

УДК 62-229.316.6, 658.512

## **ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА СХЕМ УСТАНОВКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ**

**С. А. ЩЕРБАКОВ, М. П. КУЛЬГЕЙКО**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

### **Введение**

При разработке технологических процессов изготовления, сборки, ремонта изделий, а также при проектировании станочных, сборочных, контрольных приспособлений перед проектировщиком встает задача по определению практической схемы установки, т. е. схемы базирования и закрепления, изображаемой условными знаками на операционном эскизе. Опытный технолог или конструктор технологической оснастки, приступая к решению этой задачи, знакомится с чертежом детали, эскизами поступающей и выходящей с оснащаемой операции заготовки. По этим данным он предлагает одну или несколько схем установки и выбирает оптимальную для существующих условий по некоторым критериям (точность, экономичность, трудоемкость реализации и т. п.).

Существующие правила начального выбора схем установки не позволяют эффективно решать эту задачу без практического опыта и действий проектировщика, обусловленных мыслительными процессами, трудно поддающихся описанию. Поэтому, как показывает практика, вопросы базирования заготовок на операциях механической обработки являются одними из самых сложных при проектировании технологических процессов и оснастки.

### **Постановка задачи**

Анализ обозначенной задачи показывает, что вопросам базирования в научно-технической литературе в последние годы уделяется достаточно много внимания [1]–[5]. Однако указанные публикации в основном касаются терминологической критики действующего стандарта в системе базирования [6], разбираются логические и стилистические ошибки, предлагаются другие термины и определения, вводятся новые классификации понятий и т. п. В то же время в технической и учебной литературе [7]–[9] «традиционно» вопросам практического применения теории базирования отводится мало внимания.

При решении практических задач базирования, прежде всего в условиях отсутствия достаточного практического опыта, представляется целесообразным применение алгоритма автоматизированного выбора схем базирования. Это позволит осуществлять целенаправленное ориентирование и поиск оптимального решения среди возможного многообразия схем базирования конструктивно различных деталей. Для этого необходимо определить некоторые формальные правила «мыслительного процесса» анализа схем установки (базирования). Требуется выделить характерные признаки схем базирования и на их основе сделать классификацию, облегчающую выбор нужной схемы базирования и установки. Решение этих вопросов позволит формализовать задачу с переводом ее решения на ЭВМ. Проведенные исследования по-

звolyют найти ответы на ряд возникающих вопросов и наметить пути автоматизированного решения поставленной задачи.

**Исследование проблемы**

Для однозначного определения положения твердого тела в пространстве необходимо и достаточно лишить ее шести степеней свободы. В соответствии с правилом «шести точек» в технологии машиностроения для определения положения заготовки (детали) задается шесть опорных точек, символизирующих шесть независимых связей в выбранной системе координат. В зависимости от геометрической формы и размеров поверхностей деталей, относительно которых задается положение других поверхностей, при разработке операций техпроцесса и конструировании приспособлений в основном применяются следующие комплекты баз:



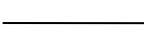
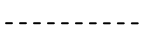
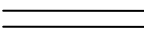
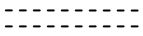
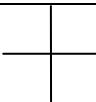
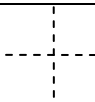


- 1) установочная, направляющая, опорная;
- 2) установочная, двойная опорная, опорная;
- 3) двойная направляющая, опорная, опорная.

Теоретически возможны еще несколько комплектов баз, обеспечивающих лишения шести степеней свободы, т. е. реализующих шесть опорных точек, а именно: три двойные опорные, три направляющие, двойная направляющая с двойной опорной. Однако такие сочетания баз на практике встречаются крайне редко из-за сложности конструктивной реализации установочных элементов оснастки и, как правило, не вписываются в системы координат существующего станочного оборудования. Кроме того, при некоторых допущениях путем условного перераспределения опорных точек вероятные схемы базирования могут быть представлены в виде схем, соответствующих трем указанным основным комплектам баз. Поэтому для последовательного проведения систематизации и анализа схем базирования теоретически возможные комплекты баз приводятся к трем основным комплектам.

С целью дальнейшей формализации процедуры выбора схемы базирования целесообразно ввести условные обозначения баз (табл. 1).

