
МАШИНОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

УДК 621.9

П.Э. Букин¹, И.Н. Фролова¹, О.И. Кутилова²

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР КОМПЛЕКТА БАЗ ПРИ ПОЛНОМ БАЗИРОВАНИИ ДЕТАЛИ В СТАНОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ

ОАО ПКО «Теплообменник»¹,

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²

Рассмотрен вопрос автоматического выбора комплекта технологических баз. Приводятся разновидности комплектов баз, количественные соотношения для выбора главной базовой поверхности. В основу выбора главной базы положено сравнение площадей треугольников, построенных на базовых поверхностях заготовки. Рассмотрено построение базирующего треугольника. Использование выведенных зависимостей позволяет определить комплект баз на любой детали в автоматическом режиме. Приведены основные принципы построения алгоритма выбора комплекта баз при полном базировании детали.

Ключевые слова: поверхность, базирование, комплект баз, главная база, технологическая подготовка производства.

Современные тенденции в машиностроении постоянно требуют от руководителей предприятий снижения сроков на разработку и выпуск принципиально новых изделий. Наиболее значимой процедурой при этом является технологическая подготовка производства, в которой самая трудоемкая область связана с механической обработкой изделий. На большинстве отечественных заводов подразделения, занятые в технологической подготовке механообработки, делятся на три крупные составляющие: собственно технологов по механической обработке, которые и разрабатывают технологические процессы, и два конструкторских бюро (КБ), относящихся к службе главного технолога – КБ инструмента и КБ оснастки. Причем, если инструмент обычно проектируется по заведомо определенным алгоритмам, то приспособления, несмотря на наступление века информатизации, продолжают в основном разрабатывать исходя только из знаний и опыта специализированных конструкторов. Производители компьютерных систем при этом (в лучшем случае) предлагают лишь базы данных, позволяющих только облегчить работу конструктора, но не автоматизировать выполнение данной задачи.

Одной из главных сложностей на пути к автоматизации в указанной области является зависимость одного сектора технологической разработки от другого. Немыслима полная автоматизация разработки оснастки без автоматизации разработки технологического процесса, которая в свою очередь не автоматизируется без грамотно построенной информационной модели детали с указанием всех наложенных на поверхности допусков. Таким образом, автоматизация одного направления технологической подготовки производства невозможна без автоматизации другого.

Первым шагом на пути к созданию системы автоматического построения специально станочного приспособления является разработка алгоритма выбора главной базы на обрабатываемой детали. При этом надо учитывать, что на этапе автоматической разработки при-

способления используется уже выбранный ранее на этапе автоматической разработки технологического процесса набор поверхностей на обрабатываемой детали, которые будут играть роль технологических баз [3]. Теперь необходимо на этом наборе поверхностей построить комплект технологических баз.

Представим возможные комплекты баз (табл. 1). Анализ табл. 1 позволяет сделать выводы:

- любой из комплектов баз может быть наложен на поверхность практически любого типа. Это сразу усложняет задачу выбора комплекта баз
- наиболее часто применяются только две главные базы (ДН и У), так как ТО – это крайне редкая в практике главная база, наиболее ярким примером которой может служить шарнирное соединение.

Таблица 1

Перечень возможных комплектов баз

Комплект баз	Поверхности, на которые комплект может быть наложен
У-ДО-О	Плоская или свободной формы - Вращения - Любая
У-Н-О	Плоская свободной формы
ДН-ДО	Вращения
ДН-О-О	Вращения - плоская свободной формы
ТО-Н-О	Вращения свободной формы - Плоская свободной формы
ТО-ДО-О	Вращения свободной формы - Плоская свободной формы

Примечание: У – установочная база; О – опорная база; ДО – двойная опорная; ТО – тройная опорная [1]; Н – направляющая, ДН – двойная направляющая.

Для начала осуществим выбор главной базы. Главной является та база, которая обеспечивает наибольшую устойчивость обрабатываемой детали. Поскольку наибольшую устойчивость заготовке дает установка на поверхность наибольшей площади, то базовые поверхности заготовки для выбора главной базы нужно сравнить по площадям.

