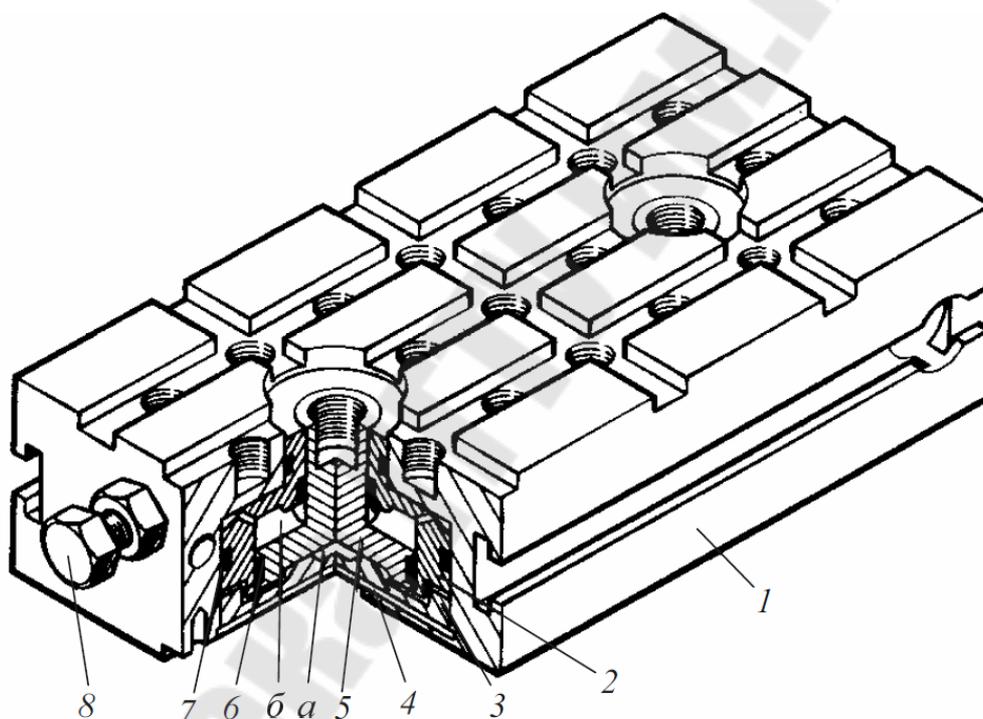


Рис. 7. Гидравлический блок с двумя встроенными цилиндрами [4]

Штоки поршней 5 цилиндров имеют резьбовое отверстие, в которое ввертываются крепежные шпильки, воздействующие непосредственно на зажимные элементы (прихваты) приспособления. Верхние и нижние полости цилиндров соединены между собой внутренними каналами и герметизированы друг от друга с помощью уплотнений 6 и 7. Крышки цилиндров 3 закреплены пружинными кольцами 4. Каждая полость а и б цилиндров гидроблока имеет соединительный штуцер 8 для подключения к источнику питания.

При подаче масла под рабочим давлением в полость *a* поршни создают толкающую силу, а в полость *б* – тянущую силу. Другая полость служит для возврата поршня в исходное положение. Верхние и боковые поверхности гидроблоков являются присоединительными для элементов УСП. На них имеется сетка точных Т-образных или шпоночных пазов и резьбовых отверстий, соответствующая системе УСП.

Гидроблоки обеспечивают на штоке цилиндра силу 28 кН в тянущем варианте исполнения и 30 кН – в толкающем при рабочем давлении 10 МПа. Ход поршней гидроцилиндров – 8 мм.

Приспособление с базовым основанием, собранным из плит УСП и гидроблоков, показано на рис. 8. К базовой плите *б* пристыкованы угольниками *2* три одноцилиндровых гидроблока *1*. Для фрезерования контура бобышек заготовку *5* базируют по двум отверстиям на пальцы. Крепление заготовки производится от гидроблоков через быстросъемные шайбы и шпильки *4*. Одноименные полости цилиндров гидроблоков соединены между собой с помощью резинометаллических трубопроводов *3* и шарнирных тройников.

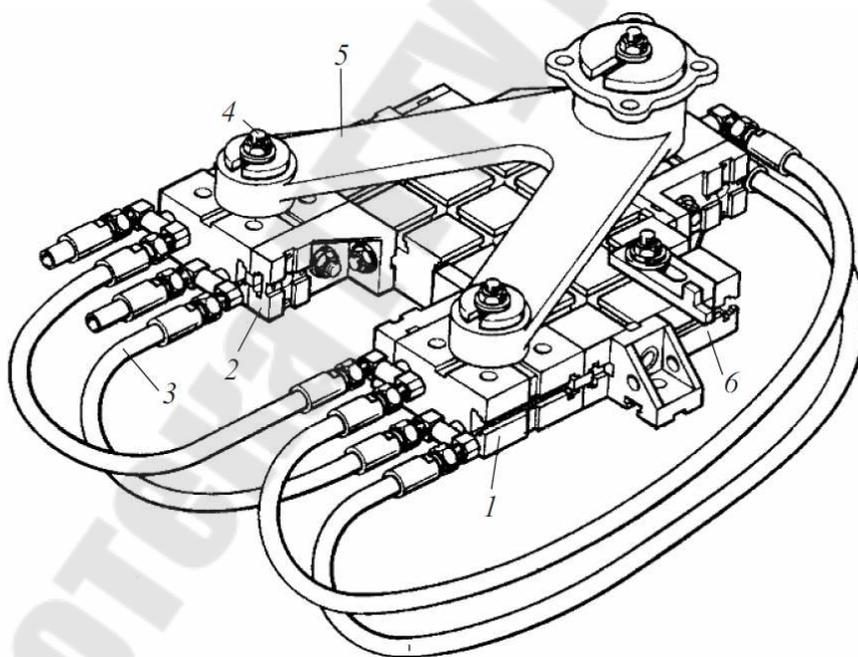


Рис. 8. Гидрофицированное приспособление для фрезерования контура фланца и бобышек [4]

В качестве привода к механизированной технологической оснастке применяют чаще всего пневмогидропреобразователи (пневмогидравлические усилители), которые используют энергию сжатого воздуха.

1.3. Универсально-сборная переналаживаемая оснастка

Исследования показали, что в компоновках УСП погрешности положения блоков опор, являющихся установочными или направляющими поверхностями приспособления, являются результатом суммирования трех составляющих: погрешностей изготовления элементов (60 %), деформаций элементов (30 %) и контактных деформаций (10 %). Последняя составляющая увеличивается прямо пропорционально по мере увеличения числа стыков в блоках опор [4].

В комплексе универсально-сборной переналаживаемой оснастки (УСПО) шпоночные соединения с более плотными посадками существенного снижения погрешностей взаимного положения сопрягаемых элементов не обеспечивают. Это объясняется тем, что при сборке шпоночных соединений наблюдаются перекосы шпонок в пазах, деформации и срез шпонок [4].

Для УСПО в качестве фиксирующих устройств принято особое соединение элементов без зазоров, обладающее способностью стабильно сохранять рабочее состояние в течение всего срока работы, а быстро и легко быть разобранным.

Соединение элементов УСПО обеспечивается двумя разжимными штифтами (рис. 9). Каждый штифт состоит из пальца 1 с двумя коническими поверхностями, основания которых направлены друг к другу, из двух разрезных втулок 2 с коническими отверстиями и двух упругих шайб 3. Под действием зажимного элемента (болта, шпильки) соединяемые детали приспособления, например, опора 4 и плита 5, прижимаются до полного закрытия стыка Δ . При этом опора и плита донышками глухих отверстий давят через шайбы на втулки, которые, перемещаясь по пальцу, увеличиваются в диаметре, выбирают зазор Δ_1 и создают натяг в соединении.

Беззазорный способ соединения повышает компактность, жесткость, точность компоновок приспособлений и совмещает надежность специальной оснастки с положительными качествами универсально-сборной. Например, стабильность положения элементов при многократной сборке-разборке повышается в 3–5 раз по сравнению со шпоночным соединением, жесткость соединения при статических нагрузках повышается на 20–30 %, а при динамических – в 2–4 раза.

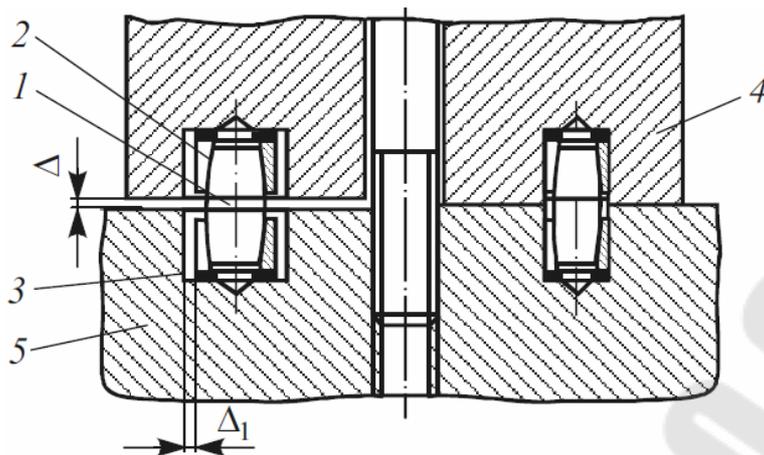


Рис. 9. Беззазорное соединение элементов комплекса универсально-сборной переналаживаемой оснастки [4]

Модуль конструкции элементов комплекса представляет собой квадрат, стороны которого для серии 12 составляют 45 мм, а для серии 16 – 60 мм (рис. 10), (табл. 2). Предпочтение модулю квадратной формы было отдано еще и потому, что путем введения в состав комплекса переходных подкладок *1* (рис. 11), у которых с одной стороны имеются шпоночные пазы по типу П-образных пазов УСП, а с другой – глухие фиксирующие отверстия, принятые для комплекса УСПО, обеспечивается собираемость элементов комплекса с элементами УСП.

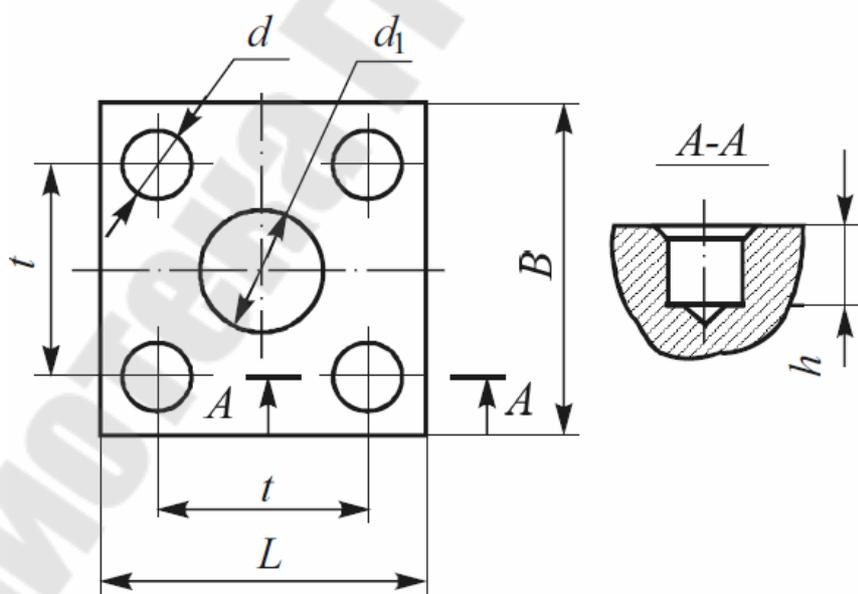


Рис. 10. Модуль элементов комплекса универсально-сборной переналаживаемой оснастки [4]

Соотношение размеров в модуле элементов комплекта универсально-сборной переналаживаемой оснастки, мм [4]

Серия	L	B	t	d	d ₁	h
12	45	45	30	10H7	18	11
16	60	60	40	12H7	22	13

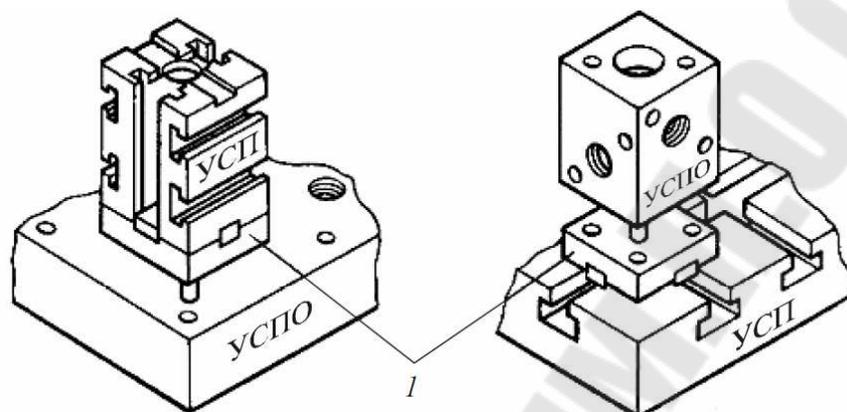


Рис. 11. Взаимособираемость элементов универсально-сборных приспособлений и универсально-сборной переналаживаемой оснастки с помощью переходных прокладок [4]

Элементы комплекса УСПО по основному функциональному назначению объединены в группы: базовые, корпусные, направляющие, установочные, зажимные и др. По конструктивному исполнению все элементы разделены на детали и сборочные единицы (немеханизированные и механизированные).

Базовые элементы комплекса – плиты прямоугольной, квадратной и круглой формы и угольники – используют в качестве оснований.

Для обеспечения ориентации базовых плит на столах станков и спутников в центре плит на основании выполнены цековки (рис. 12), которые обеспечивают связь с центральным отверстием столов станков и спутников. Для закрепления плит в углах их рабочей поверхности, а также по оси симметрии имеются резьбовые отверстия, диаметры которых на размер больше, чем диаметры остальных крепежных отверстий. Эти отверстия могут быть использованы и для других целей, например, чтобы собрать основание (плиту) большой площади из двух или нескольких плит с помощью подкладных плит. Такая компоновка может быть выполнена при сборке приспособления для маятниковой обработки заготовок на станках с ЧПУ.

Подобная компоновка может быть использована при облицовке плитами 3 УСПО относительно больших по габаритам столов станков 1

и спутников (рис. 13), используемых в гибких производственных системах (ГПС) с применением крепежных элементов 2.

Круглые базовые плиты применяются для сборки токарных приспособлений, а также могут быть использованы в качестве планшайб на поворотно-делительных головках, содержащихся в комплексе элементов УСПО.

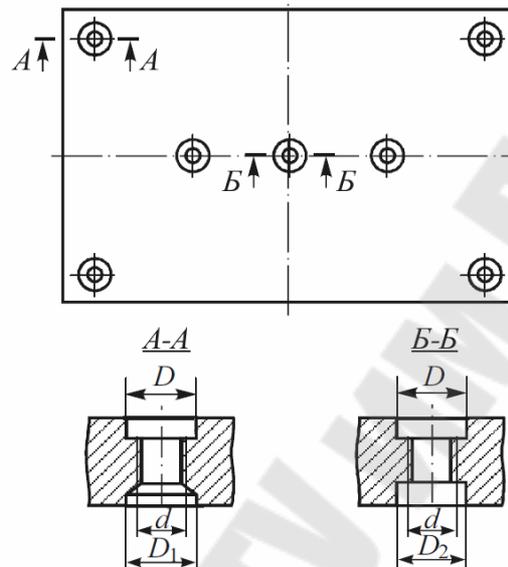


Рис. 12. Форма и расположение крепежных отверстий в базовых плитах [4]

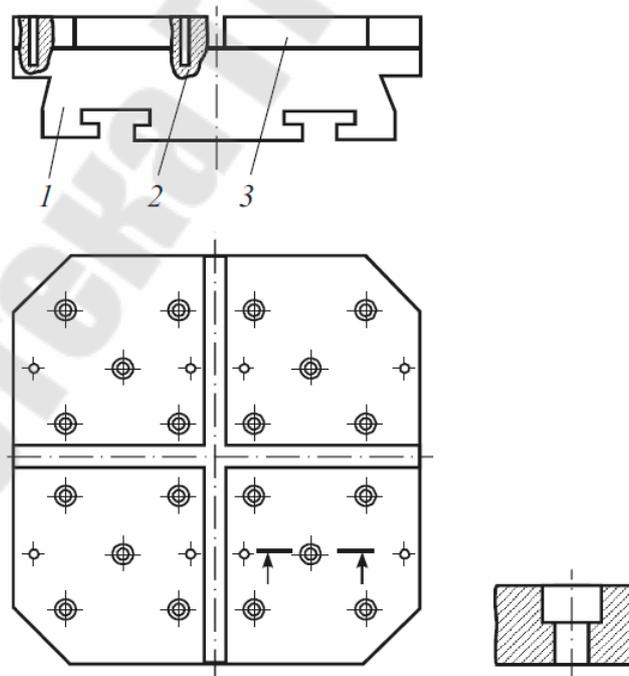


Рис. 13. Спутник гибких производственных систем, облицованный плитами универсально-сборной переналаживаемой оснастки [4]

Базовые угольники, имеющие по четыре рабочие поверхности (лицевая, две боковых и верхняя), предназначены для создания вертикальных поверхностей с сеткой фиксирующих и крепежных отверстий. Это обеспечивает компоновку приспособлений для обработки заготовок крышек, поддонов и других деталей плоской формы.

Основой построения всех корпусных деталей УСПО в качестве модуля принят квадрат. Конструкции корпусных деталей строились по схеме, приведенной на рис. 14. В качестве примера на схеме изображены четыре типа корпусных деталей: одномодульные квадратная опора 1 и призма 3, имеющие по одному крепежному отверстию, двухмодульная прямоугольная и четырехмодульные опоры (2), (4).

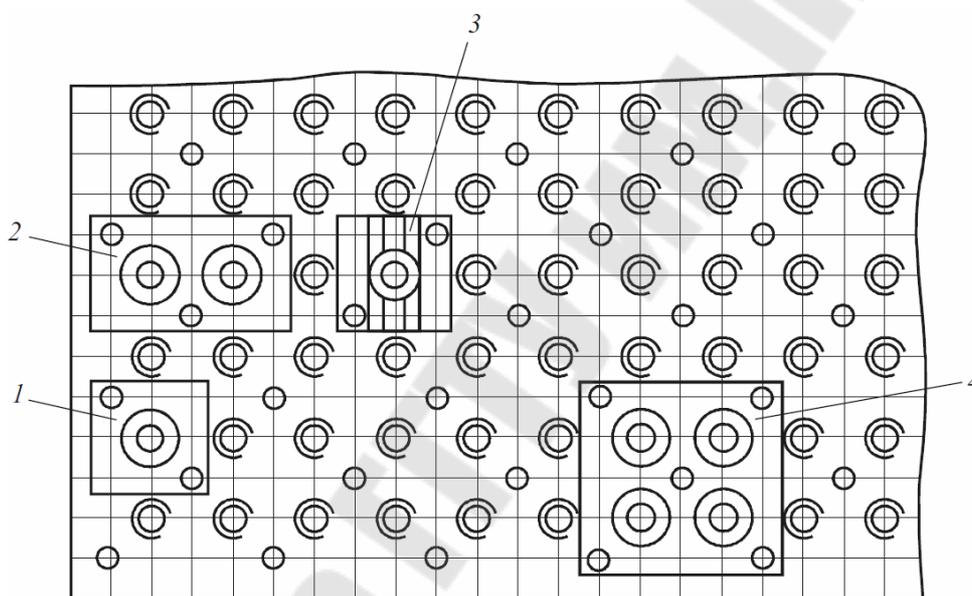


Рис. 14. Схема построения размерного ряда элементов универсально-сборной переналаживаемой оснастки[4]

Типичные корпусные детали – квадратные и прямоугольные силовые опоры (рис. 15, а) – обеспечивают сборку корпусов; облегченные опоры (рис. 15, б), имеющие коробчатое сечение с тонкими стенками, используют в качестве подставок для соединения базовых или опорных деталей; установочные опоры (рис. 15, в) применяют для размещения установочных пальцев, штырей, валиков, колонок и других деталей, служащих для установки заготовок по обработанным отверстиям; призмы (рис. 15, г–е), которые устанавливаются или непосредственно на базовые, детали, или на квадратные или прямоугольные опоры.