Таблица 1

Условное обозначение баз

Название базы	Обозначение базы	
	явной	скрытой
Установочная		
Направляющая		
Двойная направляющая		
Двойная опорная		
Опорная, лишающая: – перемещения  – поворота		

Обозначения баз должны быть, с одной стороны, представительными и отражать функциональный смысл при однозначной ориентации заготовки в выбранной системе координат и в то же время, с другой стороны, должны быть простыми и удобными для изображения и запоминания, прежде всего при автоматизированном выборе «этикеток». Это относится и к обозначению комплектов (сочетаний) баз. При этом обозначения должны представлять логический «рисунок», а не набор разрозненных значков или схем расположения опорных точек, как это принято при теоретическом базировании. Поэтому базы представлены следующими обозначениями:

- установочная – треугольник (через три опорные точки можно провести единственную плоскость);
- направляющая – отрезок прямой (через две опорные точки можно провести единственную прямую);
- опорная – короткий отрезок или дуга (вместо геометрической точки) как ограничение (опорная точка) перемещения или поворота соответственно;

Производными от этих обозначений являются:

- двойная направляющая – два отрезка прямых как две направляющие базы;
- двойная опорная – два пересекающихся коротких отрезка как две опорные базы в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Поскольку все базы могут быть явными или скрытыми, то они, соответственно, изображаются сплошной или пунктирной линией.

Общее число теоретических схем базирования будет равно сумме возможных сочетаний трех баз, каждая из которых может быть явной или скрытой, т. е. число таких сочетаний будет 24. Возможные сочетания баз с учетом принятых обозначений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Условное обозначение возможных схем базирования

Номер комплекта и вид определяющей базы		Номер и вид сочетания баз				
1	установочная	явная	1.1	1.2	1.3	1.4
		скрытая	1.5	1.6	1.7	1.8
2	установочная	явная	2.1	2.2	2.3	2.4
		скрытая	2.5	2.6	2.7	2.8

Номер комплекта и вид определяющей базы		Номер и вид сочетания баз				
3	двойная направляющая	явная	3.1 	3.2 	3.3 	3.4 
	скрытая	3.5 	3.6 	3.7 	3.8 	

Следует отметить, что принятые обозначения не рассматриваются как альтернатива принятым стандартным системам графического обозначения и не противоречат существующим классификациям баз, а вводятся для использования при автоматизированном (компьютерном) выборе схем базирования заготовок. При этом можно отметить определенную аналогию с общепринятой системой обозначений. Например, обозначение установочной базы: вводится треугольник, принятое стандартное – три опорные точки, также реализующие установочную плоскость, и т. п.

Однако для решения поставленных в работе задач предложенная система обозначений является обязательной и имеет неоспоримые преимущества по сравнению с известными. Представленные в табл. 2 символы содержат функциональный смысл даже в отрыве от изображения самой заготовки, в котором (изображении) нет необходимости на этапе предварительного выбора схемы базирования. В то же время схема базирования стандартными символами (опорными точками) без изображения заготовки превращается в трудно воспринимаемый набор значков и усложняет работу с базами данных. Ее применение в рассматриваемом аспекте целесообразно на этапе сформировавшегося решения по выбору схемы базирования.

Эти же сочетания баз могут служить и условным (сокращенным) обозначением вида теоретической схемы базирования, которую при установившихся правилах обозначения опорными точками [6] указывают на конкретной заготовке. И хотя заготовок с такой теоретической схемой может быть много, ее вид будет принципиально неизменным. Практическая реализация этой схемы для разных заготовок будет различна, тем более, что в ней учитывается и тип установочных элементов, и форма поверхностей этих элементов, и направление усилия закрепления и т. п. При этом для одной теоретической схемы базирования будет существовать конечное множество практических схем установок, различающихся формой поверхностей заготовок (плоскости, цилиндры, фасонные и др.), являющихся охватывающими или охватываемыми, располагающихся параллельно или перпендикулярно к определяющей базе комплекта (установочной или двойной направляющей), а также типом установочных элементов или базирующих механизмов и видом их поверхностей, контактирующих с явными базами заготовки, или материализующих ее скрытые базы.