Из геометрии известно, что наибольшую и достаточную устойчивость дает треугольник, значит, сравнение должно производиться по площадям треугольников, построенных по базовым поверхностям. Базирующий треугольник легко прорисовывается при наложении установочной базы на базовую поверхность заготовки. При этом выбор базовой поверхности заготовки для наложения установочной базы всегда ведется по принципу: в какую из поверхностей можно вписать треугольник наибольшей площади.

Рассмотрим построение базирующего треугольника при наложении ДН и ТО на базовые поверхности заготовки. Для этого обратимся к рис. 1, на котором приведен классический пример базирования в призму (ДН) (рис. 1, а) и пример базирования по шарниру (ТО) (рис. 1, б).

Сначала проведем сравнение между треугольником главной базы У и треугольником главной базы ДН. Рассмотрим более подробно рис. 1, а. Видно, что призма и деталь контактируют по двум линиям (на рисунке изображены штриховыми линиями). Если заштриховать фигуру, образованную данными линиями и торцами детали, то получается прямоугольник с вершинами в точках 1, 2, 3 и 4. Очевидно, что данный прямоугольник и создает устойчивость базирования при главной базе ДН. Также очевидно, что прямоугольник излишен для создания устойчивости и четвертая теоретическая точка требуется не для создания устойчивости, а для лишения детали дополнительной степени свободы. Приходим к выводу, что максимальный по площади треугольник, вписанный в данный четырехугольник, и будет являться базирующим треугольником наибольшей площади.

Теперь необходимо найти математическое соотношение между базирующими треугольниками, образованными при наложении на одну и ту же базовую поверхность заготовки установочной или двойной направляющей базы. Для этого пересчитаем площадь найден-

ного в цилиндре прямоугольника через известные размеры заготовки. Наиболее подходящими для этого размерами являются габариты осевого сечения тела вращения (сечения, проходящего через его ось).

Найдем коэффициент перевода от базирующего сечения к осевому сечению. Рассмотрим несколько возможных схем установки (рис. 2).

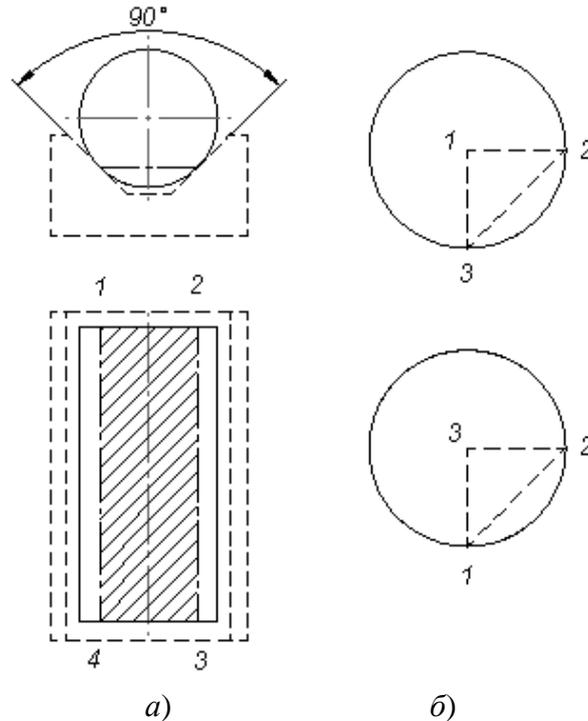


Рис. 1. Определение геометрической связи между главными базами:

- a* – пример базирования в призму (ДН);
- б* – пример базирования по шарниру (ТО)

При базировании по главной базе ДН применяют одну из двух схем:

- схему установки с базированием поверхности вращения в угол 90° (рис. 2, *a*);
- схему установки с базированием поверхности вращения в угол 60° (рис. 2, *б*).

В обеих схемах искомое сечение представлено в виде штриховой линии.