Установочные элементы используют в компоновках приспособлений в качестве баз для установки обрабатываемых заготовок: колпачковые опоры, диски, пальцы, упоры, штыри и т. д.

Зажимные элементы – прихваты, прижимы, зажимы, планки, качалки, шайбы быстросъемные и др. В качестве опоры для прихватов используют крепежные шпильки различной длины.

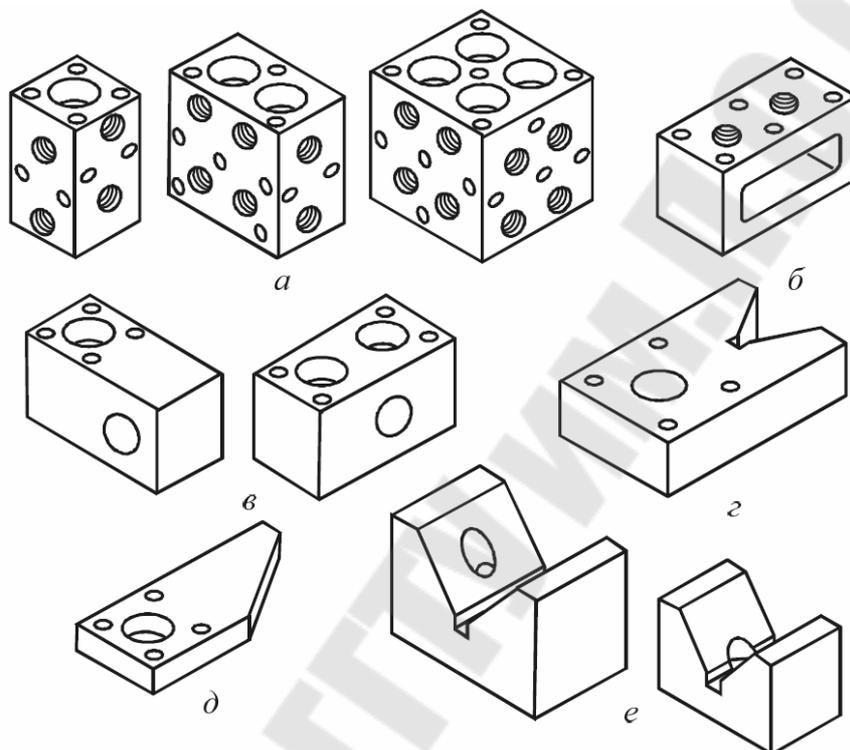


Рис. 15. Типовые корпусные детали универсально-сборной переналаживаемой оснастки [4]

Конструкции деталей этой группы аналогичны конструкциям деталей УСП. Исключение составляет, например, установочный диск (рис. 16). Для перемещения его по поверхности базовой плиты на диске с одной торцевой стороны выполнен П-образный паз шириной 12 мм (рис. 16, а), который при использовании имеющейся в комплекте специальной шпонки 2 (рис. 16, б) позволяет перемещать, установочный диск по одной координате. Повернув диск на 90° и переустановив шпонку, можно перемещать диск по другой координате. В случае, когда необходимо зафиксировать диск по имеющимся на другой торцевой поверхности отверстиям, диск переворачивают на 180° . В таком положении фиксация осуществляется с помощью штифтов 1.

В состав комплектов УСПО входят несколько типоразмеров гидрофицированных базовых оснований.

Общий вид базовой гидрофицированной плиты показан на рис. 17. На рабочей поверхности корпуса плиты 2, кроме мест для установки гидроцилиндров, закрытых пробками 3, выполнена сетка резьбовых (б) и точных фиксирующих (а) отверстий. Резьбовые отверстия закрыты пробками 5. Входные отверстия каналов для разводки рабочей жидкости, выполненные по вертикальным плоскостям корпуса плиты, закрыты пробками 4.

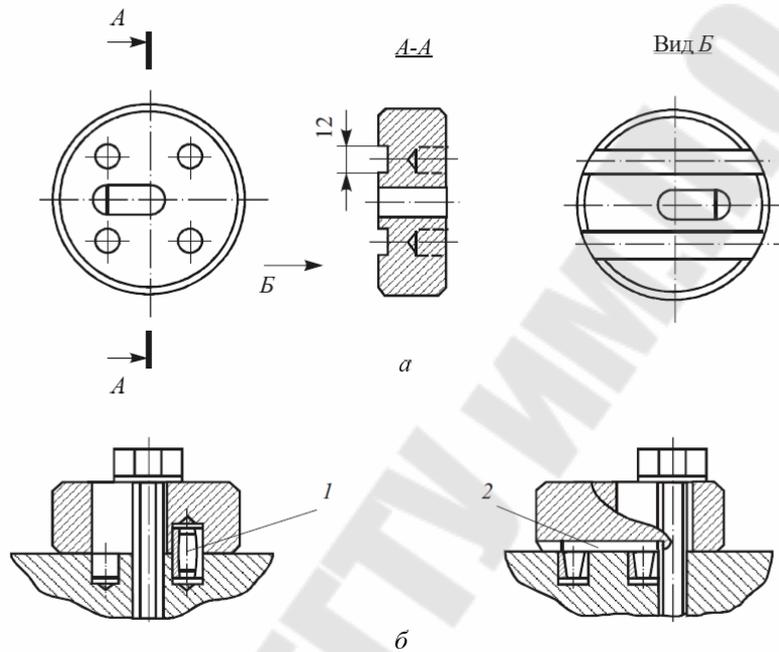


Рис. 16. Установочный диск универсально-сборной переналаживаемой оснастки [4]

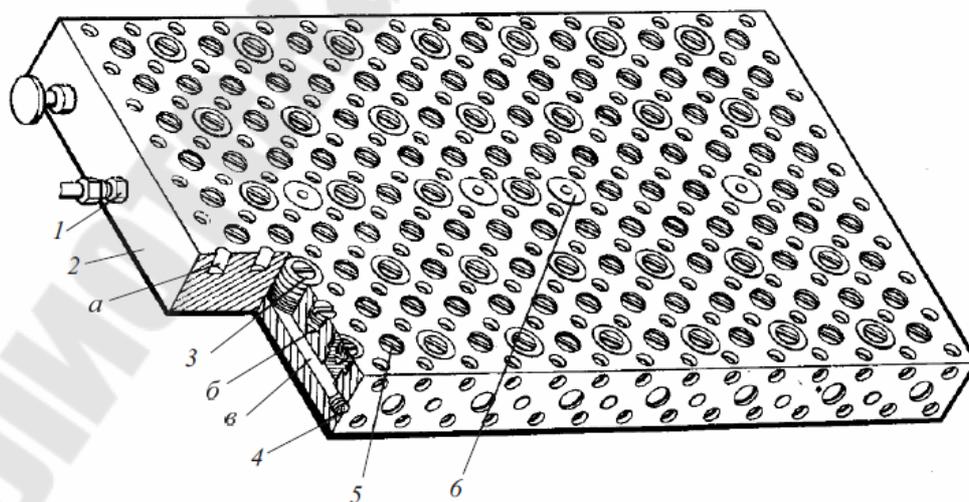


Рис. 17. Конструкция гидрофицированной базовой плиты универсально-сборной переналаживаемой оснастки [4]

Плита состоит из корпуса 2 (рис. 17), в котором выполнена сетка каналов *a* и *б* для подачи гидравлической жидкости к быстросъемным гидроцилиндрам (на схеме не показаны). Гидроцилиндры присоединяются к плите посредством отверстий *в*, которые закрыты заглушками. Подача жидкости от привода, например, пневмогидропреобразователя, осуществляется через штуцер *1*.

Закрепление заготовки осуществляется с помощью быстросменных бесшланговых гидроцилиндров. Между выступами гидроцилиндров и отверстиями для их установки в базовой плите размещены стандартные уплотнения. Для возможности регулирования положения гидроцилиндров цилиндрические выступы выполнены относительно корпуса гидроцилиндра с эксцентриситетом. Для установки гидроцилиндров на необходимую высоту *h* применены переходники. Цилиндрический выступ переходника может быть выполнен с эксцентриситетом относительно места их установки.

При механической обработке на станках с ЧПУ возникает необходимость обрабатывать деталь с минимальным числом переустановок. Компоновки приспособлений, в которых обеспечивается обработка поверхностей заготовок с шести сторон, показаны на рис. 18.

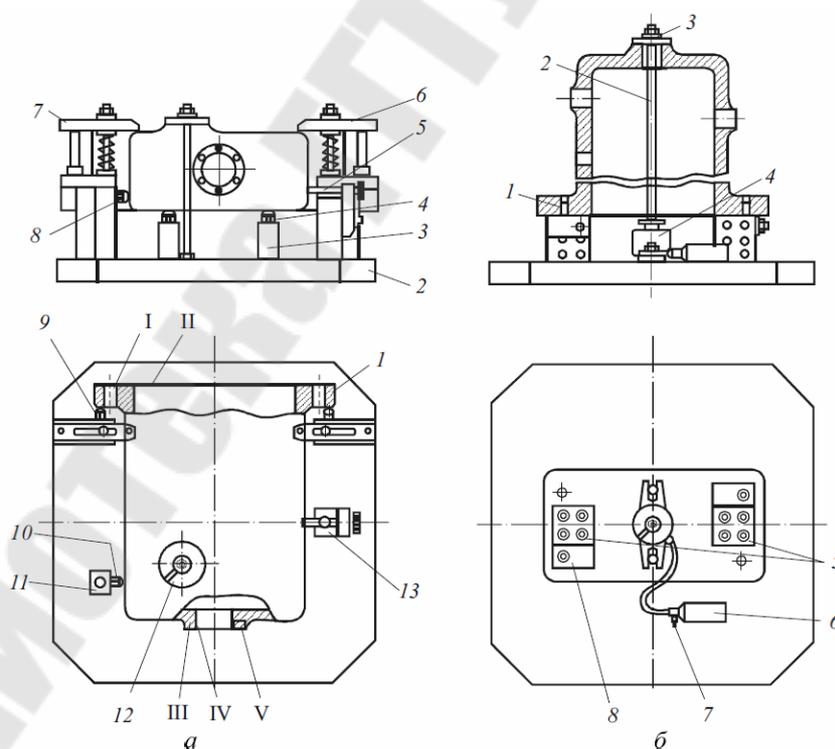


Рис. 18. Компоновка приспособлений для обработки корпуса с шести сторон за два установка [4]

В первом приспособлении (рис. 18, а) заготовки обрабатываются с двух сторон, ограничивающих ее высотный размер. Заготовка 1 устанавливается с помощью трех колпачковых опор 4, смонтированных на квадратных одномодульных опорах 3. В качестве направляющих точек служат опоры 8 и 10, из которых первая смонтирована на блоке опор, несущих прихват 7, а вторая – на боковой поверхности опоры 11. Заготовка прижимается к направляющим опорам винтовым прижимом 5, установленным посредством прихвата на опоре 13. От продольного перемещения заготовка ограничена опорой 9. Заготовку зажимают двумя прихватами 6 и 7, а также быстросъемной шайбой 12 и крепежной шпилькой, проходящей через отверстия в заготовке. В этой компоновке обрабатывают основание и крепежные отверстия со стороны основания (поверхности I и II), поверхность III, поверхность отверстия IV и группу крепежных отверстий V.

Во втором приспособлении (рис. 18, б) заготовка ориентируется относительно осей базовой плиты с помощью двух пальцев 1, установленных в опорах 5. Установочные опоры крепятся к блокам четырех модульных опор 5, которые одновременно являются и опорными поверхностями для обрабатываемых заготовок. Заготовка обработанным основанием прижимается быстросъемной шайбой 3 с помощью шпильки 2, ввернутой в цилиндр 4 тянущего типа, который трубопроводом соединен с гидроаккумулирующим устройством 6. Масло поступает в приспособление через приемную часть быстросъемного соединения 7. В этом приспособлении фрезеруют все фланцевые поверхности, сверлят крепежные и растачивают установочные отверстия, расположенные на четырех сторонах заготовки.

1.4. Сборно-разборные приспособления

Сборно-разборные приспособления (СРП) являются разновидностью оснастки многократного применения. Они собираются из заранее изготовленных деталей и сборочных единиц с применением сменных наладок. Для сборки приспособлений повышенной точности рекомендуется доработка базовых поверхностей деталей СРП, контактирующих с заготовкой [4].

Сборно-разборные приспособления отличаются от УСП и УСПО элементами для фиксации и крепления деталей и сборочных единиц, а главное – уровнем деления приспособления на составные части.

В УСП фиксация деталей осуществляется системой шпонка–точный паз. Система фиксации в СРП цилиндрический палец–точное отверстие. К эксплуатационным преимуществам СРП относятся:

- более высокие параметры точности приспособления, а также сохранение этих параметров в процессе эксплуатации;
- возможность создания крупногабаритных компоновок приспособлений на монолитной плите, что обеспечивает повышенную жесткость системы, позволяющую работать на более высоких режимах обработки.

Основным преимуществом системы фиксации палец–отверстие является возможность изготовления крупногабаритных базовых деталей и сборочных единиц. Размеры плит УСП не превышают 360×360 мм. Затруднение в производстве плит больших размеров связано с отсутствием оборудования для шлифования точных пазов. Плиты с сеткой точных координатно-фиксирующих отверстий можно можно производить значительно больших размеров.

Основное отличие СРП и УСП – разный уровень деления компоновки приспособления на составные части. Комплекты УСП в основном состоят из деталей, а комплекты СРП – из сборочных единиц, что создает им повышенную жесткость, и на их сборку требуется меньше времени.

По функциональному назначению детали и сборочные единицы СРП можно разделить на несколько групп: базовые сборочные единицы, обеспечивающие установку на них всех остальных групп деталей и сборочных единиц; установочные детали и сборочные единицы – для пространственного положения обрабатываемых заготовок в приспособлении; прижимные детали и сборочные единицы, обеспечивающие закрепление заготовок; крепежные и фиксирующие детали; прочие детали и сборочные единицы.

К группе базовых сборочных единиц относятся прямоугольные плиты и угольники. На верхней поверхности плиты (рис. 19) нанесена сетка координатно-фиксирующих отверстий *a*, предназначенных для фиксации положения специальных сменных наладок, установочных и других деталей и сборочных единиц СРП. Эти отверстия могут быть использованы в качестве «нулевой точки» при применении приспособлений на станках с ЧПУ. Для закрепления специальных сменных наладок, установочных, крепежных и других деталей и сборочных единиц служат Т-образные пазы *б*. Центральное отверстие *в* предназначено для привязки плиты к центральному отверстию стола станка с ЧПУ. Отверстие *г* служит для дополнительного крепления плиты к столу станка.

Размеры плиты от боковых поверхностей δ до осей горизонтальных рядов координатно-фиксирующих отверстий выполнены с высокой точностью, что позволяет использовать боковые поверхности в качестве баз. Для крепления опорных и наладочных элементов на боковых поверхностях предусмотрена сетка резьбовых отверстий e . На нижнем основании плиты имеются два точных отверстия, расположенные в продольной плоскости симметрии плиты, которые предназначены для фиксации плиты по пазам стола станка с помощью шпонок.

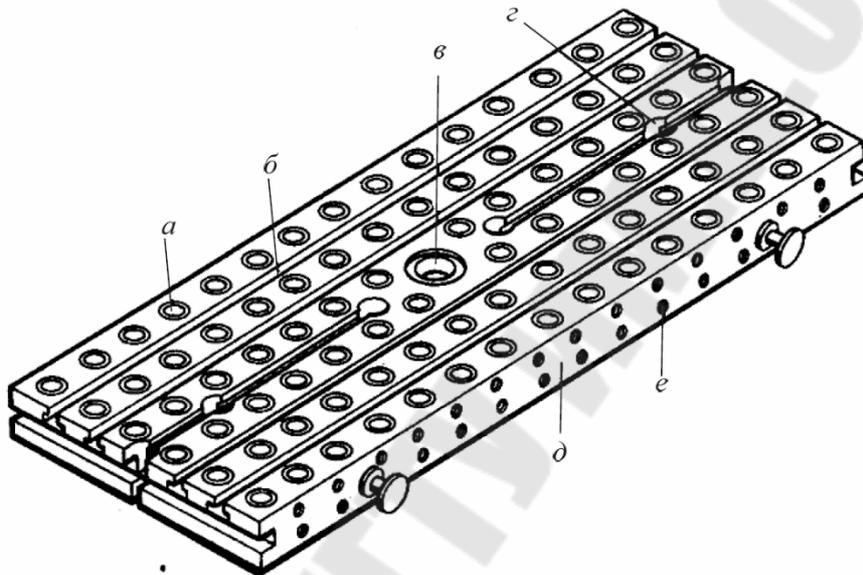


Рис. 19. Немеханизированная базовая плита сборно-разборного приспособления [4]

Координатно-фиксирующие отверстия плиты закрыты пластмассовыми пробками. Верхний торец пластмассовой пробки не выступает над рабочей поверхностью плиты и не препятствует установке на ней других деталей СРП.

Угольники (рис. 20) служат для установки и закрепления обрабатываемой заготовки по вертикальной плоскости.

Передняя поверхность угольника a снабжена сеткой координатно-фиксирующих отверстий b и вертикально-направленными крепежными Т-образными пазами $в$. В днищах Т-образных пазов $в$ предусмотрены сквозные прорези, через которые может быть осуществлен привод зажимных устройств, расположенных на передней поверхности a , от гидроцилиндров, смонтированных на задней поверхности угольника (или в его внутренней полости).

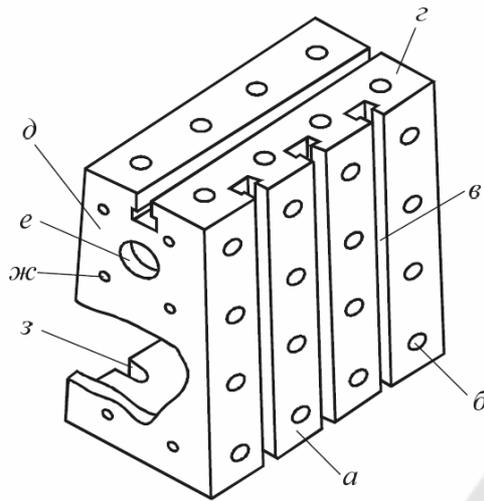


Рис. 20. Угольник сборно-разборного приспособления [4]

На верхней поверхности *г* предусмотрены сетка координатно-фиксирующих отверстий и один крепежный Т-образный паз, предназначенные для закрепления сменных наладок, например, кондукторных планок. Размер угольника от боковой поверхности *д* относительно осей координатно-фиксирующих отверстий выдержан с высокой точностью, что позволяет использовать эту поверхность в качестве базы. Для крепления на боковой поверхности опорных и наладочных элементов предусмотрена сетка резьбовых отверстий *жс*. Для крепления на столе станка в основании угольника выполнены пазы *з*, а для точной фиксации на прямоугольной плите (или на столе станка) в основании угольника имеются два точных отверстия для пальцев-шпонок и одно нейтральное отверстие, которое может быть использовано при установке угольника на столе станка с ЧПУ. Для транспортирования имеются два транспортных отверстия *е*.

Установочные детали и сборочные единицы (рис. 21) обеспечивают пространственное положение обрабатываемых заготовок. К группе установочных деталей и сборочных единиц относятся опорные планки, опоры и другие детали и сборочные единицы, в том числе и специальные сменные наладки.