В табл. 3 приведены примеры теоретических схем базирования заготовок, соответствующие схемам 1.1 и 1.2 из табл. 2, а в табл. 4 – соответствующие технологические схемы установки [10]. Видно, что для любого сочетания баз (табл. 2) соответствующая ему теоретическая схема базирования (табл. 3) не имеет принципиальных

различий у разных заготовок, а вот технологические схемы установок различаются существенно, и количество их может быть немалым. Поэтому для формального выбора схемы установки первичными признаками могут быть: комплект баз, сочетание баз (или соответствующая теоретическая схема базирования), характеристики баз. По этим признакам можно выбрать конечное множество технологических схем установок в заранее созданных базах данных, из которых затем определить наиболее эффективную по принятым критериям оптимальности.

Таблица 3

Примеры теоретических схем базирования для сочетаний баз 1.1 и 1.2

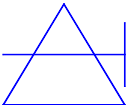
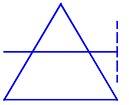
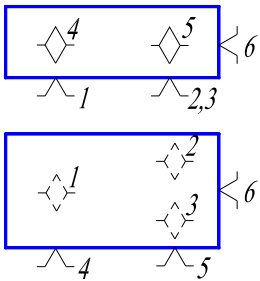
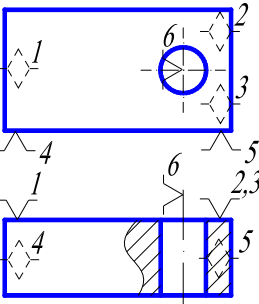
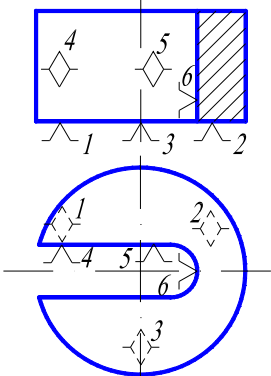
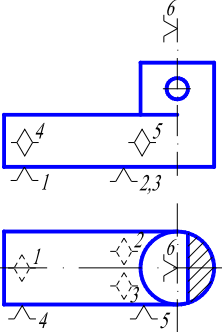
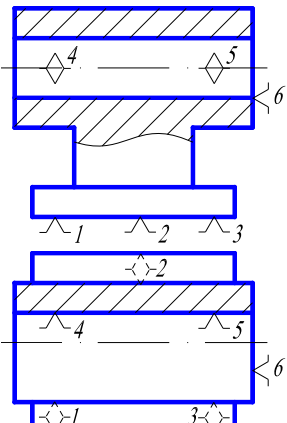
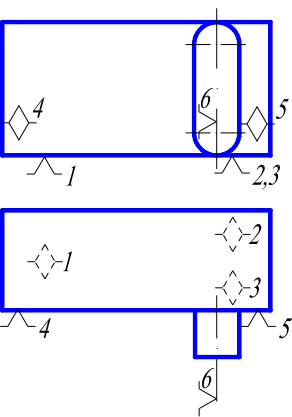
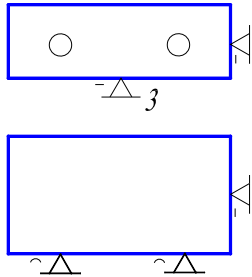
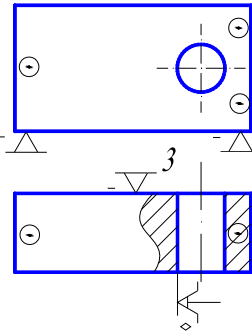
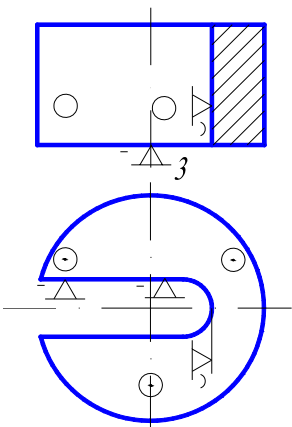
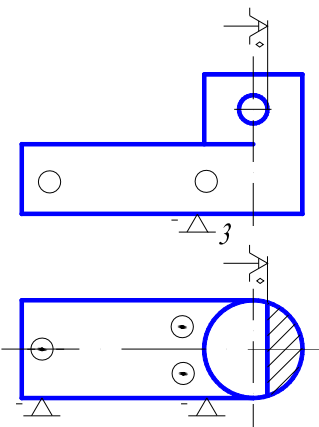
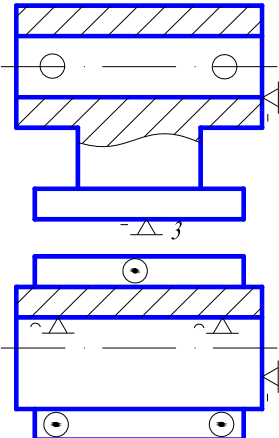
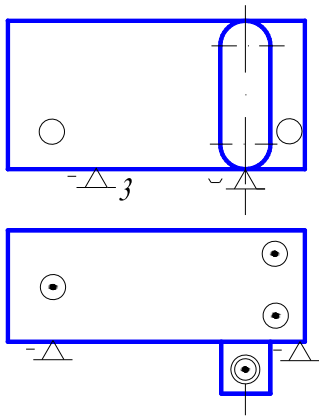
Номер и вид сочетания баз	1.1 	1.2 
Теоретическая схема базирования	1.1.1 	1.2.1 
	1.1.2 	1.2.2 
	1.1.3 	1.2.3 