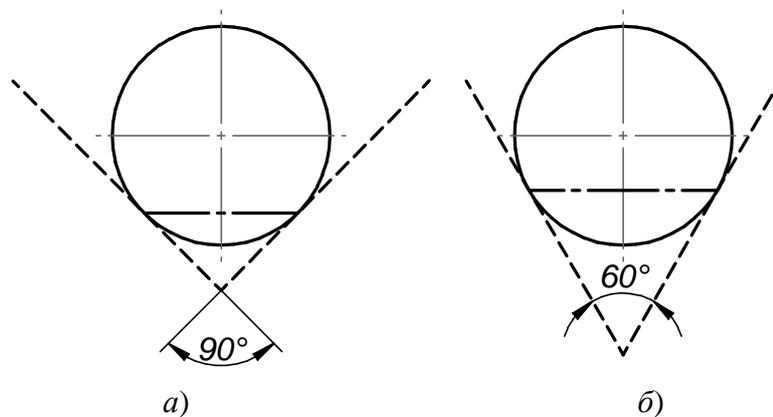


Рис. 2. Примеры схем установки при главной базе в виде ДН:

- a* – установочные поверхности под углом 90° ;
- б* – установочные поверхности под углом 60°

Произведем расчет коэффициента перевода от базирующего сечения к осевому сечению сначала в буквенном виде. Исходя из теоремы о сумме углов многоугольника:

$C = 180(n - 2)$, где C - сумма углов многоугольника, град.; n - количество углов многоугольника.

В нашем случае получим (рис. 3) $C = 180^\circ * (4 - 2) = 360^\circ$. Учитывая, что углы c и d получены исходя из касательности линии и окружности, то они составляют по 90° , получим:

$$a + b + c + d = 360^\circ, \quad a + b + 90^\circ + 90^\circ = 360^\circ, \quad a + b = 180^\circ, \quad b = 180^\circ - a.$$

Определив угол b и учитывая, что штриховой треугольник является равнобедренным, имеем следующую зависимость ширины опорного сечения от радиуса цилиндра:

$$\begin{aligned} \frac{H}{2} &= R \sin \frac{b}{2} = R \sin \left(90^\circ - \frac{a}{2} \right), \\ H &= 2R \sin \left(90^\circ - \frac{a}{2} \right). \end{aligned} \quad (1)$$

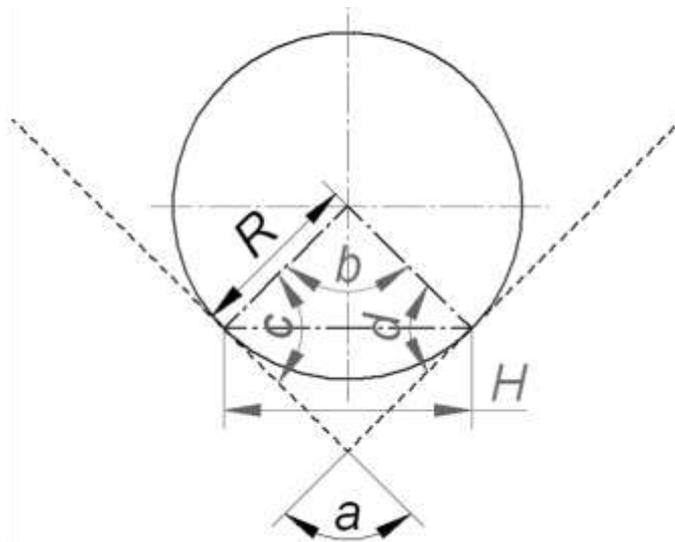


Рис. 3. Определение соотношения между установочным сечением и основными параметрами поверхности

Учитывая формулу (1) и то, что угол a может принимать только два значения (60° и 90°), проведем расчет соотношения ширины опорного сечения и радиуса цилиндра для двух вариантов угла a :

$$H_{60^\circ} = 2R \sin(90^\circ - 60^\circ/2) = 2R \sin 60^\circ = 1,73R - \text{для установки в призму с } a=60^\circ, \quad (2)$$

$$H_{90^\circ} = 2R \sin(90^\circ - 90^\circ/2) = 2R \sin 45^\circ = 1,41R - \text{для установки в призму с } a=90^\circ. \quad (3)$$

Определим параметр выбора между ДН и У-базами. Для этого рассмотрим элементарный цилиндр (рис. 4, а). Пользуясь уже приведенным правилом – главной базой является база, обеспечивающая наибольшую устойчивость, – рассмотрим три возможных схемы базирования этого цилиндра (на торец по У-базе и две по ДН, с углами установки в 60° и 90°) и выведем соотношения между ними. Для этого сравним торец цилиндра, установленного по правилам установочной базы и собственно саму цилиндрическую поверхность, установленную по правилам двойной направляющей базы. Из законов математики известно, что треугольник, вписанный в окружность, имеет наибольшую площадь при условии равенства его сторон (рис. 4, б).