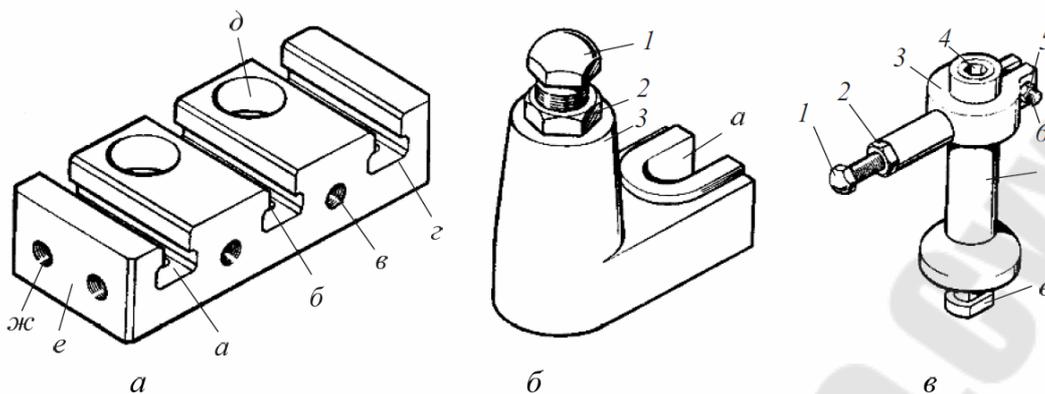


Рис. 21. Установочные детали и сборочные единицы сборно-разборного приспособления [4]

Опорная планка (рис. 21, *a*) предназначена для использования ее в качестве установочной базы для обрабатываемых заготовок. Для этого может быть применена любая из четырех боковых поверхностей или горизонтальная поверхность опорной планки. Опорные планки также могут служить высотным компенсатором при креплении на них опор, прижимов, других деталей и сборочных единиц СРП. Опорные планки имеют поперечные Т-образные пазы *a* и координатно-фиксирующие отверстия *б*, с помощью которых они фиксируются на базовых плитах или угольниках и крепятся болтами через отверстия *д*. Величины размеров, от осей координатно-фиксирующих отверстий до боковых плоскостей *г* и торцовых поверхностей планки *e* выполнены с точностью $\pm 0,02$ мм. Резьбовые отверстия *в* и *жс* предназначены для крепления упорных планок или других деталей, обеспечивающих заданное положение заготовки в продольном или поперечном направлениях.

Регулируемая подводимая опора (рис. 21, *б*) и универсальная регулируемая опора (рис. 21, *в*) служат для ориентации заготовки в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно.

Регулируемая подводимая опора может быть использована в качестве опорного элемента как для обрабатываемой заготовки, так и для прихвата при сборке зажимного устройства. Роль опорного элемента выполняет винт *1* с шестигранной головкой. Винт фиксируется контргайкой *2*. Регулируемая подводимая опора может быть установлена в любом месте рабочей поверхности базовой плиты или угольника СРП благодаря наличию продольного паза *a* в корпусе *3*.

Универсальная регулируемая опора (рис. 21, *в*) может выполнять функцию боковой опоры (установочной базы) и при необходи-

мости – бокового поджима обрабатываемой заготовки к установочным базам приспособления. Стойка 7 опоры крепится с помощью Т-образного болта 8, который затягивается гайкой 4. На стойке установлена колодка 3 с нажимным винтом 1, необходимую величину вылета которого фиксируют контргайкой 2. Положение колодки можно регулировать по высоте и углу поворота вокруг вертикальной оси и стопорить болтами 6 и гайкой 5. Минимальное расстояние от основания опоры до оси нажимного винта – 35 мм, максимальное – 130 мм.

К группе прижимных деталей и сборочных единиц относятся различные типы прижимов (рис. 22). Т-образный прижим (рис. 22, а) предназначен для одновременного закрепления двух заготовок. Если расстояние до обрабатываемых заготовок неодинаковое, планка прихвата 4 может быть смещена вдоль паза *a*. Зажим заготовки осуществляют одновременно правым и левым плечами планки прихвата с помощью болта 7, устанавливаемого в переходник 1, который закреплен в Т-образном тазу гайкой 3 с шайбой 2. Возврат планки прихвата в исходное положение осуществляется пружиной 8, установленной в специальной шайбе 9. Высота зажима обрабатываемой заготовки может регулироваться в пределах до 60 мм болтом 7, ввинчиваемым в переходник 1. Для самоустановки планки прихвата относительно обрабатываемых заготовок под болтом 7 размещены сферическая 5 и коническая 6 шайбы.

Прижим с откидной планкой (рис. 22, б) предназначен для закрепления заготовок типа тел вращения. Прижим устанавливают в Т-образный паз с помощью переходников 1 и 18 и стопорят, соответственно, гайками 3 и 16 с шайбами 2 и 17. Регулируют высоту закрепления обрабатываемой заготовки путем завинчивания болта 5 и цапфы 13 в переходники с последующим стопорением их гайками 4 и 15. Перед установкой обрабатываемой заготовки планка 9 с установленной на оси 8 призмой 7 поворачивается влево вокруг оси 6, а болт 12 откидывается вправо вокруг оси 14. После установки обрабатываемой заготовки планка и болт возвращаются в исходное положение, а рабочий-станочник гаечным ключом зажимает обрабатываемую заготовку гайкой 11 с шайбой 10. Прижим с откидной планкой обеспечивает силу закрепления обрабатываемой заготовки до 45 кН при приложении к гайке 11 крутящего момента 100 Н · м.

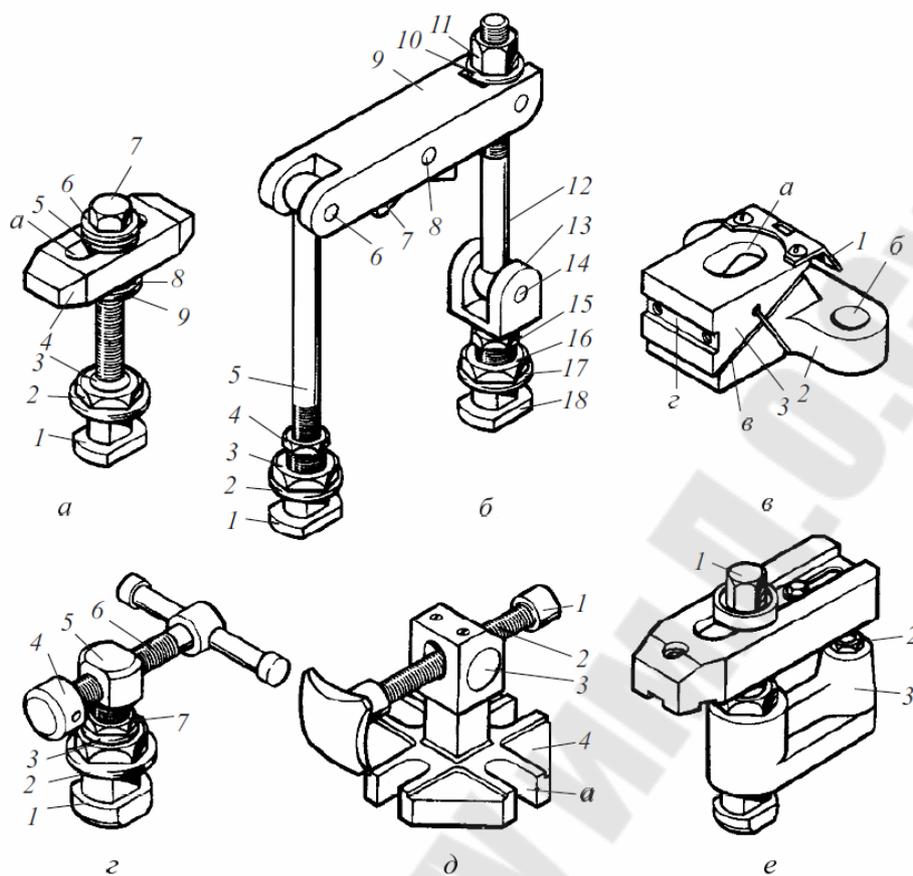


Рис. 22. Прижимы сборно-разборного приспособления [4]

Клиновый прижим (рис. 22, в) предназначен для зажима обрабатываемой заготовки по ее вертикальной поверхности. Его устанавливают в Т-образный паз базовых единиц болтами, размещенными в отверстиях *a* и *б*. Обрабатываемую заготовку зажимают клином 3, который перемещается относительно корпуса 2 по скосу *в*. Если заменить болт, устанавливаемый в отверстие *a*, шпилькой, один из концов которой ввернуть в шток встроенного цилиндра прямоугольной плиты с гидравлическим приводом, то можно получить механизированный вариант клинового прижима. Возврат клина 3 в исходное положение осуществляется плоской пружиной 7. На вертикальной поверхности клина 3 может быть установлена сменная наладка, которую фиксируют с помощью шпоночного паза *г*.

Подводимый прижим (рис. 22, г) предназначен для предварительного поджима заготовки к базовой поверхности посредством нажимного винта *б*, смонтированного в стойке 5, завинченной в переходник 7, и зафиксированного гайкой 7. Переходник 1 устанавливают в Т-образный паз на базовой сборочной единице и стопорят гайкой 3 с шайбой 2. На конце нажимного винта шарнирно установлена пята 4.

Универсальный прижим (рис. 22, *д*), как и подводимый, предназначен для предварительного поджима обрабатываемой заготовки к базовой поверхности. Зажим заготовок осуществляется винтом 2, устанавливаемым на поворотной оси 3, помещенной в корпусе 4. Прижим крепят на базовой сборочной единице болтами через пазы *а*. На конце винта шарнирно установлена пята 1. Угол наклона зажимного винта к плоскости основания составляет 0–30°. Универсальный прижим облачает высокой жесткостью при силе закрепления обрабатываемой заготовки до 3 кН.

Прижим с отводимым прихватом (рис. 22, *е*) предназначен для ручного закрепления обрабатываемых заготовок. Регулируемая опора 2 установлена в корпус 3. Так как зажим осуществляется с помощью стандартного гаечного ключа, в конструкции применен болт 1 с высокой головкой, обеспечивающей более удобную и безопасную работу. Высота закрепления обрабатываемой заготовки прижимом с отводимым прихватом 65–115 мм.

Переходник (рис. 23, *а*) предназначен для установки на базовых плитах или угольниках СРП деталей и сборочных единиц УСП. Переходник фиксируется пальцами по точным отверстиям *а* на базовой плите или угольнике. На верхней поверхности переходника выполнена сетка Т-образных пазов *в*, по размерам и шагу совпадающих с элементами системы УСП. Крепление переходника в базовой плите СРП осуществляется болтами через отверстия *б*.

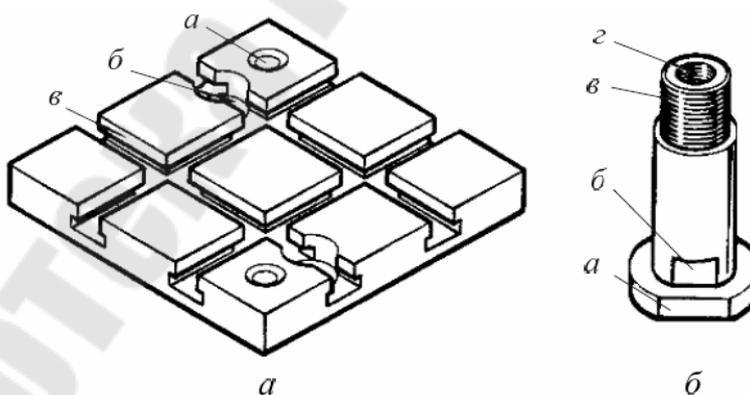


Рис. 23. Переходники сборно-разборного приспособления [4]

Переходник (рис. 23, *б*) предназначен для установки и закрепления на базовых сборочных единицах с Т-образными пазами шириной 8 мм установочных и прижимных сборочных единиц с Т-образными пазами шириной 12 мм. Переходник представляет собой цилиндриче-

скую гильзу, на которой выполнены лыски a и b с размерами, соответствующими размерам Т-образного паза шириной 12 мм. На наружной цилиндрической поверхности переходника имеется резьба $в$ для закрепления его гайкой в Т-образном пазу базовой сборочной единицы, внутри переходника – резьба $г$ для установки сборочных единиц СРП.

Применение переходников расширяет технологические возможности СРП, так как позволяет компоновать приспособления на крупногабаритных плитах с Т-образным пазом шириной 12 мм для обработки заготовок больших размеров.

К группе механизированных сборочных единиц относятся прямоугольные гидравлические плиты двух типов (со встроенными и быстросъемными гидроцилиндрами) и гидравлический прижим с отводным прихватом.

Прямоугольные гидравлические плиты (рис. 24) отличаются от немеханизированных наличием системы каналов в корпусе плиты.

Преимущество механизированных приспособлений СРП со встроенными гидроцилиндрами (рис. 24, a) заключается в том, что резинометаллические трубопроводы не выступают над рабочей поверхностью плиты. Это облегчает установку и съём обрабатываемых заготовок, а также уборку стружки. Снижается время на сборку приспособлений, так как к источнику питания подключается меньшее число точек (не более двух). К недостаткам таких плит следует отнести ограниченную возможность создания на их базе компоновок приспособлений. Это связано с фиксированным положением на плите встроенных в корпус 1 гидроцилиндров 2 . Кроме того, плиты со встроенными гидроцилиндрами имеют высокую металлоемкость и большую массу.

Прямоугольные гидравлические плиты с быстросменными гидроцилиндрами (рис. 24, b) обеспечивают сборку бесшланговых приспособлений. Плита состоит из корпуса 1 , в котором выполнена сетка каналов для подачи рабочей жидкости к быстросъемным гидроцилиндрам. Гидроцилиндры присоединяются к плите посредством отверстий, которые в нерабочем состоянии закрыты заглушками 2 .

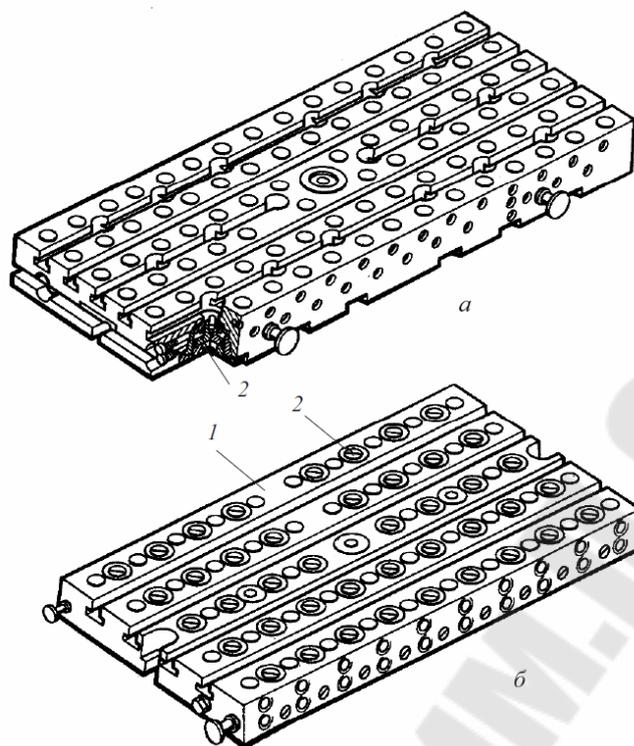


Рис. 24. Прямоугольные гидравлические плиты сборно-разборного приспособления [4]

Особенность компоновки приспособления (рис. 25) для обработки двух деталей типа рычаг на сверлильном станке с ЧПУ заключается в том, что в приспособлении применены не только элементы комплекта СРП, но и элементы комплекта УСП.

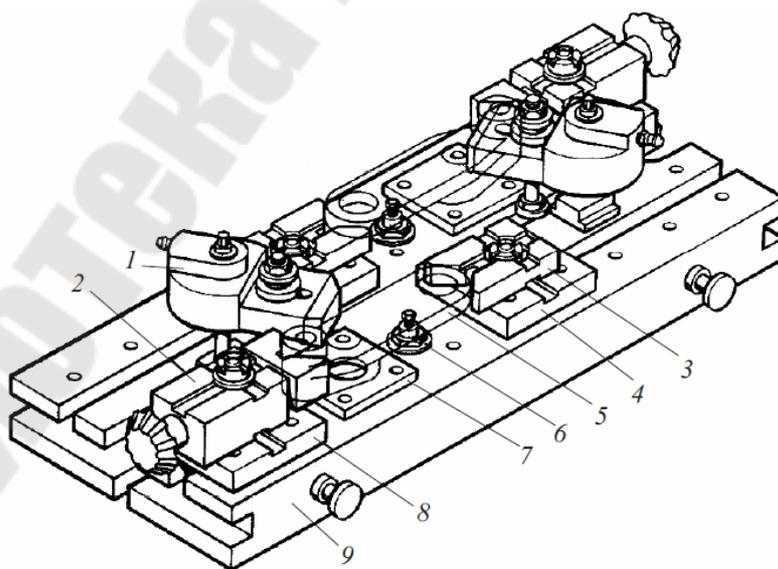


Рис. 25. Компоновка приспособления из элементов сборно-разборного приспособления и универсально-сборного приспособления [4]

Обе обрабатываемые заготовки установлены по одной схеме. Заготовку 5 базируют в неподвижной призме 2 (сборочная единица комплекта УСП). Призмы 2 и 3 установлены на плиту 9 с помощью двух одинаковых переходников 4 и 8. Нижняя поверхность заготовки опирается на специальную прокладку 7 и регулируемую опору 6. Крепят заготовку прижимом 1.

Глава 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В САПР КОМПАС-3D

2.1. Способы проектирования моделей сборочных единиц

Сборка – трехмерная модель сборочной единицы, объединяющая модели деталей, подборок и стандартных изделий, и содержащая информацию о взаимном положении этих компонентов и зависимостях между параметрами их элементов. Состав сборки определяется путем добавления в нее новых компонентов или удаления существующих.

При проектировании моделей сборочных единиц (сборок) используются следующие подходы:

- 1) проектирование снизу вверх: в сборку добавляются уже готовые модели компонентов, разработанные независимо друг от друга;
- 2) проектирование сверху вниз: компоненты создаются в контексте сборки, при этом построение следующих компонентов может базироваться на предыдущих.

При проектировании модели сборочной единицы снизу вверх (рис. 26):

- проектирование начинается с нижних уровней и завершается на верхнем уровне;
- разработка компонентов, как правило, выполняется в отдельных окнах, вне контекста сборки;
- по мере готовности компоненты размещаются в сборке (подсборке).

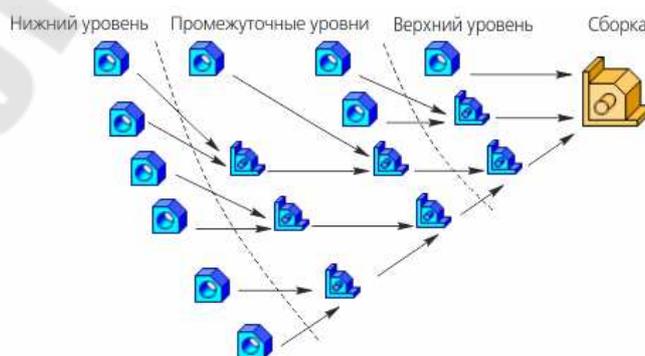


Рис. 26. Схема проектирования снизу вверх [5]

При проектировании модели сборочной единицы сверху вниз (рис. 27):

- процесс проектирования начинается с верхнего уровня и завершается на нижних уровнях;
- компоненты модели, как правило, создаются в контексте сборки.

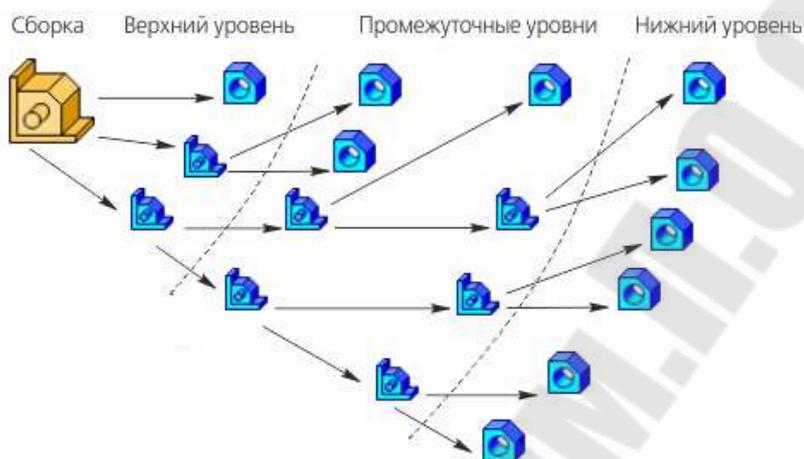


Рис. 27. Схема проектирования сверху вниз [5]

В процессе создания сборки может применяться компоновочная геометрия – представленные в графическом виде исходные данные, используемые в качестве основы для создания геометрии компонентов, или своего рода «разметка» сборки, которая используется для размещения компонентов.

