

В. В. Овчинников, М. А. Гуреева

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

«Инфра-Инженерия»

УДК 621.0
ББК 34.4
О-35

Рецензенты:
доктор технических наук, профессор, начальник отдела «Конструкционные материалы и функциональные покрытия» филиала ОДК «НИИД» *Абраимов Николай Васильевич*;
кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научным разработкам ООО «Инновационные технологии» *Смирнов Сергей Вячеславович*

Овчинников, В. В.

О-35 Технологическая оснастка : учебник / В. В. Овчинников, М. А. Гуреева. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2026. – 148 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-3109-5

Приведена краткая классификация технологической оснастки. Значительное место отведено станочным приспособлениям и их составным частям. Даны сведения, необходимые для выбора, проектирования и эффективного использования станочных приспособлений. Освещены особенности конструкции сборочно-сварочной оснастки.

Для студентов учреждений среднего специального образования, обучающихся по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

УДК 621.0
ББК 34.4

ISBN 978-5-9729-3109-5

© Овчинников В. В., Гуреева М. А., 2026
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2026
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Глава 1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА 5
1.1. Классификация приспособлений 5
1.2. Задачи, решаемые с помощью приспособлений 10

Глава 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ 12
2.1. Базирование заготовки в приспособлении 12
2.2. Способы базирования заготовок в приспособлениях 14

Глава 3. УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ 18
3.1. Классификация опор 18
3.2. Общие требования, предъявляемые к установочным приспособлениям 18
3.3. Установка заготовок по плоскостям 19
3.4. Установка заготовок по цилиндрической поверхности и перпендикулярной к ее оси плоскости 23
3.5. Установка заготовок по плоскости и двум цилиндрическим отверстиям ... 29
3.6. Установка заготовок по центровым отверстиям 31

Глава 4. ЗАЖИМНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ 36
4.1. Требования, предъявляемые к зажимным элементам 36
4.2. Методика расчета сил зажима 37
4.3. Примеры расчета силы зажима 41
4.4. Классификация зажимных механизмов 44

Глава 5. УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ 56
5.1. Принцип действия установочно-зажимных механизмов 56
5.2. Классификация самоцентрирующих механизмов 56
5.3. Механизмы с упругодеформируемыми элементами 61

Глава 6. СИЛОВЫЕ ПРИВОДЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ 67
6.1. Назначение силовых приводов 67
6.2. Пневматические, гидравлические, пневмогидравлические и вакуумные приводы 67
6.3. Электромеханические, электромагнитные и магнитные приводы 77
6.4. Центробежно-инерционные приводы и приводы от движущихся частей станка и сил резания 79

Глава 7. ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ. КОРПУСА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ 82
7.1. Классификация элементов приспособлений для определения положения направления обрабатывающих инструментов 82

7.2. Шаблоны, установы и кондукторные втулки 82
7.3. Копиры 87
7.4. Вспомогательные элементы приспособлений 88
7.5. Корпуса приспособлений 91

Глава 8. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ 100
8.1. Этапы проектирования приспособлений 100
8.2. Примеры расчета силы зажима различных фиксирующих устройств 104
8.2.1. Расчет силы зажима клиноплунжерного механизма 104
8.2.2. Расчет силы зажима эксцентрикового зажимного устройства 106
8.2.3. Расчет винтовых зажимных устройств 107
8.2.4. Расчет цангового зажимного устройства 109
8.2.5. Рычажные зажимные устройства 110
8.2.6. Шарнирно-рычажные механизмы – усилители 111
8.2.7. Клино-плунжерные механизмы с роликом 112
8.3. Механизированный привод 114
8.4. Методика проектирования специальных приспособлений 119
8.5. Особенности проектирования приспособлений для станков с ЧПУ 121
8.6. Ложементы 123
8.7. Особенности проектирования приспособлений для групповой обработки 123
8.8. Особенности проектирования приспособлений для агрегатных станков 124
8.9. Особенности проектирования приспособлений для автоматических линий 125
8.10. Приспособления для гибких технологических систем (ГПС) 126
8.11. Контрольные приспособления 127

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 130

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ 131

Глава 1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Классификация приспособлений

Станочные приспособления классифицируются по целевому назначению и по степени специализации.