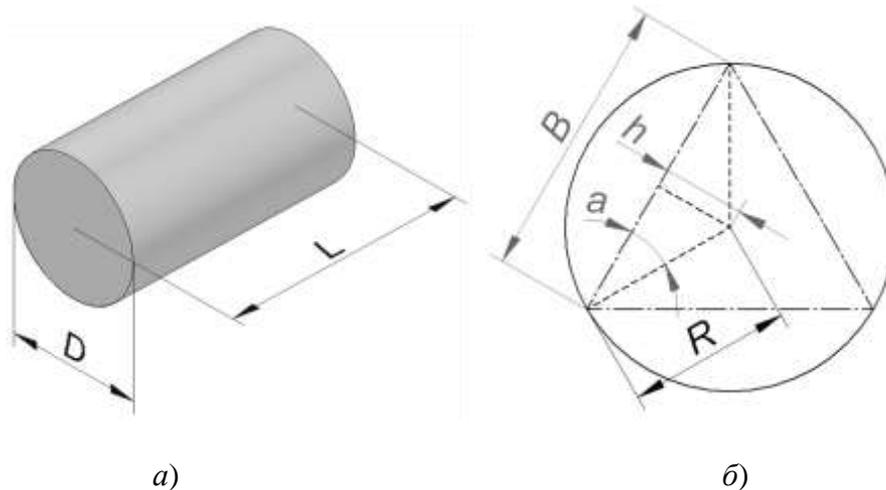


Рис. 4. К расчету площадей У и ДН баз:

a – устанавливаемая деталь;

б – определение максимальной площади вписанного в окружность треугольника

Найдем площадь данного треугольника по формуле

$$S_y = 0,5B(R + h). \quad (4)$$

Найдем значения неизвестных *B* и *h*. Линия, соединяющая вершину треугольника и центр описанной окружности, для окружности является радиусом, а для треугольника - биссектрисой, из чего следует, что угол $a=30^\circ$ (треугольник равносторонний, каждый из его углов по 60°). Определим искомые неизвестные:

$$h = R \sin a = R \sin 30^\circ = 0,5R; \quad h = R \sin 30^\circ;$$

$$B = 2R \cos a = 2R \cos 30^\circ = 1,73R.$$

Подставим найденные значения в формулу (4) и определим площадь опорного треугольника для У-базы:

$$S_y = 0,5B(R + h) = 0,5 \cdot 1,73 \cdot R(R + 0,5R) = 1,3R^2. \quad (5)$$

Определим площади опорных треугольников для ДН при обеих схемах установки:

$$S_{60^\circ} = 0,5H_{60^\circ}L = 0,5 \cdot 1,73RL = 0,87RL, \quad (6)$$

$$S_{90^\circ} = 0,5H_{90^\circ}L = 0,5 \cdot 1,41RL = 0,71RL. \quad (7)$$

Учитывая, что максимальная площадь вписанного в центральное сечение треугольника находится по формуле $S_{ц} = RL$, получаем коэффициенты перевода площадей максимальных осевых треугольных сечений в площади опорных треугольных сечений: $S_a = k_a S_{ц}$. Для упрощения расчетов площадей опорных треугольных сечений при выборе главной базовой поверхности искомые коэффициенты примут следующие значения:

- для установки в угол 60° $k_{60^\circ} = \frac{S_{60^\circ}}{S_{ц}} = 0,87$;
- для установки в угол 90° $k_{90^\circ} = \frac{S_{90^\circ}}{S_{ц}} = 0,71$.

Эти коэффициенты действительны для любых поверхностей вращения при установке их по рассмотренным схемам.

Получив формулы расчета площадей опорных треугольников, произведем их сравнение для выбора между У и ДН-базами.

1. Если площадь торцевой поверхности больше площади опорного треугольника поверхности вращения ($S_y > S_{60^\circ}$), то в качестве главной базы следует принимать У.

2. Если ($S_y < S_{90^\circ}$), то в качестве главной базы следует принимать ДН.