В рамках описанных выше подходов могут быть реализованы следующие методики проектирования.

Сверху вниз с предварительной компоновкой.

Методика предполагает последовательное (начиная с верхнего и завершая нижними уровнями) создание компонентов в контексте моделей, куда эти компоненты входят. Разработка компонентов после их создания выполняется в отдельных окнах. Построения в деталях опираются на копии объектов компоновочной геометрии, в подсборках – на вставки компоновочной геометрии. Методика применяется если изначально отсутствует полная определенность по составу и конструкции; большинство деталей и узлов разрабатываются впервые.

Последовательность проектирования сверху вниз с предварительной компоновкой состоит из следующих этапов (рис. 28):

- 1) подготовка компоновочной геометрии: создается файл детали или сборки, в котором строится компоновочная геометрия разрабатываемой сборки;

2) создание сборки и вставка компоновочной геометрии: создается файл разрабатываемой сборки, в сборку вставляется ранее подготовленная компоновочная геометрия;

3) контекстное создание компонентов: в контексте сборки создаются компоненты.

4) разработка компонентов: каждый из компонентов открывается в отдельном окне; в компонент вставляется компоновочная геометрия либо копируются ее отдельные объекты; разрабатывается геометрия компонента (если компонент подсборка, то в ее контексте, в свою очередь, повторяются действия шага 3).

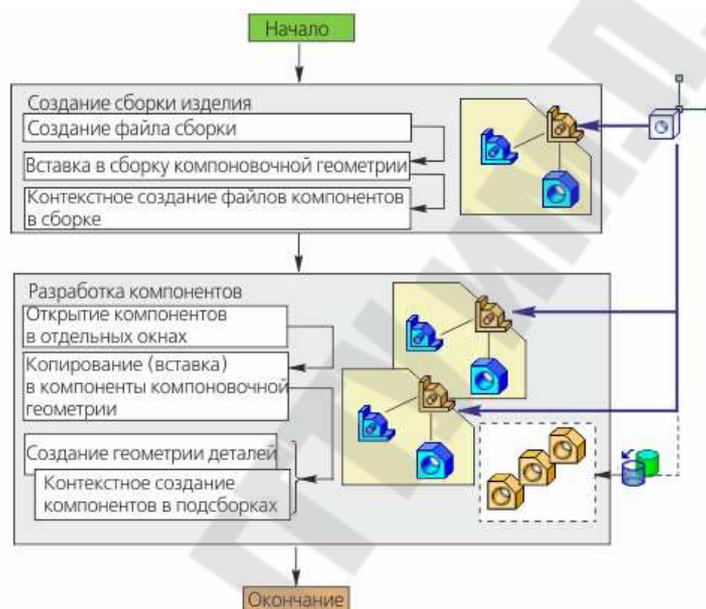


Рис. 28. Схема проектирования сверху вниз с предварительной компоновкой [5]

Сверху вниз с преобразованием тел в компоненты.

Методика предполагает изначальное моделирование сборки телами с последующим преобразованием тел в детали – компоненты сборки. При создании тел используются объекты предварительно созданной и вставленной в сборку компоновочной геометрии. Методика применяется при проектировании небольших сборок, состоящих в основном из деталей, большинство из которых разрабатывается впервые.

Последовательность проектирования сверху вниз с преобразованием тел в компоненты состоит из следующих этапов (рис. 29):

1) подготовка компоновочной геометрии: создается файл детали или сборки, в котором строится компоновочная геометрия разрабатываемой сборки;

2) создание сборки и вставка компоновочной геометрии – создается файл разрабатываемой сборки; в сборку вставляется ранее подготовленная компоновочная геометрия;

3) построение тел в сборке: в сборке на объектах компоновочной геометрии создаются тела будущих деталей; тела, которые будут входить в разные детали, не должны объединяться операциями построения;

4) преобразование тел в детали: тела в Дереве модели последовательно преобразуются в детали с помощью команды **Преобразовать в деталь**.



Рис. 29. Схема проектирования сверху вниз с преобразованием тел в компоненты [5]

Снизу вверх с предварительной компоновкой.

Методика предполагает последовательное (начиная с нижнего и завершая верхним уровнем) создание компонентов сборки и ее подборок в отдельных окнах. В компоненты копируются требуемые части предварительно подготовленной компоновочной геометрии. Начала координат сборки, подборок и деталей совпадают. Методика применяется, если, состав и конструкция сборки изначально полностью определены; большинство деталей и узлов разрабатываются впервые (количество заимствованных и библиотечных моделей незначительно); не требуется моделировать перемещение подвижных частей.

Последовательность проектирования снизу вверх с предварительной компоновкой включает следующие этапы (рис. 30):

1) подготовка компоновочной геометрии: создается файл детали или сборки, в котором строится компоновочная геометрия разрабатываемой сборки;

2) создание деталей: создаются файлы деталей; с помощью команды Копировать объекты из файла компоновочной геометрии в файлы деталей копируются необходимые для построений объекты и (или) их коллекции; в файлах деталей выполняются построения.

3) создание подборок, вставка компонентов в подборы – создаются файлы подборок; в каждую из подборок вставляется компоновочная геометрия; в начало координат подборок вставляются компоненты;

4) создание сборки: создается файл разрабатываемой сборки; в сборку вставляется ранее подготовленная компоновочная геометрия; в начало координат сборки вставляются компоненты.

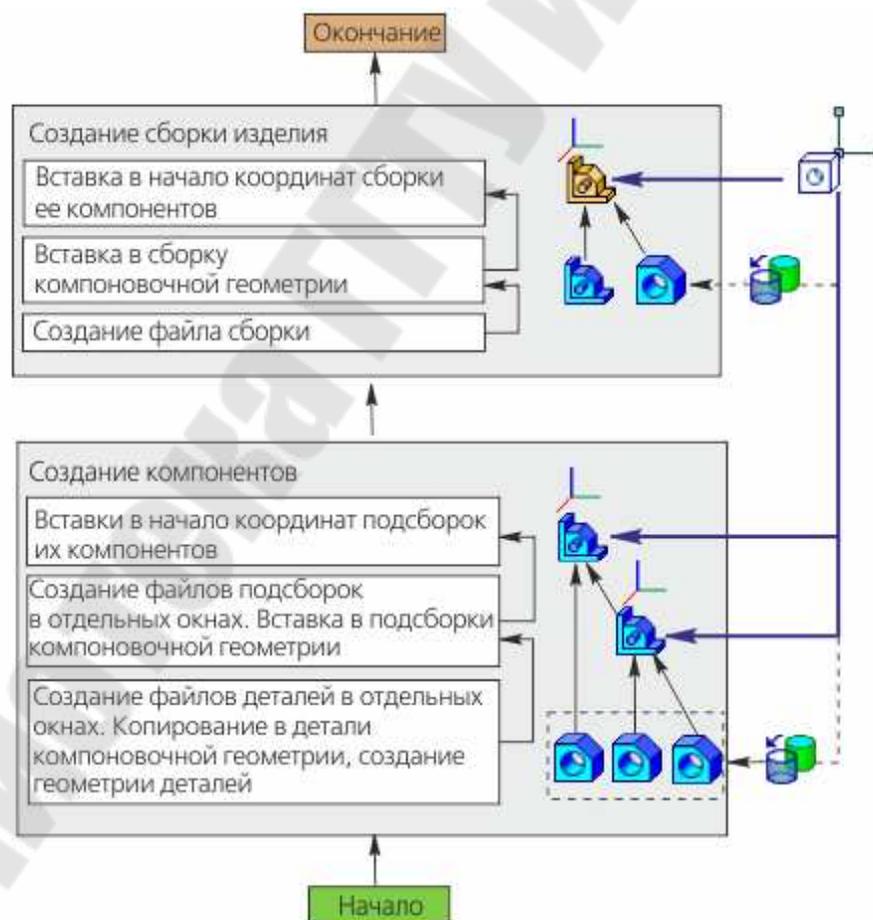


Рис. 30. Схема проектирования снизу вверх с предварительной компоновкой [5]

Снизу вверх с размещением компонентов.

Методика предполагает последовательное (начиная с нижнего и завершая верхним уровнем), создание компонентов сборки и ее подборок. Компоненты сборки на всех уровнях создаются и редактируются в отдельных окнах. Модели разрабатываются независимо, на основе изначально определенных требований к составу сборки и ее конструкции. Компоненты в сборке и ее подборках после вставки позиционируются с помощью сопряжений. Методика применяется, если состав и конструкция изначально полностью определены; большая часть деталей и узлов разработана ранее (например, представлена библиотечными элементами либо заимствована из других сборок).

Последовательность проектирования снизу вверх с размещением компонентов включает следующие этапы (рис. 31):

1) создание деталей: создаются файлы деталей: в файлах деталей выполняются необходимые построения;

2) создание подборок, вставка компонентов в подборки: создаются файлы подборок; в подборки вставляются компоненты; на компоненты накладываются требуемые сопряжения;

3) создание сборки: создается файл разрабатываемой сборки; в сборку вставляются подготовленные компоненты; на компоненты накладываются требуемые сопряжения.

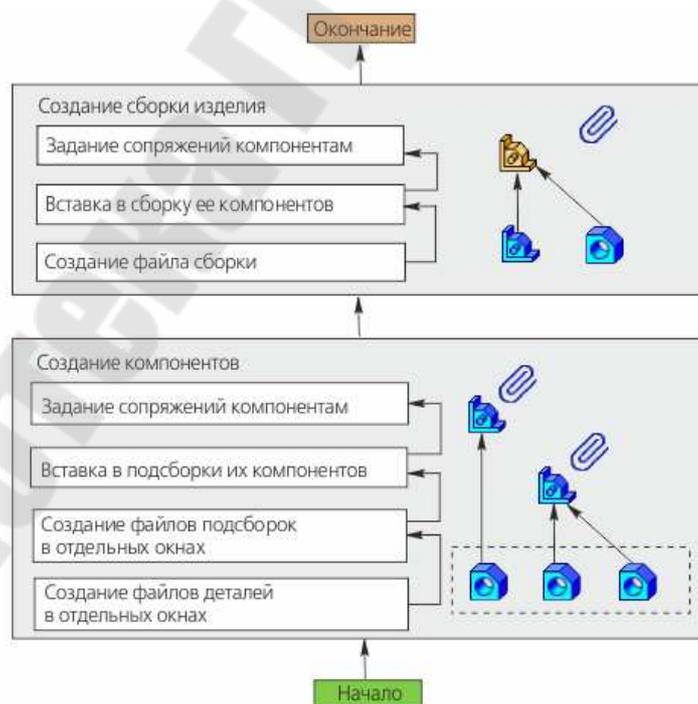


Рис. 31. Схема проектирования снизу вверх с размещением компонентов [5]

2.2. Способы добавления компонентов в модель

Компонентом является часть модели, представленная другой моделью. Компоненты могут быть добавлены в такие документы, как сборка и деталь.

Компонентами сборки могут быть детали, сборки, детали-заготовки, локальные детали, стандартные изделия и модели, вставленные из приложений. В документ деталь в качестве компонентов можно вставить только детали-заготовки.

Модель компонента может храниться в отдельном файле или в файле текущей модели. Если модель компонента хранится в отдельном файле, то в текущей модели фактически содержатся не сами компоненты, а ссылки на их файлы. Для передачи такой модели на другое рабочее место вместе с ней необходимо передавать и файлы компонентов. Вставка внешней ссылкой используется для всех компонентов, кроме локальных – детали и детали-заготовки. Если модель компонента хранится в файле содержащей его модели, то при передаче модели на другое рабочее место исходные файлы компонентов передавать не требуется. Такой способ вставки используется для локальной детали и локальной детали-заготовки. Он позволяет создать файл модели, все компоненты которой хранятся внутри этого же файла.

При вставке в модель компоненты могут быть размещены по координатам или связаны сопряжениями друг с другом или с другими объектами модели.

Добавление компонентов в модель может осуществляться различными способами:

- вставка компонента из файла: вставка детали или сборки из внешнего файла с сохранением связи полученной вставки с файлом источником;
- создание компонента в контексте текущей модели: все необходимые построения компонента осуществляются в режиме редактирования в контексте текущей модели;
- преобразование объектов текущей модели в деталь или локальную деталь: объекты модели (тела, поверхности и т. п.) преобразовываются в деталь, а при работе со сборкой преобразовываются также в локальную деталь;
- добавление стандартного изделия;

Вставка компонента из файла, осуществляется с помощью одной из следующих команд.

Добавить компонент из файла: вставка детали или сборки (в зависимости от типа файла) с сохранением связи полученной вставки с файлом-источником;

Добавить локальную деталь из файла: вставка детали или под сборки в качестве локальной детали. Локальная деталь – компонент модели, хранящийся внутри этой модели;

Добавить макет компонента из файла: вставка макета компонента с сохранением связи полученной вставки с файлом-источником макета и файлом-источником компонента, который является исходным для макета. Макет – модель (деталь или сборка), предназначенная для геометрического представления какого-либо компонента в сборке. Макеты используются для замены «тяжелых» компонентов-подборок в большой сборке с целью повышения скорости работы с ней. Макет содержит минимальное количество геометрических объектов, достаточное для формирования внешнего вида сборки, позиционирования ее компонентов и создания ассоциативных видов;

Добавить деталь-заготовку: вставка детали или под сборки в качестве детали-заготовки. Деталь-заготовка вставляется в текущую модель и дорабатывается до конфигурации детали с помощью различных команд.

Для добавления в модель компонента необходимо вызвать команду вставки из файла компонента соответствующего типа, задать параметры вставки, проконтролировать правильность заданных значений с помощью фантома и завершить операцию.

Создание компонента в контексте текущей модели осуществляется с помощью команд: **Создать деталь, Создать сборку, Создать локальную деталь.**

После вызова соответствующей команды система автоматически перейдет в режим контекстного редактирования вновь созданного компонента. Объекты текущей модели изменят цвет и станут недоступными для редактирования, однако их можно использовать при построении геометрии компонента (указывать грани, ребра, вершины). В режиме контекстного редактирования необходимо выполнить все необходимые действия по построению компонента. После завершения работы в режиме контекстного редактирования система вернется в режим работы с основной моделью.

Преобразование объектов модели в деталь или локальную деталь осуществляется с помощью команд:

Преобразовать в деталь: заключается в сохранении объектов, построенных в модели (детали или сборке), в файл новой детали (*.m3d). Если преобразование выполняется в сборке, полученная деталь вставляется в нее в виде компонента. При работе с деталью объекты, выбранные для преобразования, передаются в новую деталь и остаются в исходной детали в неизменном виде. При работе со сборкой объекты, выбранные для преобразования, могут быть оставлены в исходной сборке или удалены из нее по выбору пользователя;

Преобразовать в локальную деталь: заключается в том, что объекты, построенные в текущей сборке, преобразуются в локальную деталь этой же сборки.

Модели стандартных изделий (болты, гайки, винты и т. д.) могут быть вставлены в текущую модель из справочника Стандартные изделия с помощью команды **Вставить элемент**.

2.3. Фиксация и сопряжение компонентов в модели

При добавлении в модель компоненты могут быть зафиксированы от перемещения, а также связаны сопряжениями друг с другом или с другими объектами модели.

Фиксация компонента делает невозможным любое перемещение этого компонента в системе координат содержащей его модели. Рекомендуется фиксировать хотя бы один компонент модели, чтобы при наложении сопряжений перемещение компонентов было предсказуемым.

Фиксация компонента может быть выполнена в процессе его вставки в модель или после вставки при помощи команды **Включить фиксацию**. Отключение фиксации компонента осуществляется командой **Отключить фиксацию**.

Для расположения компонентов в модели доступно два вида сопряжений: позиционирующие и механические. Позиционирующие сопряжения ограничивают взаиморасположение объектов (например, устанавливают соосность стержня и отверстия), а сопряжения механической связи задают закон перемещения объектов друг относительно друга (например, поступательное перемещение гайки при вращении винта).

Сопряжения обоих типов могут накладываться, редактироваться или удаляться независимо друг от друга. Возможность просмотра сопряжений механической связи может быть ограничена наличием некоторых позиционирующих сопряжений. Поэтому сопряжения меха-

нической связи рекомендуется создавать после позиционирующих.

В сопряжениях могут участвовать различные объекты, принадлежащие как компонентам, так и содержащей их модели: координатные плоскости и оси, начала координат, грани, ребра, вершины тел и поверхностей, точки, вершины кривых, сегменты ломаных, дуги, графические объекты в эскизах, а также вспомогательные оси и плоскости, локальные системы координат.

Одни и те же объекты могут участвовать в различных сопряжениях; возможно наложение различных сопряжений на одну и ту же пару объектов.

В процессе компоновки изделия обычно применяются позиционирующие сопряжения, которые устанавливаются с помощью следующих команд:

Совпадение: устанавливает совпадение двух объектов (граней, ребер, вершин, осей и т. д.);

Соосность: устанавливает соосность двух выбранных объектов (осей, ребер и т. д.);

Параллельность: устанавливает параллельность двух выбранных объектов (осей, ребер, граней и т. д.);

Перпендикулярность: устанавливает перпендикулярность двух выбранных объектов (осей, ребер, граней и т. д.);

На расстоянии: устанавливает расположение двух объектов на заданном расстоянии друг от друга (граней, ребер, вершин и т. д.);

Под углом: устанавливает расположение двух объектов (осей, ребер, граней и т. д.) под заданным углом друг к другу;

Касание: устанавливает касание двух выбранных объектов (граней, ребер, поверхностей);

Симметрия: устанавливает симметричное расположение двух объектов (компоненты, точечные и прямолинейные объекты, плоские объекты, системы координат, цилиндрические и конические грани, сферические и тороидальные грани, и т. д.) относительно плоскости симметрии;

Зависимое положение: устанавливает фиксацию положения одного компонента относительно другого, при перемещении любого из них другой перемещается таким образом, чтобы взаимное положение компонентов сохранилось.

Позиционирующие сопряжения, как правило, существуют в любой сборочной модели, так как другими способами (например, перемещением компонентов мышью, использованием привязок при встав-

ке и т. д.) трудно расположить компоненты требуемым образом, а при редактировании несопряженных компонентов их взаимное положение легко нарушается.

В результате наложения позиционирующего сопряжения компонент теряет часть степеней свободы. Например, если установить совпадение грани детали с плоскостью, то у детали останется три степени свободы: две степени свободы перемещения и одна степень свободы вращения. Рекомендуется, чтобы после наложения всех позиционирующих сопряжений компоненты стали неподвижны в системе координат содержащей их модели.

Сопряжения механической связи являются вспомогательными и применяются для предварительной оценки и визуализации работы механизмов (механических передач, редукторов, кулачковых механизмов и т. д.). Использование сопряжений механической связи позволяет переводить проектируемый механизм в различные положения путем перемещения одного из компонентов. Перемещение этого компонента приводит в движение связанные с ним другие компоненты (с учетом ограничений, накладываемых позиционирующими сопряжениями).

Для обеспечения ожидаемого взаимного перемещения компонентов, связанных сопряжением механической связи, рекомендуется, чтобы эти компоненты имели минимум степеней свободы, необходимый для совершения движений в рамках сопряжений механической связи. Уменьшить количество степеней свободы компонента можно с помощью позиционирующих сопряжений его с другими объектами, а также с помощью фиксации.

Для установления механической связи между объектами используют следующие команды: ***Вращение-вращение***, ***Вращение-перемещение*** и ***Кулачок-толкатель***.

Команда ***Вращение-вращение*** позволяет установить связь между вращениями двух объектов, при которой вращение одного объекта влечет за собой вращение другого объекта. Сопряжение служит для визуализации движения в моделях зубчатых, ременных, цепных, фрикционных передач и других (рис. 32).