Таблица 4

Примеры технологических схем установки для сочетаний баз 1.1, 1.2

Номер и вид сочетания баз	1.1	1.2
Технологическая схема базирования	1.1.1 	1.2.1 
	1.1.2 	1.2.2 
	1.1.3 	1.2.3 

Примечание. Зажимные элементы условно не показаны.

**Результаты исследования**

Оптимальную схему установки можно определить в такой последовательности:

- определение конструкторской системы координат для выдерживаемых на рассматриваемой операции параметров точности обработки;

- определение необходимого комплекта баз;
- выбор теоретической схемы базирования, оптимальной по точности для выдерживаемых параметров и по экономичности реализации в приспособлении;
- выбор схемы установки, обеспечивающей наименьшие погрешности базирования и закрепления для выдерживаемых параметров точности.

Первоначально выбор системы координат производит конструктор при задании размеров и допусков (параметров точности) на чертеже детали. Поэтому первый этап, выполняемый в результате анализа рабочего чертежа обрабатываемой детали, является решающим для остальных. Здесь определяют, какую систему координат выбрал конструктор на чертеже для задания расположения обрабатываемых поверхностей: прямоугольную, в которой задаются три взаимно перпендикулярные координаты, или цилиндрическую с двумя взаимно перпендикулярными линейными координатами и одной угловой.

На втором этапе для прямоугольной системы координат выбирается первый комплект баз – установочная, направляющая, опорная, а для цилиндрической системы координат выбирается второй комплект баз – установочная, двойная опорная и опорная базы или третий – двойная направляющая, опорная и опорная. Выбор между вторым и третьим комплектом баз производится с учетом размеров и формы определяющей базы (установочной или двойной направляющей).

На третьем этапе предлагается по вышеприведенным номерам комплектов баз и сочетаниям в них баз по характеру проявления (явная база или скрытая) выделить из 24 схем теоретического базирования ту, которая соответствует рассматриваемому случаю, и по этой схеме базирования определять соответствующее ей множество схем установок в соответствующей базе данных.

После определения комплекта баз выбор теоретической схемы базирования будет происходить среди восьми соответствующих этому комплекту схем (табл. 2). После определения вида проявления определяющей базы комплекта (явная или скрытая) поиск будет ограничен четырьмя схемами. Далее количество схем снова уменьшается вдвое после определения вида проявления второй базы комплекта. И окончательный выбор происходит уже из двух схем по виду проявления последней базы комплекта.

На четвертом этапе производится дробление этого множества на отдельные подмножества по признакам детали, установочных элементов и т. п.

Для схемы установки важно какой вид поверхности детали используется для установки, охватываемая она или охватывающая, располагаемая параллельно или перпендикулярно к определяющей базе комплекта, а также тип установочных элементов или базирующих механизмов и форма их поверхностей, контактирующих с явными базами заготовки или материализующих ее скрытые базы, какие поверхности заготовки назначены под закрепление, форма поверхности зажимных элементов, направление усилия зажима и т. п. Перечисленные факторы приводят к большому разнообразию схем установок даже для одной детали. Множества схем установок для каждой из схем базирования будут большими или меньшими в зависимости от ряда факторов, но все они будут конечными, поддающимися «инвентаризации» и последующему автоматизированному анализу и выбору.

Например, после определения схемы базирования 1.1 в табл. 3 соответствующее ей множество схем установок вначале может быть разделено по виду базовых поверхностей, используемых в ней для явных баз (табл. 4):

- 1.1.1 – все базы расположены на плоскостях заготовки;

- 1.1.2 – установочная и направляющая базы расположены на плоскостях, а опорная – на внутренней цилиндрической поверхности;
- 1.1.3 – установочная и опорная базы расположены на плоскостях, а направляющая на – внутренней цилиндрической поверхности;
- 1.1.4 – и т. д.

Дальнейшее деление множества схем установок может происходить по направлению усилия закрепления, например, в табл. 4 для схемы установки 1.1.2:

- 1.1.2.1 – с направлением силы закрепления на установочную базу;
- 1.1.2.2 – с направлением силы закрепления на направляющую базу и т. д.

Принципы и систему деления множества схем установок на подмножества рациональнее создавать разработчикам поисковой системы на основе имеющихся в настоящее время баз данных приспособлений в зависимости от объемов информации и целей поиска. Например, при наличии сотни приспособлений, достаточным вариантом деления на подмножества может оказаться вариант с определением вида базовых поверхностей (плоскости, цилиндры). А с парком в тысячи приспособлений может быть полезно более глубокое деление исходного множества на подмножества по большему числу факторов.

### **Заключение**

Предложенная система графического обозначения и классификации сочетаний баз позволяет формализовать задачу создания компьютерной базы данных, включающей множество возможных схем установок деталей в соответствии с теоретическими схемами базирования. На основе анализа соответствующего множества схем установок и последующего его дробления на подмножества по признакам детали, установочных элементов и т. п. представляется возможным поэтапный автоматизированный выбор оптимальной схемы установки детали на операциях механической обработки. Представленная методика сокращает объем поисковых работ и определяет кратчайшие пути выбора эффективной схемы установки по заданным критериям оптимальности в условиях, когда отсутствует очевидное и однозначное решение задачи.

### **Литература**

1. Колыбенко, Е. Н. Системные знания теории базирования в машиностроении / Е. Н. Колыбенко // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 6. – С. 58–62; № 8. – С. 67–70; 2005. – № 5. – С. 53–57; № 6. – С. 66–72; № 7. – С. 56–62; № 8. – С. 66–71; № 9. – С. 75–79.
2. Колыбенко, Е. Н. Системные знания теории базирования в машиностроении / Е. Н. Колыбенко, Н. Ю. Богданова // Вестн. машиностроения. – 2005. – № 10. – С. 56–63.
3. Абрамов, Ф. Н. О классификации терминов базирования в машиностроении / Ф. Н. Абрамов // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 6. – С. 58–62; № 8. – С. 67–70.
4. Абрамов, Ф. Н. О разработке терминологии базирования в машиностроении / Ф. Н. Абрамов // Вестн. машиностроения. – 2006. – № 2. – С. 67–72; № 3. – С. 56–61.
5. Новоселов, Ю. А. Системный анализ логики базирования / Ю. А. Новоселов // Вестн. машиностроения. – 2007. – № 3. – С. 62–67.



6. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения : ГОСТ 21495–76. – Москва : Изд-во стандартов, 1976. – 35 с.
7. Суслов, А. Г. Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский. – Москва : Машиностроение, 2002. – 684 с.
8. Суслов, А. Г. Технология машиностроения / А. Г. Суслов. – Москва : Машиностроение, 2004. – 400 с.
9. Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения / И. М. Колесов. – Москва : Высш. шк., 1999. – 591 с.
10. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические изображения : ГОСТ 3.1107–81. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 11 с.

*Получено 23.10.2009 г.*