1) Станочные для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. Эти приспособления в свою, очередь подразделяют (по видам оборудования, где они применяются) на токарные, фрезерные, сверлильные, расточные и т. д. К ним относятся также приспособления специального назначения (для гибки, рихтовки и т. д.).

2) Станочные для установки и закрепления рабочего инструмента. Сюда относятся различные патроны для свёрл, развёрток, метчиков, фрезерные и сверлильные многошпиндельные головки, инструментальные державки токарно-револьверных станков и автоматов и другие устройства. При помощи этих двух групп приспособлений производится наладка технологической системы.

3) Сборочные для соединения деталей в изделия. Такие приспособления используются в основном для придания правильного положения соединяемых деталей в пространстве, предварительного деформирования (пружины, разрезные кольца), а также для запрессовки, развальцовки, клёпки и других операций, где необходимо приложение значительных усилий.

4) Контрольные. Применяются для проверки заготовок при промежуточном и окончательном контроле деталей, а также при сборке машин.

5) Транспортно-позиционирующие приспособления, предназначенные для захвата, перемещения и перевёртывания тяжёлых, а в автоматизированном производстве – любых заготовок или деталей и узлов.

Приспособления делят на универсальные, переналаживаемые и специальные. Универсальные приспособления подразделяются на:

1) Универсальные приспособления (УП). Применяются в единичном и мелкосерийном производствах для установки и закрепления заготовок, разных по форме и габаритным размерам, обрабатываемых на различных металлорежущих станках (различные патроны, машинные тиски, делительные головки и т. д.) (рис. 1.1). Они, в свою очередь, подразделяются на **стандартные** и **специальные**. Стандартные изготавливаются в централизованном порядке. Специальные – изготавливают для деталей определённого типа, но разных размеров. Рекомендуются для применения в условиях единичного и мелкосерийного производства.



Рис. 1.1. Поворотный стол

2) Универсальные безналадочные приспособления (УБП). Используются для закрепления заготовок широкой номенклатуры и различной конфигурации. К ним относятся: универсальные патроны с неразъёмными кулачками, универсальные фрезерные и слесарные тиски, трехкулачковый самоцентрирующийся патрон (рис. 1.2).

К переналаживаемым приспособлениям относят:

1) Универсально-наладочные приспособления (УНП). Применяют для установки и закрепления определённой группы схожей по форме заготовок деталей, обрабатываемых на токарных, фрезерных, сверлильных и других станках. Эти приспособления состоят из двух частей – универсальной и сменной (наладочной). Универсальная часть является постоянной и состоит из корпуса, силового привода и некоторых деталей. Наладочная часть состоит из сменных накладок, изготавливаемых в соответствии с формой и габаритными размерами обрабатываемых деталей. К УНП относятся: универсальные патроны со сменными кулачками, универсальные тиски со сменными губками, скальчатые кондукторы (рис. 1.3) и т. п. Рекомендуются для мелкосерийного и серийного производства, особенно эффективны при групповой обработке заготовок.



Рис. 1.2. Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон

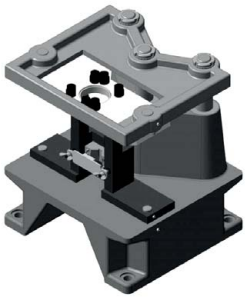

Рис. 1.3. Универсальный скальчатый кондуктор

2) Специализированные безналадочные приспособления (СБП). Используются для закрепления заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам, с одинаковыми базовыми поверхностями, требующих одинаковой обработки (ролики, втулки, диски, кронштейны и т. д.).