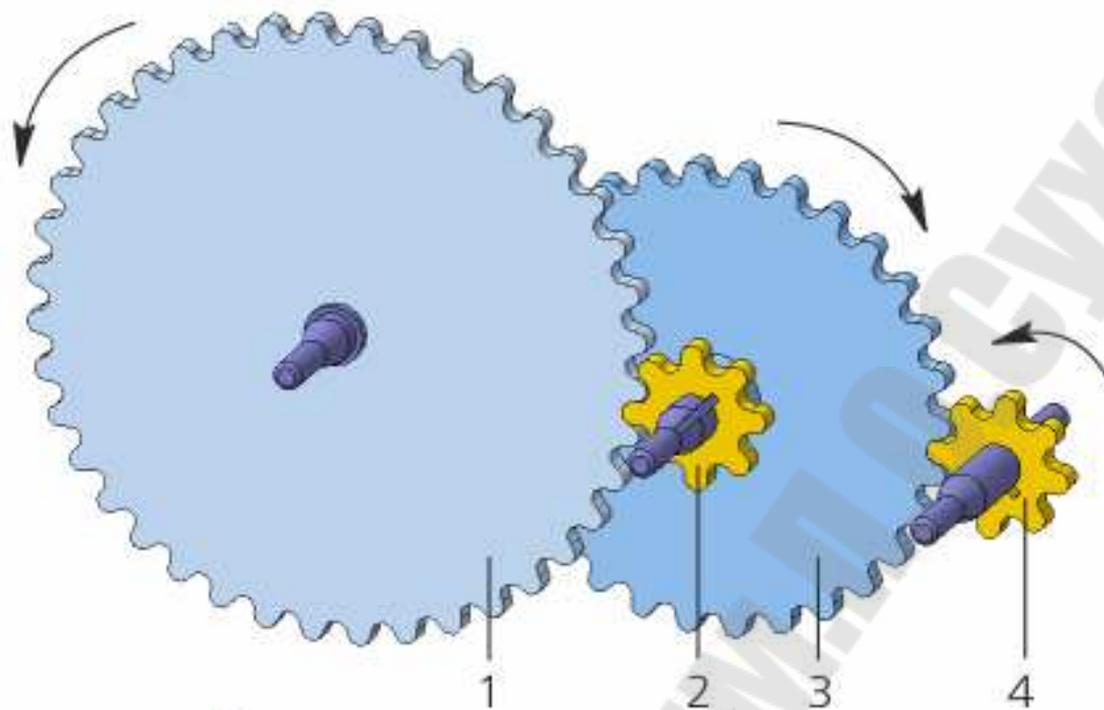


Рис. 32. Применение сопряжения Вращение-вращение [5]

Перед наложением сопряжения **Вращение-вращение** следует обеспечить:

- неподвижность осей в системе координат модели;
- соосность колес и соответствующих им осей;
- связать плоские торцевые грани колес с каким-либо неподвижным плоским объектом сопряжением Совпадение или На расстоянии с целью предотвращения перемещения колес вдоль осей.

Таким образом, каждое колесо будет иметь только по одной степени свободы вращения вокруг оси. После наложения сопряжения вращение любого из колес будет приводить к вращению другого колеса.

Команда **Вращение-перемещение** позволяет установить взаимосвязь между вращением одного объекта и линейным перемещением другого. При вращении первого объекта сопряженный с ним второй объект перемещается вдоль прямолинейной траектории и наоборот – перемещение второго объекта влечет поворот первого. Сопряжение служит для визуализации работы механизмов в зубчато-реечных передачах, передачах винт-гайка и др. (рис. 33).

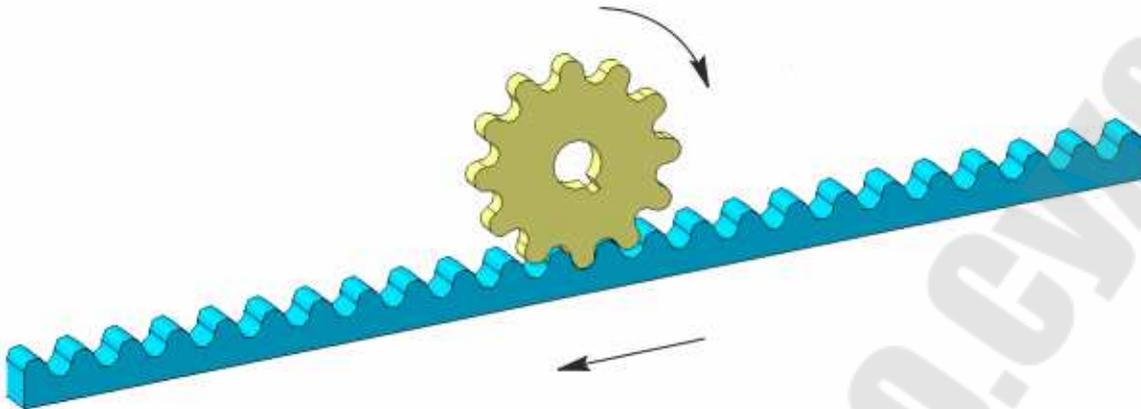


Рис. 33. Применение сопряжения Вращение-перемещение [5]

Перед наложением сопряжения **Вращение-перемещение** следует обеспечить:

- неподвижность оси колеса в системе координат модели;
- соосность колеса и оси;
- отсутствие смещения колеса вдоль оси;
- постоянство ориентации рейки по отношению к оси колеса (это можно сделать разными способами, например, связав прямолинейное ребро рейки с одной неподвижной плоскостью сопряжением На расстоянии, а с другой – сопряжением Совпадение).

Таким образом, колесо будет иметь одну степень свободы вращения вокруг своей оси, и рейка будет иметь одну степень свободы поступательного движения. После наложения сопряжения вращение-перемещение вращение колеса будет приводить к перемещению рейки и наоборот, при перемещении рейки будет вращаться колесо.

Команда **Кулачок-толкатель** позволяет установить взаимосвязь между перемещениями в кулачковом механизме. Кулачок совершает вращательное движение, а толкатель – возвратно-поступательное. При этом рабочая поверхность толкателя остается в контакте с рабочей поверхностью кулачка. Сопряжение служит для визуализации работы кулачковых механизмов и подобных им моделей (рис. 34).

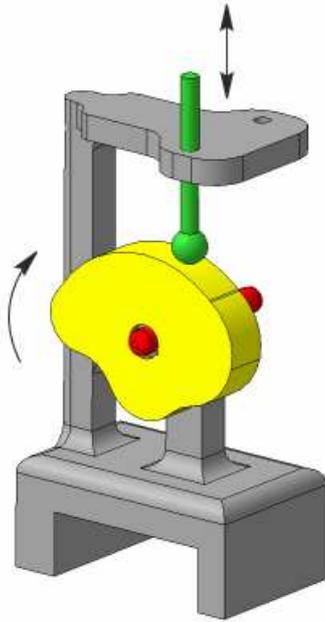


Рис. 34. Применение сопряжения Кулачок-толкатель [5]

Перед наложением сопряжения *Кулачок-толкатель* следует обеспечить:

- неподвижность оси вращения кулачка в системе координат модели;
- отсутствие смещения кулачка вдоль оси вращения;
- постоянство ориентации толкателя по отношению к траектории его перемещения (это можно сделать разными способами, например, если толкатель имеет круглое сечение, установив соосность его с неподвижной осью).

Рабочие поверхности кулачка и толкателя автоматически приводятся в соприкосновение после наложения сопряжения *Кулачок-толкатель* путем перемещения толкателя вдоль его траектории. Накладывать на кулачок и толкатель сопряжение Касание не нужно. После наложения сопряжения *Кулачок-толкатель* вращение кулачка будет приводить к перемещению толкателя. Передача движения в обратном направлении – от толкателя к кулачку не предусмотрена.

2.4. Создание массивов геометрических объектов

При работе с моделью может потребоваться создание копий объектов (например, компонентов), которые были бы определенным образом упорядочены: образовывали прямоугольную сетку с заданными параметрами, располагались вдоль выбранной кривой и т. п.

Для создания в модели упорядоченных групп одинаковых объектов можно использовать команды построения массивов.

Массив представляет собой единый объект, включающий несколько копий исходных объектов, выбранных для копирования. Эти копии являются экземплярами массива.

Исходными объектами для построения массива могут быть: элементы вспомогательной геометрии (плоскости, оси), геометрические элементы (точки, кривые, поверхности, тела), операции создания тел, массивы и др.

Кривые, точки и вспомогательная геометрия могут быть объектами одного и того же массива. Остальные типы объектов нельзя сочетать в рамках одного массива. Например, массив не может включать тела и поверхности одновременно – для копирования следует выбирать либо тела, либо поверхности.

Положение экземпляров массива определяется относительно базового. Базовый экземпляр массива – экземпляр, относительно которого выполняется построение всех остальных экземпляров массива. Он совпадает с копируемым объектом. Экземпляры массива имеют номера, соответствующие их порядку расположению в массиве. По умолчанию базовый экземпляр имеет первый номер среди экземпляров массива.

Положение экземпляра в пространстве определяется относительно его базовой точки. В свою очередь, положение базовых точек экземпляров определяется типом и параметрами массива. Так, в массиве по концентрической сетке базовые точки экземпляров совпадают с узлами сетки, в массиве по точкам или по таблице – с указанными или полученными из файла точками, а в массиве Вдоль кривой базовые точки экземпляров размещаются вдоль кривой.

Базовой точкой базового экземпляра массива по умолчанию является базовая точка копируемого объекта. Базовая точка трехмерного объекта – это точка, которая используется как начальная для построения геометрии объекта в модели. Положение базовой точки объекта определяется системой автоматически и зависит от типа объекта и способа его построения. Например, базовой точкой компонента является начало его абсолютной системы координат, базовой точкой операции, построенной на эскизе, является центр масс кривых этого эскиза.

Можно изменить базовую точку базового экземпляра, указав в качестве нее произвольную точку. В результате остальные экземпляры

ры массива расположатся так, чтобы их положение относительно соответствующих базовых точек было таким же, как положение базового экземпляра относительно его базовой точки.

В КОМПАС-3D имеется возможность построения массивов следующих типов:

- по сетке: экземпляры располагаются в узлах параллелограммной сетки;
- по концентрической сетке: экземпляры располагаются в узлах концентрической сетки;
- вдоль кривой: экземпляры располагаются вдоль указанной линии;
- по точкам: экземпляры располагаются в указанных точках;
- по таблице: экземпляры располагаются в точках, координаты которых заданы в таблице;
- зеркальный массив: экземпляр является зеркальным отражением исходных объектов относительно указанной плоскости;
- по образцу (для компонентов сборки): экземпляры располагаются так же, как экземпляры указанного массива, который был создан ранее.

Команда **Массив по сетке** служит для создания массива объектов, расположенных в узлах параллелограммной сетки (рис. 35).



Рис. 35. Массив по сетке [5]

Параллелограммная сетка характеризуется направлением образующих ее векторов и углом между ними. Началом координат сетки можно считать любую точку копируемых объектов (рис. 36).

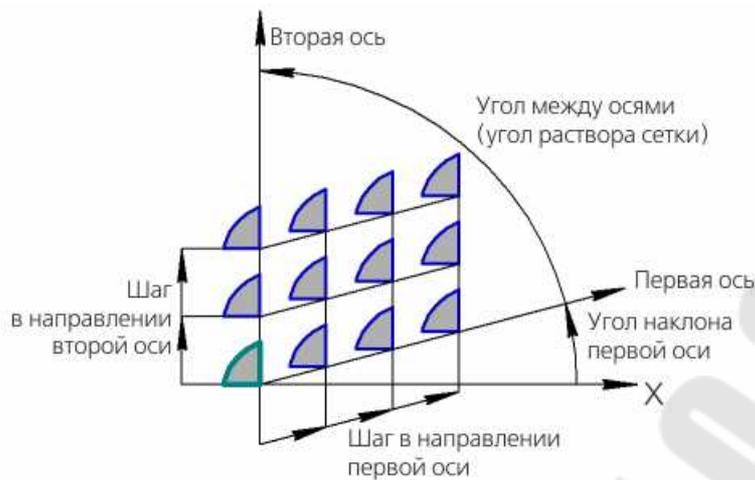


Рис. 36. Схема образования параллелограммной сетки [5]

При создании массива по сетке следует выбрать исходные объекты для построения массива, задать параметры построения (направление осей, количество экземпляров, шаг сетки и т. д.), проконтролировать правильность заданных значений с помощью фантома и завершить операцию.

По умолчанию направление первой оси совпадает с направлением оси X текущей системы координат, а вторая ось расположена под углом 90° к первой. При необходимости можно изменить направления осей.

Положение экземпляров в массиве определяется относительно базового экземпляра. По умолчанию номер базового экземпляра (1, 1). Можно изменить положение экземпляров массива относительно базового, задав ему нужный номер в массиве (рис. 37).

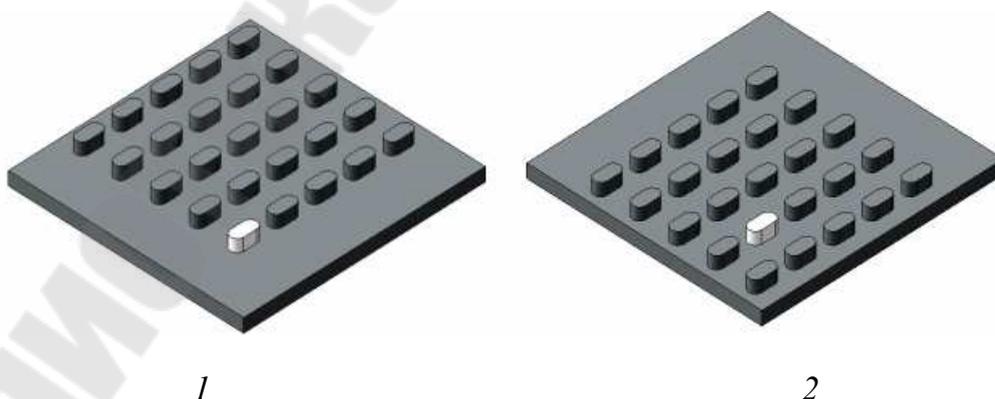


Рис. 37. Изменение положения экземпляров в массиве относительно базового (показан белым цветом):

- 1 – базовый экземпляр с номером (1, 1);
- 2 – базовый экземпляр с номером (2, 2) [5]

Размещение экземпляров массива по сетке и их количество внутри сетки можно изменить. Доступны следующие схемы размещения экземпляров массива (рис. 38):

- стандартная: экземпляры массива располагаются во всех узлах сетки;
- удалять копии внутри сетки: экземпляры массива располагаются по периметру сетки;
- копировать только вдоль осей: экземпляры массива располагаются только вдоль осей сетки;
- шахматный порядок: экземпляры сдвигаются относительно узлов сетки на полшага вдоль указанной оси. Сдвиг выполняется в каждом четном ряду в текущем направлении оси. Первым рядом считается ряд, содержащий экземпляр с номером (1, 1).

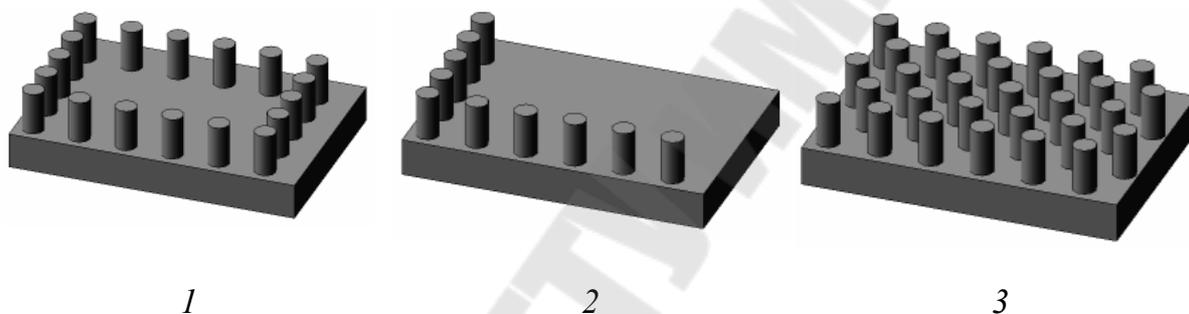


Рис. 38. Размещение экземпляров в массиве по сетке:
1 – удалять копии внутри сетки; 2 – копировать только вдоль осей;
3 – шахматный порядок [5]

Команда **Массив по концентрической сетке** служит для создания массива объектов, расположенных в узлах концентрической сетки (рис. 39).



Рис. 39. Массив по концентрической сетке [5]

Концентрическая сетка характеризуется положением ее плоскости и центра, радиусами окружностей и углом между пересекающимися их радиальными лучами (рис. 40).

При создании массива по концентрической сетке следует выбрать исходные объекты для построения массива, задать параметры построения (ось массива, шаг сетки в кольцевом и радиальном направлении, количество экземпляров по каждому направлению и т. д.), проконтролировать правильность заданных значений с помощью фантома и завершить операцию.

При построении массива по концентрической сетке положение плоскости сетки и ее центра определяются осью массива – плоскость проходит перпендикулярно оси, а точка пересечения оси с этой плоскостью является центром сетки. В качестве оси массива можно использовать любой прямолинейный объект или поверхность вращения, кроме сферы. При выборе поверхности вращения осью массива становится ось этой поверхности.



Рис. 40. Схема образования концентрической сетки массива [5]

Если ось массива и базовая точка базового экземпляра расположены так, что точка принадлежит оси или ее продолжению, то определить направление лучей сетки нельзя, так как центр сетки совпадает с базовой точкой базового экземпляра. В этом случае невозможно создать экземпляры массива в радиальном направлении, а настройка параметров сетки для этого направления будет недоступна.

При построении массива по концентрической сетке нужно задать количество экземпляров и шаг сетки в кольцевом и радиальном направлениях. Заданное количество экземпляров определяет количество лучей сетки.

Для задания шага сетки в кольцевом и радиальном направлениях доступны следующие способы:

- между соседними экземплярами: задается угол/расстояние между соседними экземплярами в кольцевом/радиальном направлении. Этот вариант удобно использовать, если требуется разместить определенное количество экземпляров под известным углом или на известном расстоянии друг от друга;

- между крайними экземплярами: задается угол/расстояние между первым и последним экземплярами в кольцевом/радиальном направлениях. Этот вариант удобно использовать, если требуется разместить определенное количество экземпляров равномерно по дуге или на участке известной длины.

Экземпляры в массиве по концентрической сетке могут сохранять исходную ориентацию или поворачиваться с учетом углового шага сетки (рис. 41).



Рис. 41. Массив по концентрической сетке с поворотом экземпляров и сохранением исходной ориентации экземпляров [5]

При построении массива по концентрической сетке можно расположить экземпляры не в одной плоскости, а в разных плоскостях, смещенных друг от друга на заданную величину вдоль оси массива (рис. 42).

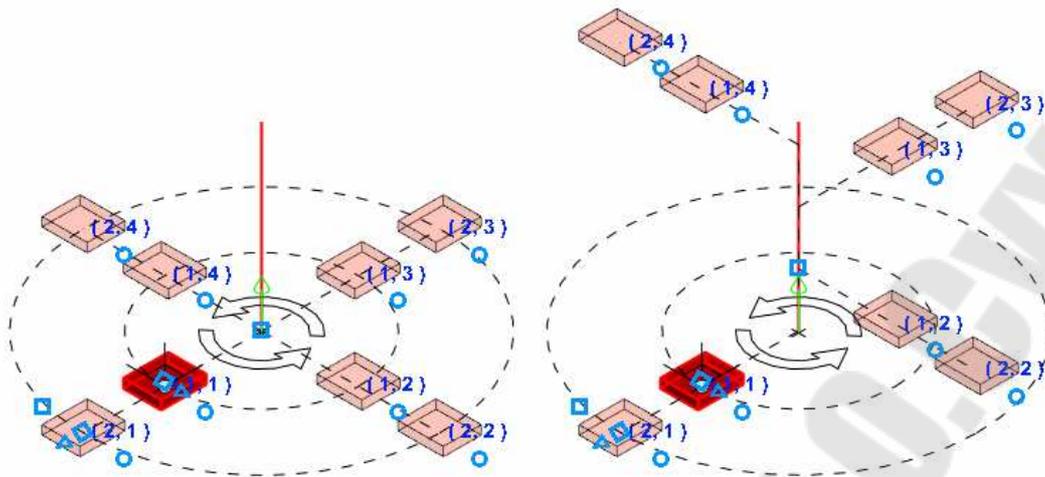


Рис. 42. Массивы по концентрической сетке без смещения и со смещением экземпляров вдоль оси массива [5]

Положение экземпляров в массиве определяется относительно базового экземпляра. По умолчанию номер базового экземпляра (1, 1), можно изменить положение экземпляров массива относительно базового, задав ему нужный номер в массиве. Экземпляры массива изменят свое положение так, чтобы номер базового экземпляра в массиве соответствовал заданному (рис. 43).