3. Если $(S_{90^\circ} < S_y < S_{60^\circ})$, то следует сначала определиться с углом базирования поверхности вращения.

4. При равенствах $S_y = S_{60^\circ}$ или $S_y = S_{90^\circ}$ схемы установки на главную базу У и на главную баз ДН с соответствующим углом равнозначны, должны рассматриваться оба варианта главной базы.

Определим коэффициенты, определяющие выбор главной базы между установочной и двойной направляющей базой.

Для соотношений (5) и (6):

$$\begin{aligned} S_y &= S_{60^\circ}, \\ 1,3R^2 &= 0,87RL, \\ R &= 0,67L. \end{aligned} \quad (8)$$

Для соотношений (5) и (7):

$$\begin{aligned} S_y &= S_{90^\circ}, \\ 1,3R^2 &= 0,71RL, \\ R &= 0,55L. \end{aligned} \quad (9)$$

Таким образом, в общепринятом виде получим соотношение $L/D = 0,75 \dots 0,91$.

Получив соотношения для выбора между ДН и У базами по основным параметрам базовых поверхностей, сделаем то же самое для тройной опорной базы.

Исходя из вышесказанного про равносторонний треугольник и того, что его сторона B по рис. 1, б получается равной $B = (R^2 + R^2)^{0,5} = 1,41R$, найдем площадь данного треугольника по формуле

$$S = (3^{0,5}/4)B^2 = (3^{0,5}/4) \cdot (1,41R)^2 = 0,86R^2.$$

Определив необходимые параметры для выбора главных баз, можно построить алгоритм выбора комплекта баз. Приведем несколько тезисов, которые должны быть отражены в алгоритме в обязательном порядке:

- рассматриваются комбинации поверхностей, отвечающие за одну и ту же базирующую функцию [2];
- рассматривается только полное базирование;
- должно быть рассмотрено не менее трех групп поверхностей: ПВ – поверхности вращения; СП – сферические поверхности; ППиСФ – плоские поверхности или свободной формы;
- все возможные структурные комбинации данных поверхностей требуется рассмотреть в обязательном порядке;
- на входе в алгоритм должны быть известны геометрические параметры всех поверхностей, а именно: максимальные значения площади треугольника (для поверхности вращения (кроме сферических) в осевом сечении), расстояния между двумя точками, принадлежащими поверхности (для поверхности вращения: расстояние между точками в той же плоскости, что и ось, при этом не пересекая ее); величина хорды, соединяющей точки силуэта для поверхностей вращения.

Представленные положения позволяют определить комплект баз на любой детали в автоматическом режиме, что является одним из важнейших шагов на пути к созданию системы автоматического построения специального станочного приспособления.

Библиографический список

1. Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов: учебник для вузов: В 2 ч. / В.А. Горохов [и др.]; под ред. В.А. Горохова. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. Ч. 1. – 496 с.

2. **Букин, П.Э.** Создание модифицированных поверхностей как шаг к автоматическому построению станочного приспособления / П.Э. Букин, И.Н. Фролова / Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2011. № 4 (91). С. 107–112.
3. **Кутилова, О.И.** Способ построения схемы обработки детали на основе размерного синтеза технологического процесса / О.И. Кутилова, С.Ф. Магницкая, И.Н. Фролова // Заготовительные производства в машиностроении. 2011. №10. С. 28–33.

*Дата поступления
в редакцию 02.12.2013*

Р.Е. Bukin¹, I.N. Frolova¹, O.I. Kutilova²

**AUTOMATIC CHOICE OF THE SET OF BASES AT FULL BASING
OF THE DETAIL IN THE MACHINE ADAPTATION**

JSC «Теплообменик»¹,
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev²

Purpose: The problem of automatic selection of a set of technological bases.

Design/methodology/approach: Are sets of species databases. Quantitative relations for the choice of the main base surface. The basis of the selection of the main base area laid comparison triangles of the base surface of the workpiece. The construction of the triangle is based.

Findings: The use of derived dependencies to determine the set of bases in any detail in the automatic mode.

Originality/value: Are the basic principles of building a set of database selection algorithm with the full details of basing.

Key words: surface, basing, a set of databases, the main base, technological preparation of production.