3) Специализированные наладочные приспособления (СНП). Состоят из двух частей. Первая часть – базовый агрегат, несущий, как правило, основную базовую поверхность, и вторая часть – специализированная сменная накладка. Во многих случаях базовый агрегат имеет одну или несколько вспомогательных базовых поверхностей для установки на них специальных сменных накладок, предназначенных для направления режущего инструмента, механизма зажима заготовки и других деталей. Так же, как и система УНП, включает базовые элементы и комплексы элементов-наладок, но отличается более высокой степенью механизации приводов и применением многоместных приспособлений. После установки сменной наладки базовый агрегат преобразуется в законченное приспособление для выполнения конкретной операции по изготовлению конкретной детали (рис. 1.4). Область применения СНП охватывает все типы серийного производства в условиях групповой обработки заготовок.



Рис. 1.4. Двухкулачковый самоцентрирующий патрон
со специальными кулачками

4) Универсально-сборные приспособления (УСП). Технико-организационная сущность системы УСП заключается в том, что любое специальное станочное приспособление собирается из стандартизованных и нормализованных деталей и узлов, заранее изготовленных и многократно используемых в собираемых приспособлениях. Комплект УСП состоит из базовых, корпусных, установочных, направляющих, прижимных, и других деталей (комплект может содержать до 25000 деталей) (рис. 1.5).

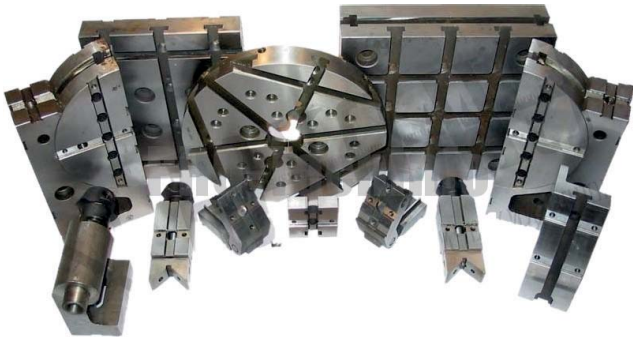

Рис. 1.5. Универсально-сборное приспособление (УСП)

Изготовление приспособления из деталей УСП включает в себя:

1) разработку схемы сборки приспособления в соответствии с видом технологической операции обработки детали и станка;

2) сборку приспособления из стандартизованных и нормализованных деталей;

3) использование собранного приспособления для выполнения конкретной операции по изготовлению детали;

4) разборку приспособления;

5) раскладку деталей УСП для хранения.

Точность обработки на УСП не превышает 9-го квалитета вследствие их невысокой жёсткости из-за наличия большого количества стыков. Из комплекта УСП можно собирать токарные, сверлильные, фрезерные и другие приспособления. После применения приспособления разбирают на составные элементы, которые многократно используют в последующих компоновках. Главным достоинством УСП является быстрота сборки. За 2–5 ч можно скомпоновать приспособление средней сложности (с учетом квалификации слесаря-сборщика).

УСП эффективно применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства, в экспериментальных (вспомогательных) цехах предприятий крупносерийного и массового производства. После испытания опытных образцов приспособлений для основного производства изготавливают специальные высокопроизводительные приспособления.

5) Сборно-разборные приспособления (СРП). Собираются из набора нормализованных деталей и узлов, допускающих многократную перекомпоновку собираемых конструкций. После снятия изделия с производства, при изготовлении которого использовались СРП они разбираются и также как УСП используются при сборке новых специальных приспособлений для обработки деталей нового изделия.

В СРП элементом фиксации является *цилиндрический палец и точное отверстие* (в УСП фиксация деталей осуществляется системой «*шпонка – точный паз*»). Этот способ фиксации имеет ряд эксплуатационных и технологических *преимуществ*: достигается более высокая точность обработки, а также более высокая жесткость системы, что позволяет работать на более высоких режимах обработки.