Рис. 43. Изменение положения экземпляров в массиве относительно базового экземпляра (показан светло-серым цветом): базовые экземпляры с номерами (1, 1) и (1, 2) [5]

Экземпляры массива по концентрической сетке можно располагать в шахматном порядке путем сдвига на полшага в кольцевом или радиальном направлении. Положение базового экземпляра при расположении экземпляров в шахматном порядке не меняется. Возможны следующие схемы размещения экземпляров в массиве (рис. 44):

- стандартная: экземпляры массива располагаются без сдвига относительно узлов сетки;

- шахматный порядок со сдвигом вдоль кольцевого направления: экземпляры кольцевых рядов сдвигаются относительно узлов сетки вдоль кольцевого направления. Величина сдвига равна половине длины дуги между соседними узлами сетки. Сдвиг происходит в каждом четном ряду в направлении построения экземпляров. Первым рядом считается ряд, содержащий экземпляр с номером (1, 1);

- шахматный порядок со сдвигом вдоль радиального направления: экземпляры радиальных рядов сдвигаются относительно узлов сетки вдоль луча на полшага. Сдвиг происходит в каждом четном ряду в направлении построения экземпляров. Первым рядом считается ряд, содержащий экземпляр с номером (1, 1).

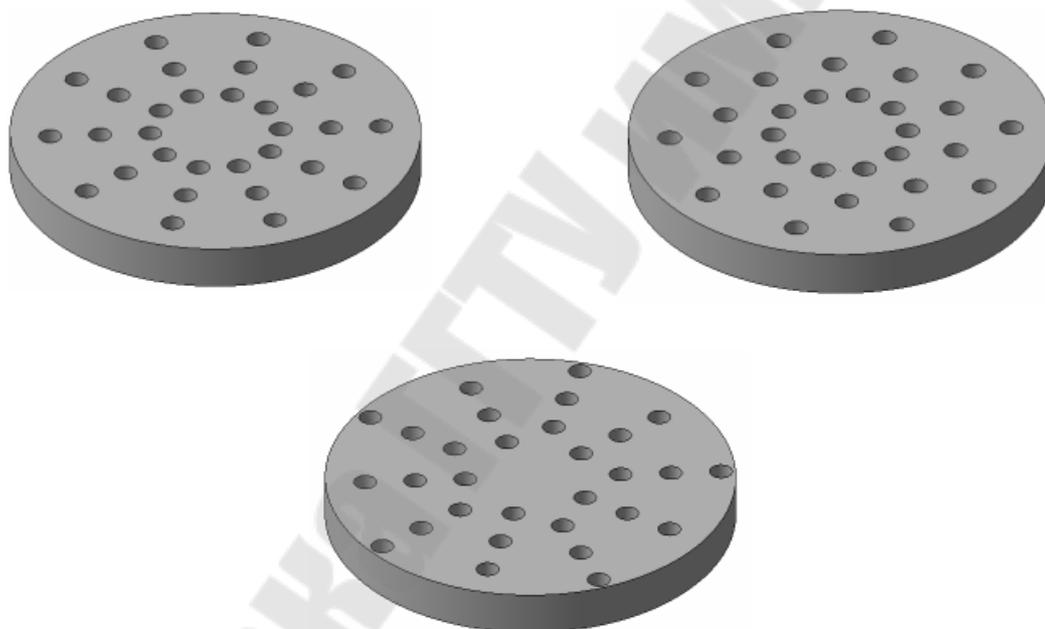


Рис. 44. Массивы по концентрической сетке со стандартным расположением экземпляров и с шахматным порядком экземпляров – сдвигом вдоль кольцевого направления и сдвигом вдоль радиального направления [5]

Команда **Массив вдоль кривой** служит для создания массива объектов, расположенных вдоль указанной кривой (рис. 45).

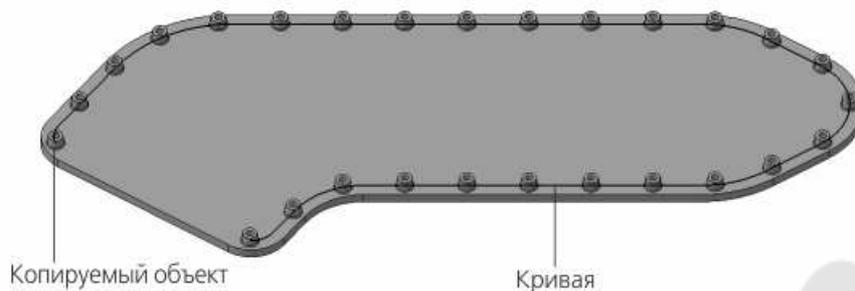


Рис. 45. Массив вдоль кривой [5]

Каждый экземпляр массива рассматривается как отдельный объект, имеющий свою базовую точку – базовую точку копии. Базовые точки копий размещаются на траектории копирования согласно заданному шагу копирования. Если включен поворот, то каждая копия поворачивается вокруг своей базовой точки.

В качестве кривой, вдоль которой будет строиться массив, можно использовать пространственную кривую, ребро, линию эскиза, цепочку вышеперечисленных объектов в любом сочетании. Кривая (цепочка кривых) может быть замкнутой или разомкнутой. Одна из точек кривой выбирается в качестве начальной точки кривой – точки, с которой начинается построение массива. При определении траектории построения кривая совмещается начальной точкой с базовой точкой базового экземпляра массива.

Начальная точка кривой определяется следующим образом (рис. 46):

1) если кривая разомкнута, то в качестве начальной точки этой кривой выбирается ее крайняя точка, ближайшая к копируемому объекту. Выбор другой точки невозможен;

2) если кривая замкнута, то по умолчанию в качестве начальной точки этой кривой выбирается ее первая вершина (в случае цепочки кривых – вершина одной из указанных кривых, ближайшая к копируемому объекту).



Рис. 46. Расположение экземпляров массива в зависимости от положения начальной точки кривой (траектория копирования и копируемый объект выделены, начальная точка обозначена кружком) [5]

Траектория построения массива Вдоль кривой определяется по-разному, в зависимости от способа задания базовой точки базового экземпляра массива.

При автоопределении базовой точки базового экземпляра ей становится базовая точка копируемого объекта. В этом случае строится копия указанной кривой: кривая параллельным переносом перемещается так, чтобы ее начальная точка совпала с базовой точкой копируемого объекта. Полученная копия кривой является траекторией копирования (рис. 47).

При ручном указании базовой точки базового экземпляра массива траектория копирования находится следующим образом. Строится копия указанной кривой: кривая параллельным переносом перемещается так, чтобы ее начальная точка совпала с базовой точкой базового экземпляра. Затем строится отрезок, соединяющий базовую точку базового экземпляра с базовой точкой копируемого объекта. Затем строится кинематическая поверхность путем перемещения построенного отрезка вдоль копии кривой. Ребро поверхности, проходящее через базовую точку копируемого объекта, является траекторией копирования.

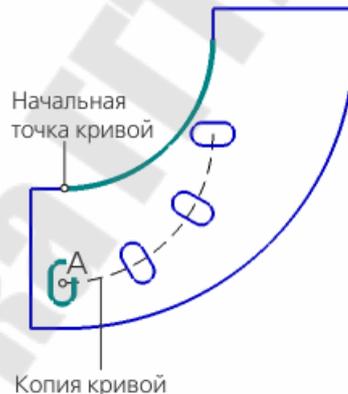


Рис. 47. Построение массива вдоль кривой при автоопределении базовой точки базового экземпляра [5]

Если в качестве базовой точки базового экземпляра указана начальная точка кривой, то построение копии кривой не требуется. В системе сразу строится отрезок и далее – кинематическая поверхность. Пример построения для такого случая приведен на рис. 48. Копируемый объект и кривая, вдоль которой строится массив, выделены цветом. Начальная точка кривой (точка В) выбрана в качестве базовой точки базового экземпляра. Базовой точкой копируемого объекта яв-

ляется точка А. Траектория построения массива показана пунктирной линией (рис. 48).

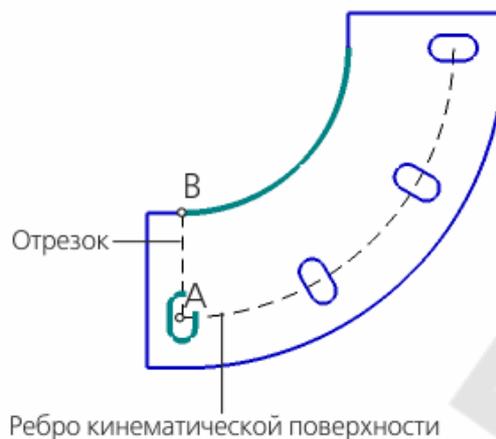


Рис. 48. Построение массива вдоль кривой при ручном указании базовой точки базового экземпляра [5]

Для получения предсказуемого результата построения массива рекомендуется:

- при ручном указании базовой точки базового экземпляра выбирать в качестве базовой начальную точку кривой;
- при автоопределении базовой точки базового экземпляра строить кривую так, чтобы она начиналась в базовой точке копируемого объекта.

При построении массива Вдоль кривой нужно задать количество экземпляров и расстояние между ними. По умолчанию экземпляры располагаются равномерно вдоль всей кривой.

Если требуется расположить экземпляры на заданном расстоянии друг от друга, следует установить переключатель Равномерно вдоль кривой в положение 0 (отключено). На Панели параметров появится возможность выбрать один из следующих вариантов задания шага:

- 1) между соседними экземплярами: задается расстояние между соответствующими точками соседних экземпляров в направлении траектории копирования. Этот вариант удобно использовать, если требуется разместить определенное количество экземпляров на известном расстоянии друг от друга;
- 2) между крайними экземплярами: задается расстояние между соответствующими точками первого и последнего экземпляра в направлении траектории копирования. Этот вариант удобно использо-

вать, если требуется разместить на участке известной длины определенное количество экземпляров.

Экземпляры в массиве Вдоль кривой могут сохранять исходную ориентацию или поворачиваться с учетом кривизны траектории (рис. 49). В случае поворачивания каждый экземпляр поворачивается так, чтобы ориентироваться по отношению к касательному вектору траектории в своей базовой точке так же, как копируемый объект ориентируется по отношению к касательному вектору траектории в его базовой точке. При сохранении исходной ориентации поворот экземпляров не производится.



Рис. 49. Массивы вдоль кривой с поворотом экземпляров и с сохранением исходной ориентации экземпляров [5]

Команда **Массив по точкам** служит для создания массива объектов, позиции и количество экземпляров которого заданы точечными объектами (рис. 50).

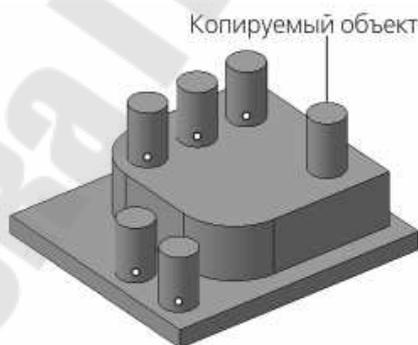


Рис. 50. Массив по точкам [5]

В качестве точечных могут быть следующие объекты: начало координат, точка геометрического объекта в эскизе, отдельная точка в эскизе или в пространстве, вершина кривой, ребра и др.

Экземпляры массива могут сохранять исходную ориентацию или поворачиваться. Доступны следующие варианты расположения экземпляров массива:

- сохранять исходную ориентацию: ориентация каждого экземпляра массива в его базовой точке будет совпадать с ориентацией копируемого объекта в его базовой точке (рис. 51);
- ориентировать по объекту, связанному с точкой: экземпляры массива ориентируются относительно кривой или поверхности, которым принадлежат точки массива. Если точка лежит на прямой, то экземпляр поворачивается вокруг своей базовой точки так, чтобы ориентироваться по отношению к касательному вектору кривой в этой точке так же, как копируемый объект ориентируется по отношению к касательному вектору кривой в точке этой кривой, ближайшей к базовой точке копируемого объекта. Если точка расположена на поверхности, то экземпляр поворачивается вокруг своей базовой точки так, чтобы ориентироваться по отношению к нормали поверхности в этой точке так же, как копируемый объект ориентируется по отношению к нормали поверхности в точке этой поверхности, ближайшей к базовой точке копируемого объекта (рис. 52);
- ориентировать по указанному объекту: экземпляры массива по точкам можно ориентировать по нормали к указанному объекту: ребру, пространственной кривой или линии эскиза, грани (рис. 53).



Рис. 51. Массив по точкам с сохранением исходной ориентации экземпляров [5]

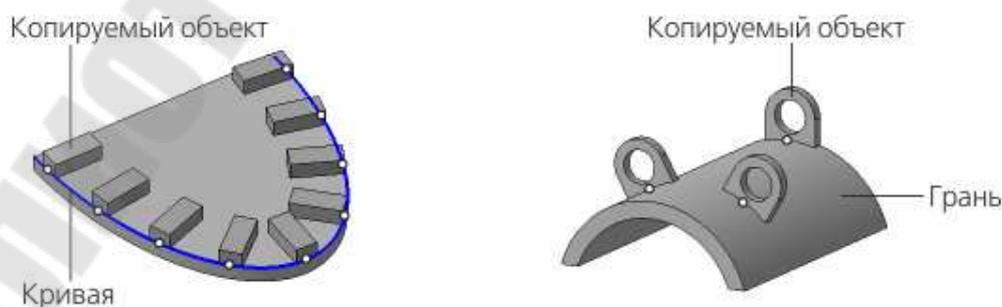


Рис. 52. Массивы по точкам с расположением экземпляров массива с ориентацией по кривой и с ориентацией по поверхности [5]

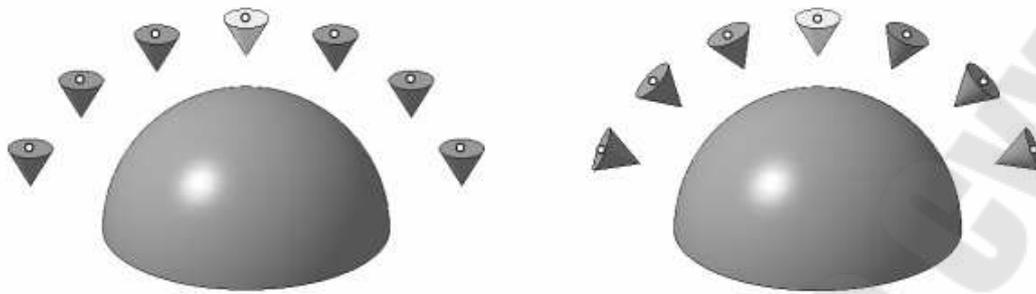


Рис. 53. Массивы по точкам с сохранением исходной ориентации экземпляров и с ориентацией экземпляров по сферической грани [5]

Команда **Массив по таблице** служит для создания массива объектов, позиции экземпляров которого заданы координатами точек.

Координаты точек можно задать двумя способами:

1) файл: координаты точек считываются из внешнего файла данных;

2) таблица переменных: координаты точек вводятся вручную в таблицу изменяемых переменных, которая хранится в модели.

Значения, считанные из файла данных или заданные в таблице изменяемых переменных, могут интерпретироваться как прямоугольные, цилиндрические или сферические координаты точек.

Экземпляры массива могут сохранять исходную ориентацию или поворачиваться. Возможны следующие варианты расположения экземпляров массива:

- сохранять исходную ориентацию: ориентация каждого экземпляра массива в его базовой точке будет совпадать с ориентацией копируемого объекта в его базовой точке;

- доворачивать по радиальному направлению: если позиции экземпляров заданы в цилиндрических или сферических координатах, можно ориентировать экземпляры по радиальному направлению. Для цилиндрических координат каждый экземпляр поворачивается вокруг своей базовой точки так, чтобы ориентироваться по отношению к перпендикуляру, опущенному из этой точки на ось Z , так же, как базовый экземпляр ориентируется по отношению к перпендикуляру, опущенному из его базовой точки на ось Z . Для сферических координат каждый экземпляр поворачивается вокруг своей базовой точки так, чтобы ориентироваться по отношению к лучу, проведенному из центра сферы в его базовую точку, так же, как базовый экземпляр

ориентируется по отношению к своему лучу, проведенному из центра сферы в его базовую точку (рис. 54);

- ориентировать по указанному объекту: экземпляры массива можно ориентировать по нормали к указанному объекту (ребру, пространственной кривой или линии эскиза, грани).



Рис. 54. Массивы по таблице с поворотом экземпляров по радиальному направлению в цилиндрической и сферической системах координат [5]

Команда **Зеркальный массив** служит для создания массива объектов, которые являются зеркальным отражением исходных объектов относительно указанного плоского объекта. Для построения зеркального массива можно использовать все объекты, кроме компонентов. Плоскостью симметрии может быть любая плоская грань, проекционная или вспомогательная плоскость (рис. 55).

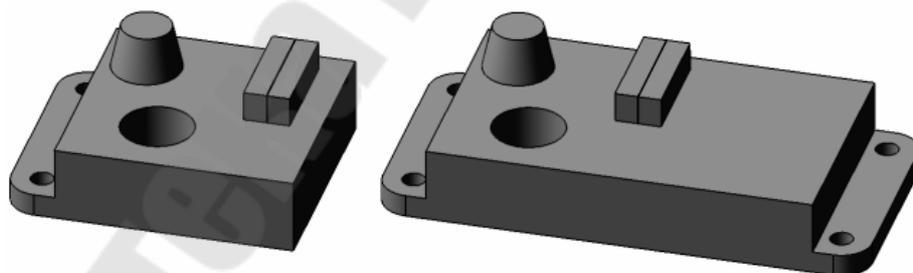


Рис. 55. Зеркальный массив [5]

Для построения зеркального массива невозможно использовать произвольный набор объектов различных типов. В зависимости от типа объекта результатом зеркального отражения является:

- для операции, поверхности, кривой, точки, вспомогательной плоскости/оси: новый объект того же типа, что и исходный, зеркально симметричный ему;

- для тела: тело, обладающее плоскостью симметрии или новое тело, зеркально симметричное исходному.

При построении зеркального массива тел можно выбрать результат операции:

- объединение: зеркальная копия объединяется с исходным телом, если они пересекаются или имеют общую поверхность. В противном случае зеркальная копия создается как отдельное тело. Если в результате редактирования модели исходное тело и зеркальная копия станут пересекающимися, они будут объединены в одно тело;

- новое тело: зеркальная копия создается как отдельное тело вне зависимости от того, пересекается она с исходным телом или нет.

2.5. Структура документа-спецификации

Спецификация в системе КОМПАС-3D состоит из объектов, сгруппированных по разделам.

Объект спецификации представляет собой комплекс сведений, относящихся к одному материальному объекту (например, детали, сборочной единице или документу), включаемому в спецификацию. Текстовая часть объекта, размещаемая в одной или нескольких следующих друг за другом строк спецификации, соответствует строке «бумажной» спецификации (рис. 56).

Формат Строка	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
			<i>Документация</i>		
A2		АЕКТ.6.20840.200СБ	Сборочный чертеж		← Объект спецификации
A4		АЕКТ.6.20840.200ПС	Паспорт		← Объект спецификации
			<i>Сборочные единицы</i>		
A3	1	АЕКТ.6.20840.210	Указатель уровня	1	← Объект спецификации
A4	2	АЕКТ.6.20840.220	Насос	1	← Объект спецификации
			<i>Детали</i>		
A2	6	АЕКТ.6.20840.201	Корпус	1	← Объект спецификации
A3	7	АЕКТ.6.20840.202	Крышка	1	← Объект спецификации
A4	8	АЕКТ.6.20840.203	Пробка	2	← Объект спецификации

Рис. 56. Объекты спецификации [5]

Объекты спецификации делятся на базовые и вспомогательные (рис. 57).

Как правило, базовый объект спецификации состоит из текстовой части, геометрии (чертежей и трехмерных моделей), набора дополнительных параметров. Для базовых объектов предусмотрена возможность автоматического заполнения колонок, сортировки, нумерации и др.

В спецификации, к которой не подключены графические документы, базовые объекты создаются вручную. В спецификации, к которой документы сборки или сборочный чертеж подключены, базовые объекты формируются автоматически на основе сведений, получаемых из этих документов. Ручное создание дополнительных базовых объектов в такой спецификации тоже доступно.

Вспомогательный объект спецификации не содержит геометрии и имеет меньше дополнительных параметров, чем базовый. Вспомогательные объекты спецификации создаются только вручную. В отличие от базового, для вспомогательного объекта не предусмотрены сервисные функции автоматической сортировки и нумерации. Вспомогательные объекты рекомендуется использовать для выполнения таких приемов оформления спецификации, которые не могут быть обеспечены вводом базовых объектов. Например, при помощи вспомогательного объекта спецификации можно ввести произвольный текст (комментарий) в таблицу спецификации или создать пустую строку в середине раздела.

Размер	Этап	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				Стандартные изделия		
				Винты ГОСТ Р 11738-84		← Вспомогательный объект
						← Вспомогательный объект
		14		2 М6 х 1,25-6g	12	← Базовый объект
		15		2 М8 х 1,25-6g	4	← Базовый объект
		16		2 М10 х 1,25-6g	6	← Базовый объект
		17		2 М12 х 1,25-6g	6	← Базовый объект

Рис. 57. Базовые и вспомогательные объекты спецификации [5]

Последовательность следования объектов и разделов в спецификации, а также порядок объединения объектов в разделы определяется стандартами.

Обычно в качестве разделов спецификации используются следующие (в порядке появления в спецификации): Документация, Комплексы, Сборочные единицы, Детали, Стандартные изделия, Прочие изделия, Материалы, Комплекты. Название каждого раздела спецификации размещается в отдельной строке (или нескольких строках) в начале раздела. Эта строка называется заголовком раздела.

Объекты в таблице спецификации чередуются с заголовками разделов, пустыми строками и резервными строками (рис. 58).

Пустая строка – строка в бланке спецификации, расположенная непосредственно над или под заголовком раздела или блока разделов. Она отделяет заголовок от объектов спецификации.

Резервная строка – строка спецификации, предназначенная для внесения последующих изменений в выпущенную (напечатанную на бумаге) спецификацию. Эти строки всегда расположены в конце раздела.

Раздел	Код	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Раздел					← Пустая строка
			<u>Документация</u>		← Заголовок раздела
					← Пустая строка
	A2	АЕКТ.620840.200СБ	Сборочный чертеж		
	A4	АЕКТ.620840.200ПС	Паспорт		
Раздел					← Резервная строка
					← Пустая строка
			<u>Сборочные единицы</u>		← Заголовок раздела
					← Пустая строка
	A3	1 АЕКТ.620840.210	Указатель уровня	1	
	A4	2 АЕКТ.620840.220	Насос	1	
Раздел					← Резервная строка
					← Пустая строка
			<u>Детали</u>		← Заголовок раздела
					← Пустая строка
	A2	4 АЕКТ.620840.201	Корпус	1	
	A3	5 АЕКТ.620840.202	Крышка	1	
	A4	6 АЕКТ.620840.203	Пробка	2	
					← Резервная строка

Рис. 58. Заголовки разделов, пустые и резервные строки спецификации [5]

Наличие пустых и резервных строк в спецификации предусмотрено стандартами. В пустые и резервные строки спецификации КОМПАС-3D не предусмотрен ввод текстовых и других данных.

2.6. Создание спецификации, связанной с графическим документом

Документ спецификации создается путем наполнения объектами – базовыми и вспомогательными.

Если к спецификации не подключены такие документы, как сборка или чертеж, то объекты спецификации в ней создаются вручную. Эти объекты можно редактировать и удалять.

Если спецификация связана с графическими документами, то из них извлекаются данные о составных частях изделия. На основе полученных данных в документе-спецификации автоматически формируются объекты спецификации. Эти объекты нельзя ни редактировать, ни удалять. В обратном направлении, т. е. из спецификации в связанные с ней документы, передаются номера позиций деталей и сборочных единиц.

В спецификации, к которой подключены документы, доступно также ручное создание объектов. Эти объекты, в отличие от созданных автоматически, можно редактировать и удалять вручную.

Объекты спецификации размещаются в разделах. Спецификация не может содержать пустых разделов (без объектов) и объектов, находящихся вне разделов спецификации. Если спецификация пуста, можно начинать работу как с создания раздела, так и с создания объекта. При создании раздела в нем автоматически создается первый объект. При создании объекта в пустой спецификации автоматически запускается создание раздела.

Разделы можно создавать в произвольном порядке. Вновь созданный раздел размещается в предназначенном для него месте, так как последовательность расположения разделов определяется настройкой стиля спецификации.

При создании объекта в частично заполненной спецификации новый объект добавляется в тот раздел, в котором на момент создания объекта находится курсор.

Для добавления раздела спецификации служит команда **Добавить раздел**. При выполнении команды необходимо выбрать наименование создаваемого раздела и тип объекта (базовый или вспомогательный), который будет создан в разделе. После создания раздела в бланке спецификации появится его заголовок (он будет подчеркнут и в соответствии со стандартом обрамлен сверху и снизу пустыми строками). В раздел будет автоматически добавлен объект спецификации

выбранного типа. Система перейдет в процесс редактирования этого объекта.

В спецификации не могут быть созданы разделы без объектов. Поэтому при создании нового раздела в нем сразу возникает первый объект, а при удалении последнего объекта из раздела удаляется и сам раздел (заголовок, пустые и резервные строки).

Для добавления объектов спецификации используются следующие команды: **Добавить базовый объект**, **Добавить вспомогательный объект**. При работе с пустой спецификацией при выполнении команд необходимо выбрать наименование раздела для размещения объекта – в спецификации создается указанный раздел, а в нем – новый объект спецификации; система переходит в режим редактирования объекта. При работе со спецификацией, содержащей разделы, перед вызовом команды создания объекта курсор должен находиться в любой строке раздела, в который требуется добавить объект. После вызова команды в текущем разделе создается новый объект. Система переходит в процесс редактирования этого объекта.

Текстовую часть объекта спецификации и его параметры можно изменить с помощью команды **Редактировать объект**. Удаление объекта спецификации осуществляется командой **Удалить объект**.

При создании спецификации, связанной с графическим документом, рекомендуется следующий порядок работы:

1) создаются трехмерные модели компонентов и сборки. Для всех компонентов и сборки в файлах-источниках должны быть заданы свойства (обозначение документа, наименование изделия и др.). Значения свойств можно задать в процессе редактирования свойств объектов документа либо путем создания или редактирования в документе объектов спецификации;

2) выполняются ассоциативные чертежи компонентов сборки и ассоциативный сборочный чертеж;

3) по данным, содержащимся в графических документах, создается спецификация;

4) проставляются обозначения позиций компонентов в сборочном чертеже.

После создания файлов сборки и компонентов получить спецификацию, связанную со сборочным чертежом или трехмерной моделью сборки, можно двумя способами:

1) вызвать в чертеже команду **Создать спецификацию по документу** – создание спецификации и подключение к ней текущего

чертежа и сборки, по которой он создан, будет произведено автоматически;

2) создать новый файл спецификации, а затем подключить к ней сборочный чертеж. Подключение сборочного чертежа к спецификации осуществляется с помощью команды **Управление сборкой**.

Результатом подключения сборочного чертежа является автоматическое заполнение таблицы и основной надписи спецификации. В таблице спецификации автоматически создаются базовые объекты, соответствующие составным частям изделия. Для создания объектов используются значения свойств составных частей. К объектам спецификации автоматически подключаются документы на составные части (например, если к спецификации подключена сборка, то к объектам раздела Детали будут подключены файлы соответствующих моделей, а если имеются созданные по деталям чертежи, то и файлы чертежей тоже). Значения свойств Обозначение и Наименование из подключенного документа передаются в основную надпись спецификации.

Раздел Документация не может быть сформирован в спецификации автоматически. Этот раздел необходимо создать вручную и подключить к его объектам соответствующие документы.

Подключение документов к объекту спецификации осуществляется в секции Документы на Панели параметров командой **Добавить документ**. Включение/отключение получения данных производится кнопкой **Получать свойства из документа**. Данные из подключенного документа будут передаваться в текстовую часть объекта спецификации. При этом отпадает необходимость в ручном вводе данных в некоторые колонки объекта. Например, значения свойств чертежа, подключенного к объекту, могут быть автоматически переданы в колонки спецификации Формат, Обозначение и Наименование.

После редактирования и сохранения этих данных в подключенном документе все изменения вновь будут переданы в объект спецификации. Таким образом, благодаря связи между объектом спецификации и документом происходит ввод текстовой части объекта и автоматически поддерживается соответствие между свойствами подключенного документа (например, чертежа детали) и текстовой частью объекта спецификации.

Основная надпись документа-спецификации в режиме работы с таблицей спецификации не видна и не доступна для редактирования. Для заполнения основной надписи спецификации, просмотра допол-

нительных листов и ввода на них текста требуется включить отображение оформления с помощью команды **Отобразить оформление**.

После включения оформления страницы спецификации показываются так, как они будут выводиться на печать. Видны и доступны для редактирования таблицы основной надписи документа-спецификации и тексты на дополнительных листах.

Объекты спецификации при включенном оформлении, наоборот, недоступны для редактирования. Для редактирования объектов спецификации требуется отключить отображение оформления.

2.7. Виды и статусы переменных в документах КОМПАС-3D

Использование переменных в документе позволяет изменять параметры объектов, не прибегая к их редактированию.

В документах КОМПАС-3D используются переменные следующих видов:

- пользовательские переменные: переменные, созданные пользователем при помощи Панели переменных. Они используются для получения значений других переменных. Можно создать переменные обычного вида, а также функциональные и интервальные переменные;

- переменные параметров операций: переменные, созданные автоматически в процессе задания числовых параметров операций в модели. Значениями этих переменных являются значения параметров. Данные переменные можно использовать для управления значениями параметров операций. К таким параметрам относится, например, параметр Расстояние операции выдавливания;

- переменные размеров: переменные, созданные пользователем в процессе создания размеров в графических документах и эскизах. Значениями этих переменных являются значения размеров. Если размер, для которого создана переменная, управляющий, то переменную можно использовать для управления значением размера. Если размер является информационным, то управлять его значением через переменную нельзя;

- переменные предельных отклонений: переменные, созданные пользователем на Панели переменных, предназначенные для задания значений предельных отклонений размеров и параметров, значения которых выражены в линейных или угловых величинах.

Кроме того, при работе с моделью автоматически создаются переменные, с помощью которых можно управлять исключением объектов из расчета.

В модели также автоматически создаются переменные объектов «измерение» и размеров – элементов оформления, проставленных вручную. В первом случае значениями переменных являются результаты измерения, а во втором – значения размеров, для которых они созданы. Эти переменные используются только для получения информации.

Переменным могут присваиваться статусы «внешних» и/или «информационных».

Переменным параметров операций и размеров можно присвоить только статус «информационная». Пользовательская переменная может быть как внешней, так и информационной.

Если пользовательской переменной в документе присвоен статус «внешняя», то эта переменная доступна при вставке документа в другой документ (главный документ).

Если пользовательская переменная в документе является и внешней, и информационной, то при вставке документа в другой документ эта переменная доступна только для получения значений других переменных. Изменить значение такой переменной нельзя.

Информационная переменная – это переменная, значение которой зависит от других переменных, размеров или положения объектов документа.

Статус «информационная» может быть назначен автоматически пользовательским переменным и переменным размеров в графических документах и эскизах. Назначение статуса выполняется в следующих случаях:

1) пользовательская переменная становится информационной, если для вычисления ее значения задается выражение, содержащее другие переменные. При удалении переменной из выражения или всего выражения статус «информационная» отменяется;

2) переменная размера получает статус «информационная», если размер, для которого она создана, становится информационным. При переходе информационного размера в управляющий статус «информационная» у переменной отменяется.

Информационные переменные в модели создаются для следующих объектов:

- размеры – элементы оформления, проставленные вручную;
- объекты «измерение»;

- параметры операций, значения которых зависят от положения объектов модели (к таким параметрам относится, например, параметр Расстояние операции выдавливания при выдавливании эскиза до вершины, так как в этом случае значение параметра зависит от положения вершины).

Внешние переменные используются в параметрических фрагментах и моделях.

Внешней переменной в параметрическом фрагменте называется переменная, значение которой можно изменять в главном документе – документе, в который вставлен фрагмент. Основное назначение внешних переменных в параметрическом фрагменте – управление параметрами вставленного в документ фрагмента без редактирования этого фрагмента «изнутри».

Внешней переменной в модели называется переменная, значение которой доступно и может быть изменено в другой модели, содержащей данную в качестве компонента. Основное назначение внешних переменных в модели – управление размерами и топологией модели после вставки ее в другую модель.

Статус «внешняя» может иметь только пользовательская переменная. Поэтому для того чтобы внешняя переменная влияла на изображение или модель, пользовательскую переменную необходимо включить в выражение для вычисления нужной переменной размера или параметра операции.

Если внешняя переменная является также информационной, то в главном документе она будет видна, но недоступна для изменения.

2.8. Создание переменных. Присвоение значений переменным

Пользовательская переменная создается путем ввода в пустую строку главного раздела Панели переменных имени переменной. Имя переменной может содержать буквы латинского алфавита (различаются символы верхнего и нижнего регистра), арабские цифры и символы подчеркивания («_»). Длина имени переменной – не более 512 символов. Первый символ в имени переменной – буква или подчеркивание. Примеры записи: a, b_1. В случае несоблюдения формата записи имени заданное имя не сохранится.

Переменные параметров операций модели создаются автоматически при создании операций (создание переменных данного вида

вручную невозможно). Для каждой операции создается набор переменных, соответствующих всем ее числовым параметрам. Этим переменным присваиваются имена, сформированные по шаблону “vN”, где N – порядковый номер переменной в списке переменных модели. Значениями переменных являются значения параметров, которые вводятся в процессе создания операции в поля Панели параметров. Для переменных параметров каждой операции на Панели переменных создается отдельная группа, имя которой соответствует названию операции. В этой группе также создается переменная параметра Исключить из расчета, управляющая исключением операции из расчета.

Переменная размера графического документа или эскиза создается в диалоге установки значения размера. Данный диалог появляется автоматически при простановке размера или после вызова команды **Установить значение размера** и указания размера. Диалог позволяет задать имя переменной, ее значение и комментарий к ней. На Панели переменных созданная переменная размещается следующим образом:

- в модели: в разделе с именем того эскиза, к которому относится соответствующий размер;
- в чертеже: в разделе с именем того вида, к которому относится соответствующий размер;
- во фрагменте: все переменные размеров составляют один раздел.

Переменные предельных отклонений предназначены для задания значений предельных отклонений управляющих размеров графического документа или эскиза и параметров операций модели, значения которых выражены в линейных или угловых величинах. Переменные данного вида создаются пользователем. Для их создания необходимо выбрать исходную переменную – переменную размера или параметра, предельные отклонения которого требуется задавать с помощью переменных. В модели создаются две переменные – верхнего и нижнего предельных отклонений. Имена переменных предельных отклонений формируются автоматически и имеют вид:

1) для переменной верхнего отклонения – <имя исходной переменной>_ES (например, v7_ES);

2) для переменной нижнего отклонения – <имя исходной переменной>_EI (например, v7_EI).

Переменная параметра Фиксировать компонент создается автоматически для каждого компонента модели. Ее значение показывает,

зафиксирован компонент или нет. Переменная может иметь значение либо 0, либо 1:

- 0 – компонент не зафиксирован;
- 1 – компонент зафиксирован.

Переменная параметра Исключить из расчета создается автоматически для различных элементов модели и компонентов первого уровня. Ее значение показывает, включен объект в расчет или нет. Переменная может иметь значение либо 0, либо 1:

- 0 – объект включен в расчет; данное значение присваивается переменной при ее создании;
- 1 – объект исключен из расчета.

Присвоение различных значений переменным позволяет управлять значениями других переменных и параметров объектов, не прибегая к прямому редактированию изображения или модели. Присвоение различных значений переменным параметров операций позволяет управлять геометрией модели, а переменным размеров – геометрией изображения в графическом документе и эскизе.

Способ присвоения значения пользовательской переменной, переменной параметра операций и переменной предельных отклонений задается и может быть изменен на Панели переменных. Доступны следующие способы:

1) непосредственный ввод числа или константы, являющейся значением переменной, в ячейку Выражение Панели переменных. В документе будет создано уравнение вида «имя переменной = значение». Значением переменной может быть не только число, но и системная константа (например, M_E – основание натурального логарифма, M_{PI} – число Пи и т. д.);

2) ввод выражения для вычисления значения переменной – в качестве элементов выражения могут быть вставлены системные функции, константы, операторы, целые выражения и функции кривых. Вставка элементов выражения выполняется с помощью диалога Вставка математического выражения. Диалог содержит перечень доступных для вставки элементов выражения. В документе будет создано уравнение вида «имя переменной = выражение». Уравнение может содержать не более 80 элементов – чисел, констант, переменных, знаков операций и функций;

3) ссылка на переменную, т. е. присвоение значения другой переменной – значение переменной можно присвоить путем создания ссылки на переменную другого документа. В качестве документа – источни-

ка ссылки – может использоваться графический документ или модель. В документе будет создано уравнение вида «имя переменной = значение». В колонке Выражение появится текст ссылки на переменную.

2.9. Внешние переменные. Таблица внешних переменных

В параметрическом изображении или модели одни переменные являются независимыми (их значения могут быть непосредственно введены пользователем), а другие – вычисляемыми (их значения зависят от значений остальных переменных).

Внешней переменной в параметрическом фрагменте называется переменная, значение которой можно изменять в главном документе – документе, в который вставлен фрагмент. Основное назначение внешних переменных в параметрическом фрагменте – управление параметрами вставленного в документ фрагмента без редактирования этого фрагмента «изнутри».

Параметрический фрагмент – фрагмент, содержащий внешние переменные. Внешние переменные служат для управления параметрами вставляемого фрагмента без его редактирования «изнутри». При вставке параметрического фрагмента в другой документ внешние переменные фрагмента сохраняют свои имена и текущие значения. В процессе дальнейшей работы с документом можно изменять значения внешних переменных вставленного фрагмента.

Внешней переменной в модели называется переменная, значение которой доступно и может быть изменено в другой модели, содержащей данную в качестве компонента. Основное назначение внешних переменных в модели – управление размерами и топологией модели после вставки ее в другую модель.

При вставке модели в другую модель в качестве компонента все ее внешние переменные помещаются в группу переменных этого компонента. Они автоматически получают имена, образованные по шаблону “vN_name”, где:

- N – порядковый номер переменной в списке переменных модели, содержащей компонент;
- name – имя внешней переменной компонента.

Внешние переменные используются в параметрических фрагментах и моделях. Формирование переменных и присвоение им статуса «внешняя» производится при создании фрагмента или модели.

Внешней может быть только пользовательская переменная. Чтобы внешняя переменная влияла на изображение или модель, пользовательскую переменную необходимо включить в выражение для вычисления нужной переменной размера или параметра операции. Чтобы сделать пользовательскую переменную внешней, выделите ячейку в строке этой переменной и вызовите команду Внешняя контекстного меню. Повторный вызов команды вернет переменную в исходное состояние.