Точность обработки на СРП (8, 9-й квалитеты) обеспечивается точностью изготовления и установки составляющих базовых элементов. СРП используются в мелкосерийном и серийном производстве.

6) Специальные приспособления (СП). Предназначены для выполнения определённых технологических операций и представляют собой непереналаживаемые приспособления одноцелевого типа. Их используют в массовом производстве при постоянном закреплении операций на рабочих местах. В серийном производстве часто применяют групповые непереналаживаемые СП для одновременной обработки группы прикреплённых деталей. СП трудоёмки и дорогостоящи в изготовлении, так как их изготавливают методами единичного

производства. При освоении нового изделия, ранее использовавшиеся специальные приспособления уже непригодны. Эти приспособления трудоёмки и дороги в изготовлении; их изготовляют в единичном производстве, а применяют главным образом в крупносерийном и массовом производстве (рис. 1.6).

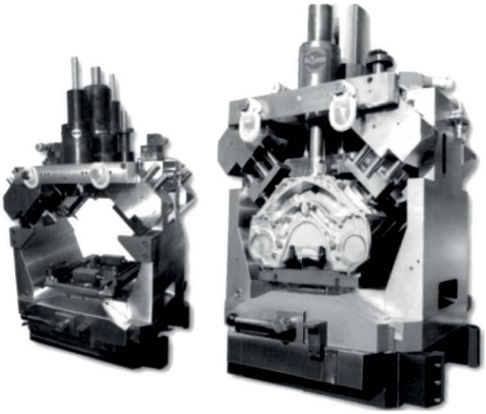

Рис. 1.6. Приспособление с гидравлическим приводом для установки блоков двигателей

По степени механизации и автоматизации приспособления делят на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические. В автоматизированном производстве приспособления являются элементами сложного транспортно-загрузочно-разгрузочного комплекса.

Несмотря на большие различия в конструктивном оформлении, обусловленные многообразием технологических процессов, конструктивных форм и размеров изготовляемых деталей, типов станков и других факторов, *приспособления имеют практически одинаковую структуру*.

В любом приспособлении можно выделить отдельные группы деталей и механизмов, которые имеют *одинаковое функциональное назначение*. Их принято называть *элементами*. Таким образом, под элементом приспособления понимают деталь или группу деталей приспособления, которые выполняют в них определенную функцию.

По функциональному назначению элементы станочных приспособлений делят в общем случае на следующие виды: установочные, зажимные, направляющие (настроечные), делительные и поворотные, силовые приводы (механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные), контрольные, подналадочные, блокировочные, защитные корпуса, вспомогательные и крепежные детали.

1.2. Задачи, решаемые с помощью приспособлений

Среди задач, решение которых достигается применением приспособлений, можно выделить три основных:

1) Установка заготовок на станках без выверки. Повышает точность обработки за счёт устранения погрешностей, связанных с разметкой и выверкой;

2) Повышение производительности труда. Повысить производительность труда – это значит сократить норму штучного времени на операцию. В общих затратах труда на обработку деталей наибольший удельный вес имеет основное и вспомогательное время T_O и T_B. Вспомогательное время можно сократить, уменьшив время на установку деталей или совместив T_O и T_B. Оперативное время $T = T_O + T_B$ можно уменьшить, применив приспособления, повышающие степень концентрации операций механической обработки. Приспособления расширяют возможности интенсификации технологических процессов, используя параллельные и параллельно-последовательные схемы обработки поверхностей;

3) Расширение технологических возможностей оборудования. Применение приспособлений расширяет использование универсальных станков, которыми, в основном, оснащены заводы серийного производства. С помощью таких приспособлений на станке выполняют работу, для осуществления которой необходим станок совершенно другого типа. Например, одношпиндельные сверлильные станки, оснащённые многошпиндельными головками, заменяют многошпиндельные станки. На расточном станке обычной точности можно обрабатывать точные отверстия, обеспечивая требуемое направление расточной скалки кондукторными втулками приспособления и т. д.

Точность механической обработки при использовании автоматического метода получения размеров зависит от применяемых приспособлений.

Погрешности можно разделить на две группы: погрешности размера и формы поверхности и точность взаимного расположения относительно других поверхностей детали. Погрешности первой группы оговариваются допуском на размер и особыми условиями в виде обозначений и надписей, определяющими величину отклонения формы. Погрешности второй группы оговариваются допуском на исходный размер, связывающий обрабатываемую поверхность с её исходной базой, и особыми условиями в виде обозначений или надписей, определяющими величину отклонения обрабатываемой поверхности (неперпендикулярность, несоосность и т. п.).

Погрешности первой группы не зависят от приспособления. От приспособления, в основном, зависят погрешности второй группы.

В зависимости от типа производства применяют и различные конструкции приспособлений. Для массового и серийного производства в большинстве случаев применяют специальные станочные приспособления с автоматизированными приводами и циклами их обслуживания и обладающие высокой производительностью. В условиях единичного и мелкосерийного производств широкое распространение получила система универсально-сборных приспособлений, основанная на использовании стандартных деталей и узлов. В условиях серийного производства основным является использование переналаживаемых приспособлений.

Контрольные вопросы

1. Что включается в средства технологического оснащения производства?
2. Что относится к технологическому оборудованию?
3. Что собой представляет технологическая оснастка?
4. Классификация приспособлений по целевому назначению.
5. Классификация станочных приспособлений по степени специализации.
6. Какие задачи решаются с помощью станочных приспособлений?
7. Для чего предназначены сборочные приспособления?
8. Для чего предназначены контрольные приспособления?

Глава 2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

2.1. Базирование заготовки в приспособлении

При создании изделий в машиностроении приходится решать множество различных задач, в том числе решать вопросы ориентации одних объектов (заготовок, деталей, режущих и измерительных инструментов, сборочных единиц, приспособлений и т. д.) относительно других для достижения тех или иных целей.

Для правильной работы любого устройства необходимо обеспечить определённое и достаточно точное взаимное расположение его деталей и узлов.

Для получения на станках с заданной геометрической точностью поверхностей, ограничивающих тела деталей, обеспечивая при этом требуемую точность их взаимного положения, заготовки этих деталей при их обработке также должны быть правильно ориентированы относительно механизмов и узлов станков, определяющих движения обрабатывающих инструментов (направляющих суппортов, фрезерных и резцовых головок, упоров, копировальных устройств и др.).

При измерении геометрических параметров объектов машиностроения тоже необходимо обеспечить определенное взаимное положение измеряемого объекта и средств измерения.

От правильности решения указанных выше задачи во многом зависят качество и экономические характеристики деталей машин и машин в целом.

В общем случае в машиностроении придание рассматриваемому объекту требуемого положения относительно выбранной системы координат называют *базированием* (термины и определения основных понятий по базированию и базам в машиностроении установлены ГОСТ 21495-76). При этом рассматриваемые объекты должны допускать возможность их представления как абсолютно твердых тел.

В основу правил базирования положено известное в теоретической механике положение о том, что *свободное абсолютно твердое тело имеет шесть степеней свободы относительно выбранной системы координат*, а именно: три поступательных перемещения вдоль осей координат и три вращательных движения вокруг этих осей. Отсюда положение какого-либо тела относительно той или иной системы отсчета можно определить с помощью шести независимых координат, которые выражают с помощью двусторонних геометрических связей (ДГС), каждая из которых лишает тело одной степени свободы. Это означает, что наложенные на какую-либо точку тела ДГС лишают её возможности перемещения вдоль этой связи в обоих направлениях.

Поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка (в дальнейшем их будем называть элементами объекта базирования), *принадлежащие рассматриваемому объекту* и используемые для базирования, называется *базой.* Эти элементы в процессе базирования должны занять вполне определенное и достаточно точное положение относительно выбранной системы координат.

Практика создания изделий машиностроения показывает, что необходимость в базировании возникает на всех стадиях создания изделия: при конструировании, изготовлении, измерении, а также при рассмотрении изделий в сборе. В этой связи имеет место разделения баз *по назначению* на три вида: конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторскими называют базы, используемые для определения положения детали или сборочной единицы (объекта) в изделии.

Основной базой называют конструкторскую базу данной детали или сборочной единицы, используемую для определения их положения в изделии.

Вспомогательной базой называют конструкторскую базу данной детали или сборочной единицы, используемую для определения положения присоединяемого к ним изделия.

Технологическими называют базы, используемые для определения положения заготовки или изделия (объекта) при изготовлении или ремонте.

Измерительными называют базы, используемые для определения относительного положения заготовки или изделия (объекта) и средств измерения.

Законы базирования являются общими для всех стадий создания изделия. Поэтому независимо от назначения базы могут различаться лишь *по отнимаемым от базируемых объектов степеням свободы*. По этому признаку различают *установочные, направляющие, опорные, двойные направляющие и двойные опорные базы*. Определение этим базам будет дано позже (при рассмотрении базирования типовых геометрических тел).

Придание объектам требуемого положения в выбранной системе координат осуществляется в реальной ситуации путем соприкосновения их поверхностей с поверхностями другого твердого тела (или тел), на которые их устанавливают или с которыми их соединяют. Фиксация достигнутого положения и постоянство контакта в процессе обработки обеспечивается путем приложения к объектам соответствующей системы сил, реализуемой в процессе *закрепления*.

Тела реальных объектов базирования ограничены реальными поверхностями, имеющими те или иные отклонения формы от геометрически правильных поверхностей, с которыми они отождествляются. Такого же рода отклонения имеют и поверхности тех тел, на которые устанавливаются объекты базирования или к которым присоединяют эти объекты. Поэтому объекты базирования могут контактировать с другими телами, определяющими их положения, лишь по отдельным элементарным площадкам, условно считаемым *точками контакта (опорными точками)*. Возможность допущения такой условности подтверждены многочисленными исследованиями, связанными с изучением фактической площади контакта реальных твердых тел.

Из теоретической механики известно, что твердое тело имеет **шесть степеней свободы:** три связаны с перемещением тела вдоль трех взаимно перпендикулярных осей координат OX, OY, OZ и три – с возможностью его поворота относительно этих осей (рис. 2.1).

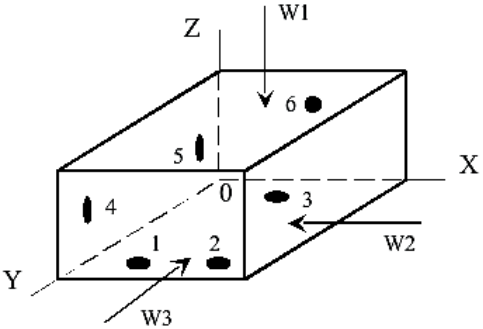

Рис. 2.1. Схема базирования и зажима заготовки в приспособлении

Каждая опора лишает заготовки одной степени свободы, следовательно, для лишения заготовки всех (шести) степеней свободы необходимо, чтобы в приспособлении было шесть неподвижных опорных точек (правило шести точек). Эти точки находятся в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: **т. 1, 2 и 3**, расположенные в плоскости **X0Y**, лишают заготовку **трех степеней свободы** – возможности перемещаться вдоль оси 0Z и вращаться вокруг осей 0X и 0Y.

Точки **4 и 5**, расположенные в плоскости **Z0Y,** лишают ее **двух степеней свободы** – возможности перемещаться вдоль оси 0X и вращаться вокруг оси 0Z. Точка **6,** расположенная на плоскости **X0Z,** лишает заготовку **шестой степени свободы** – возможности перемещаться вдоль оси 0Y.

Силы зажима **W1, W2, W3**, действующие в направлениях, перпендикулярных к трем плоскостям, прижимают заготовку к шести неподвижным опорам. Число неподвижных опор в приспособлении не должно быть больше шести, так как в противном случае создается неустойчивое положение обрабатываемой заготовки в приспособлении.

2.2. Способы базирования заготовок в приспособлениях

Устанавливаемые в приспособление детали имеют различные базовые поверхности, в зависимости от их геометрической формы. Рассмотрим некоторые способы базирования заготовок в приспособлениях.

В «координатный угол» базируются заготовки, имеющие призматическую форму (рис. 2.2). На рисунке 2.3 приведена схема базирования заготовки по плоскости и двум отверстиям на последующих стадиях обработки.

Заготовки деталей цилиндрической формы в зависимости от вида обработки могут базироваться в призму (рис. 2.4).

На рис. 2.5 показана теоретическая схема базирования диска (короткого цилиндрического тела, длина которого меньше его диаметра). Три ДГС, наложенные указанным на рисунке образом на торцевую поверхность, определяют её как *установочную базу*.

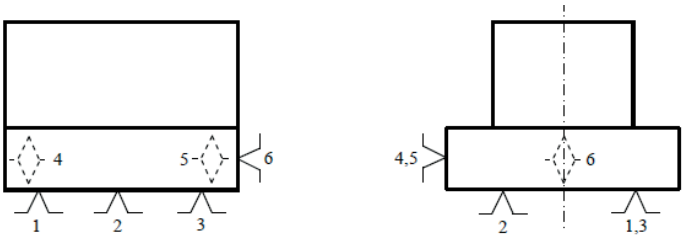

Рис. 2.2. Базирование призматической заготовки
на первой стадии обработки

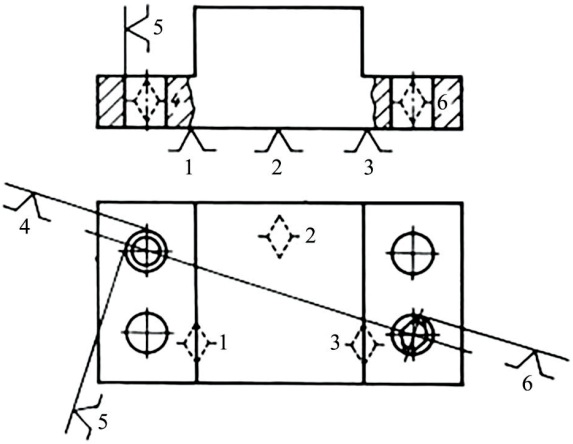

Рис. 2.3. Базирование заготовки по плоскости
и двум отверстиям на последующих стадиях обработки

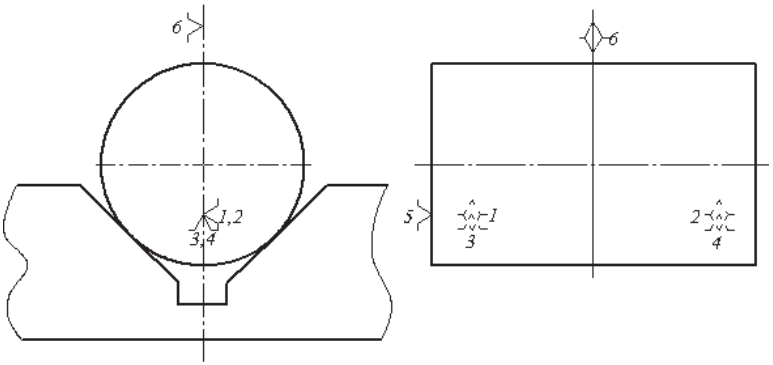

Рис. 2.4. Схема базирования заготовки в призму