Таблица значений внешних переменных (таблица переменных) – это таблица, хранящаяся в файле и содержащая predetermined значения внешних переменных этого файла. Основное назначение таблицы переменных – быстрое присвоение значений внешним переменным файла, вставляемого (или вставленного) в другой документ.

Таблица переменных используется при вставке файла с внешними переменными в другой документ: из таблицы выбирается строка, каждая ячейка которой содержит значение одной внешней переменной. Эти значения присваиваются внешним переменным вставляемого файла.

Таблица переменных формируется пользователем во время создания или редактирования файла, имеющего внешние переменные. Впоследствии таблица может быть отредактирована или удалена из файла.

Таблица переменных организована следующим образом:

- 1) первая строка, начиная со второй ячейки, содержит имена переменных – заголовки столбцов таблицы;
- 2) первый столбец, начиная со второй ячейки, содержит комментарии к строкам;
- 3) остальные ячейки содержат значения переменных.

Каждая строка таблицы, начиная со второй, содержит определенный набор значений переменных и комментариев – название этого набора.

Таблица переменных, хранящаяся в файле, может быть записана в файл формата Excel. Возможно также чтение таблицы переменных из файла формата Excel. Для того чтобы чтение было возможно, файл формата Excel должен удовлетворять определенным требованиям.

В таблицу переменных могут быть переданы данные, хранящиеся в файле формата Excel. Для того чтобы импорт данных производился корректно, содержимое файла Excel должно удовлетворять следующим требованиям.

1. Лист с данными в книге Excel должен иметь имя VarTable. Если этот лист пустой или содержит некорректные данные, на экране появляется сообщение системы: «Данные не найдены».

2. Импортируемая таблица не должна содержать полностью пустых строк или столбцов. Сведения из ячеек, находящихся ниже пустой строки и справа от пустого столбца, в таблицу переменных не переносятся. Таблица переменных формируется в строгом соответствии с таблицей формата Excel. Столбцы и строки будут расположены в последовательности, заданной на листе VarTable. Первыми столбцом и строкой таблицы переменных будут первые по счету заполненные столбец и строка из таблицы VarTable.

3. Ячейки импортируемой таблицы должны быть заполнены по следующим правилам:

- в первую строку, начиная со второй ячейки, вводятся имена переменных;
- в первый столбец, начиная со второй ячейки, вводятся комментарии к каждому набору параметров;
- в остальные ячейки вводятся значения переменных. Эти ячейки могут содержать только действительные числа.

2.10. Параметрические связи и ограничения. Ассоциативные объекты

Отличие параметрического изображения от обычного состоит в том, что в нем хранится информация не только о расположении и характеристиках геометрических объектов, но и о взаимосвязях/связях между объектами и наложенных на них ограничениях.

Под взаимосвязью/связью подразумевается зависимость между параметрами нескольких объектов. При редактировании одного из взаимосвязанных параметров изменяются другие. Редактирование параметров одного объекта, не связанных с параметрами других объектов, не влияет на другие параметры.

В КОМПАС-3D возможно применение следующих связей между объектами:

- коллинеарность, концентричность, симметрия объектов;
- объединение точек объектов;
- параллельность, перпендикулярность объектов;
- равенство радиусов дуг и окружностей, равенство длин отрезков;
- касание двух кривых;

- расположение точки на кривой (на середине кривой), расположение объекта на биссектрисе угла.

Под ограничением подразумевается равенство параметра объекта константе. Допускается только такое редактирование объекта, в результате которого не будут нарушены установленные ограничения.

В КОМПАС-3D возможно наложение следующих ограничений на объекты:

- вертикальность, горизонтальность объектов, выравнивание точек объектов по вертикали, горизонтали;
- фиксация длины, угла, размера, точек объектов;
- другой тип параметрической связи – ассоциативность объектов. Ассоциативными могут быть объекты, которые при построении привязываются к другим объектам. Такие объекты «помнят» о своей принадлежности к базовому объекту (отрезку, окружности, другому размеру или обозначению и т. д.) или к нескольким объектам. При редактировании базовых объектов (например, их сдвиге или повороте) ассоциативные объекты перестраиваются соответствующим образом. В результате сохраняется взаимное расположение базового и ассоциированного с ним объекта.

Предусмотрен ввод ассоциативных геометрических объектов и обозначений. К ним относятся:

- штриховки и заливки;
- обозначения шероховатости, базы;
- позиционные обозначения на линии и с линией-выноской;
- линии-выноски (в том числе в составе других обозначений: допусков формы и расположения, обозначений шероховатости и т. п.);
- размеры;
- обозначения центра;
- эквидистанты;
- условные пересечения.

Ассоциативность объектов (размеров, штриховок и т. д.) возникает только при их вводе благодаря прямому или косвенному указанию базовых графических объектов.

При редактировании параметризованных и ассоциативных объектов перестроение изображения происходит таким образом, что соблюдаются все наложенные на объекты ограничения и сохраняются связи между объектами.

Часть ограничений и взаимосвязей (совпадения точек, парал-

тельность и т. д.) могут формироваться автоматически при вводе, если пользователь включил параметрический режим.

Параметрическим режимом называется такой режим создания и редактирования геометрических объектов и объектов оформления, в котором параметрические связи и ограничения накладываются автоматически. При этом тип накладываемых связей и ограничений определяется в процессе построения благодаря последовательности выполнения команды построения объекта или осуществлению привязки (в том числе локальной).

2.11. Основные способы параметризации.

Рекомендации по параметризации чертежей и моделей

Под параметрической моделью понимают геометрическую модель, изменением параметров которой можно получать разные типоразмеры изделия.

Обычная геометрическая модель содержит информацию о составляющих ее геометрических элементах и об их положении. Параметрическая геометрическая модель, кроме данных об геометрических элементах модели, содержит информацию о связях между геометрическими элементами и о наложенных на них ограничениях.

Параметризация бывает трех типов: иерархическая, вариационная и геометрическая.

Иерархическая параметризация (параметризация на основе истории построения) заключается в том, что в ходе построения модели вся последовательность построения отображается в Дереве построения. В нем перечислены все существующие в модели вспомогательные элементы, эскизы и выполненные операции в порядке их создания.

Вариационная, или размерная, параметризация основана на построении моделей с наложением пользователем связей и ограничений в виде системы уравнений, определяющих связи между элементами или ограничения, наложенные на элементы.

Геометрической параметризацией называется параметрическое моделирование, при котором геометрия каждого параметрического объекта пересчитывается в зависимости от положения родительских объектов, его параметров и переменных.

Существует два принципиально различных способа получения параметрического изображения:

- 1) программирование либо интерактивное формирование изо-

бражения непосредственно при рисовании. В ряде САД-систем можно вычерчивать изображение с одновременным заданием закона построения, который, однако, потом нельзя изменить в случае ошибки (придется удалить все построение и начать его заново), либо такое изменение сильно затруднено (КОМПАС-Макро и КОМПАС-Мастер);

2) наложение ограничений (связей) на объекты начерченного ранее изображения узла или детали, причем в любом порядке, не придерживаясь какой-либо жесткой последовательности. В этом случае возможно произвольное изменение изображения, не приводящее к необходимости повторных построений с самого начала.

В КОМПАС-3D реализован второй способ параметризации изображений. Такая параметризация называется вариационной.

Параметрические изображения могут использоваться как самостоятельно (например, в чертеже, содержащем параметрические виды, в эскизе, содержащем сечение тела), так и для вставки в другие документы (чертежи или фрагменты). Параметрическое изображение, предназначенное для последующей вставки, обязательно должно храниться во фрагменте (файле с расширением *fgw*) и иметь внешние переменные.

При работе с параметрическими чертежами и фрагментами может оказаться полезным знание следующих особенностей.

Чем больше ограничений наложено на объекты, составляющие изображение детали, тем меньше вероятность сильных разбросов при пересчетах. В большинстве случаев рекомендуется полное определение изображения, т. е. лишение составляющих его объектов всех степеней свобод. В качестве вспомогательных ограничений применяется фиксация точек, назначение горизонтальности или вертикальности отрезков, простановку дополнительных размеров. Для удобства работы можно включить отображение в графической области степеней свободы объектов.

Рекомендуется не выполнять «резких движений» при редактировании параметрического изображения, лучший стиль при работе с ним – постепенность. Например, не следует слишком сильно изменять значение размера (было 5° , а стало 120°). Такие значительные изменения лучше выполнять постепенно, в несколько приемов. То же самое можно сказать и о редактировании перетаскиванием точек (не следует сдвигать объект или точку сразу на очень большое расстояние, лучше выполнить такое перемещение в несколько этапов).

Время обработки параметрического изображения существенно зависит от насыщенности чертежа или фрагмента параметризованными объектами. Однако полностью определенное изображение обрабатывается быстрее, чем недоопределенное.

К применению параметрических возможностей при работе с чертежной документацией следует подходить взвешенно, оценивая степень реальной необходимости полной параметризации того или иного чертежа.

Можно дать следующие общие рекомендации, связанные с параметризацией чертежей.

Имеет смысл параметризовать чертежи деталей, при модификации которых изменяются только размеры и не меняется топология. Таким образом, однажды созданное параметрическое изображение детали может быть быстро перестроено простым изменением значений размеров.

Если выполняется новая разработка, оцените, будет ли она применяться в будущем как прототип. Если нет, тогда параметризация чертежа может не выполняться, так как отпадает необходимость в последующей быстрой модификации. Если же новая деталь будет часто использоваться как стандартный прототип, параметризация ее чертежа или создание параметрического фрагмента имеет смысл.

Полная параметризация, скорее всего, не будет оправданной для сложных сборочных чертежей, так как в этом случае велик объем работы по вводу ограничений и управляющих размеров.

2.12. Назначение и порядок работы с утилитой Редактор библиотек

Библиотеки элементов предназначены для хранения и вставки в документы часто используемых фрагментов, моделей, текстов и рисунков.

Приложение Редактор библиотек КОМПАС-3D позволяет:

- создавать новые библиотеки и наполнять их элементами;
- редактировать состав библиотек – добавлять и группировать элементы, перемещать элементы в пределах структуры открытой библиотеки, изменять группировку элементов, удалять элементы и группы, сохранять элементы из библиотеки на диск;
- импортировать данные из библиотек КОМПАС-3D;
- редактировать элементы библиотеки в КОМПАС-3D.

Файл библиотеки имеет расширение kle (Kompas Library of Elements). Элементами библиотеки могут быть:

- фрагменты (*.frw);
- сборки (*.a3d);
- детали (*.m3d);
- растровые изображения (*.bmp, *.jpg, *.png и т. д.);
- текстовые документы (*.kdw);
- txt-файлы.

Порядок создания библиотеки:

1) создаются элементы библиотеки. Они создаются в КОМПАС-3D как обычные документы и сохраняются на диск.

2) созданные элементы включаются в библиотеку – новую или уже имеющуюся;

3) если была создана новая библиотека, то ее необходимо добавить в конфигурацию.

2.13. Библиотека Менеджер типовых элементов

Менеджер типовых элементов – библиотека, предназначенная для создания, ведения и использования библиотек типовых элементов при работе в КОМПАС-3D.

Разработка нового шаблона сводится к следующим этапам:

1) создание документа КОМПАС-3D (фрагмента, чертежа, детали, сборки), который будет являться основой шаблона;

2) формирование в Microsoft Excel или OpenOffice.org Calc таблицы параметров шаблона в соответствии с определенными правилами;

3) установка связи между параметрами документа КОМПАС-3D и значениями, заданными в таблице;

4) создание схемы параметров (содержит изображение конструктивного элемента и имена переменных (размеров и базовых точек), которые нужно выбирать из таблицы Excel или OpenOffice.org Calc).

Готовый шаблон может быть вставлен в активный документ КОМПАС-3D. Перед вставкой шаблона необходимо выбрать значения его параметров из ряда данных, которые содержатся в таблице переменных, ассоциированной со вставляемой основой шаблона. Если шаблон параметризован, то после вставки в документ значения его параметров будут соответствовать выбранным значениям переменных.

Шаблон – это элемент библиотеки, созданной с помощью Менеджера типовых элементов. Он представляет собой совокупность трех составляющих:

1) основа шаблона – документ КОМПАС-3D (фрагмент, чертеж, деталь или сборка), содержащий внешние переменные;

2) таблица переменных (таблица параметров) – электронная таблица Microsoft Excel или OpenOffice.org Calc, содержащая те же переменные, что и основа шаблона, а также их возможные значения;

3) схема шаблона – фрагмент, деталь или файл с рисунком, содержащий имена переменных (параметров).

Шаблоны могут быть двухмерными (фрагмент, чертеж) и трехмерными (деталь, сборка). Двухмерный шаблон может состоять только из одного слоя.

Примеры шаблонов: сварные швы, крепежные изделия, профили и т. д.

Шаблон может быть вставлен в документ КОМПАС-3D как:

- набор объектов (отрезков, дуг, кривых и т. д.), т. е. «россыпью»;
- библиотечный макроэлемент, который можно редактировать средствами библиотеки Менеджер типовых элементов;
- макроэлемент;
- библиотечный компонент, который можно редактировать только средствами библиотеки Менеджер типовых элементов;
- деталь, которую можно редактировать средствами КОМПАС-3D;
- деталь без состава операций;
- сборка, которую можно редактировать средствами КОМПАС-3D;
- сборка без состава компонентов.

Библиотечный макроэлемент – это объект, состоящий из нескольких простых объектов. Макроэлемент воспринимается системой (выделяется, перемещается, удаляется) как единое целое. Редактировать библиотечный макроэлемент можно средствами Менеджера типовых элементов.

2.14. Таблица переменных библиотеки Менеджер типовых элементов

Таблица переменных или таблица параметров (файл формата *.xls или *.ods) является составной частью шаблона. Она создается в Microsoft Excel или OpenOffice.org Calc. Таблицу переменных шаблона можно будет увидеть в нижней части главного окна Менеджера типовых элементов.

Таблица переменных имеет следующую структуру:

- 1) первая строка – комментарий;
- 2) вторая строка – имена переменных, которые назначены в файле-основе шаблона;
- 3) третья строка – пояснения к переменным;
- 4) четвертая строка – способ отображения переменной:
 - True – под переменными, значение которых всегда выводится в таблице переменных;
 - Condition – под переменными, значение которых выводится в таблице переменных при наличии таких переменных в файле-основе шаблона;
 - False – под переменными, значение которых никогда не выводится в таблице переменных.
- 5) пятая строка – тип переменных:
 - Const – переменная имеет постоянное значение;
 - Integer – значение переменной – целое число;
 - Float – значение переменной – действительное число;
 - Bool – логическая переменная со значением 0 или 1;
- 6) шестая строка – интервал значений, которые может принимать переменная:
 - MinMaxRange – значение переменной выбирается из указанного интервала значений;
 - MinRange – значение переменной превышает указанное значение или равно ему;
 - DropDownList – значение переменной выбирается из раскрывающегося списка.

7) седьмая и последующая строки – значения переменных.

При создании таблицы переменных для трехмерного шаблона в нее могут быть заложены следующие переменные.

Наименование. Значение переменной с таким идентификатором выводится на панели свойств модели КОМПАС-3D в поле Наименование. Идентификатор переменной по умолчанию – NAME.

Обозначение. Значение переменной с таким идентификатором выводится на панели свойств модели КОМПАС-3D в поле Обозначение. Идентификатор переменной по умолчанию – SIGN.

Материал. Значение переменной с таким идентификатором выводится на панели свойств модели КОМПАС-3D в поле Наименование материала. Идентификатор переменной по умолчанию – MATERIAL.

Плотность. Значение переменной с таким идентификатором выводится на панели свойств модели КОМПАС-3D в поле Плотность. Идентификатор переменной по умолчанию – DENSITY.

2.15. Структура программы КОМПАС-Макро

Приложение КОМПАС-Макро предназначено для записи и использования макросов при работе в КОМПАС-3D. Макрос – это последовательность команд, выполнение которых осуществляется нажатием одной кнопки какой-либо панели инструментов. Макросы КОМПАС-3D записываются на языке программирования Python.

Макросы записываются в процессе работы с документами КОМПАС-3D. Выполняемые команды посредством языка Python фиксируются в файле определенного формата.

Запись макроса может осуществляться:

- в процессе работы с документом КОМПАС-3D;
- без открытых документов КОМПАС-3D (для такого макроса предлагается расширение скрипта – *.py).

Макросы выполняются в КОМПАС-документе того типа, который был текущим при записи макроса.

Редактирование макроса может быть осуществлено только путем внесения изменений в скрипт, хранящийся в файле с макросом на языке Python.

Любая программа на языке Python состоит из модулей. Один модуль представляет собой ряд связанных между собой инструкций, которые обрабатываются интерпретатором языка и преобразуются в машинные коды для ЭВМ. Модули хранятся в отдельных файлах с расширением *.py.

Простые программы состоят только из одного модуля и представляют собой текстовый файл с инструкциями, написанными на языке Python.

Инструкции в языке Python делятся на простые и составные. Простые инструкции описываются одной строкой кода.

Если инструкция не является вложенной, она должна начинаться с начала строки (иначе будет выведено сообщение об ошибке). Концом инструкции является конец строки (предпочтительно), либо символ «;» (не рекомендуется):

`a = 5` или `a = 5;`

Если необходимо разместить несколько инструкций на одной строке, то в конце каждой инструкции, перед началом новой инструкции следует разместить точку с запятой. Например:

```
a = 5;b = 7;c = 9
```

Если инструкция является слишком длинной, то ее можно перенести на следующую строку, используя символ переноса «\» или путем размещения выражения в круглых скобках:

```
x = 15 + 20\  
+30  
x = (15 + 20  
+ 30)
```

Составные инструкции содержат вложенные инструкции и объединены в блоки. Для выделения вложенной инструкции внутри блока используют четыре пробела. Например:

```
i=1 # простая инструкция  
while i<11:# основная инструкция  
    print(i) # вложенная инструкция  
    i=i+1 # вложенная инструкция  
print("Конец программы\")==>
```

Если блок состоит из одной вложенной инструкции, то можно разместить ее на одной строке с основной инструкцией:

```
i=1 # простая инструкция  
while i<11:print(i)# основная и вложенная инструкция  
print("Конец программы\")==>
```

Для улучшения восприятия текста сложной программы рекомендуется использовать комментарии. Комментарии предназначены для вставки пояснений в текст программы – интерпретатор полностью их игнорирует. Внутри комментария может располагаться любой текст, включая инструкции, которые выполнять не следует. В языке Python присутствует только однострочный комментарий. Он начинается с символа «#». Однострочный комментарий может начинаться не только с начала строки, но и располагаться после инструкции. Например:

```
# Диаметр сверла  
d=20 # d-в миллиметрах
```

Литература

1. Мясников, Ю. И. Автоматизация проектирования технологических приспособлений : учеб. пособие / Ю. И. Мясников. – Челябинск : ЮУрГУ, 2015. – Ч. 1. – 207 с.
2. Мясников, Ю. И. Автоматизация проектирования технологических приспособлений : учеб. пособие / Ю. И. Мясников. – Челябинск : ЮУрГУ, 2015. – Ч. 2. – 102 с.
3. Мясников, Ю. И. Универсально-сборные приспособления и особенности их проектирования : учеб. пособие / Ю. И. Мясников. – Челябинск : ЮУрГУ, 2015. – 102 с.
4. Современная технологическая оснастка : учеб. пособие / Х. М. Рахимьянов [и др.]. – Новосибирск : НГТУ, 2012. – 268 с.
5. КОМПАС-3D v17 : рук. пользователя. – СПб. : ООО «АСКОН-Системы проектирования», 2017. – 2920 с.

Учебное электронное издание комбинированного распространения

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Пособие
для студентов специальности 1-53 01 01
«Автоматизация технологических процессов
и производств (по направлениям)»
дневной формы обучения**

Составитель **Целуев Михаил Юрьевич**

Редактор
Компьютерная верстка

О. С. Ковалёва
И. П. Минина

Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель