

ление. Среди них – аппарат, звено, машина, механизм, опора, потенциал, рычаг и другие слова в выражениях: исполнительный аппарат, опорно-двигательный аппарат, передаточное звено, машина голосования, механизм реализации, творческий потенциал, рычаг воздействия, технология творчества. Многообразие языка отражает глубину культуры, науки, истории народа.

В технологии машиностроения последние годы появляются все новые термины: высокие технологии, комбинированная обработка, научно-технические технологии, аддитивные технологии, CALS-технологии и другие, которые также требуют своей нормализации. Наряду с терминологией происходит совершенствование и определений в технологии машиностроения. Так, еще 30 лет назад под технологическим переходом понималось: «часть технологической операции, выполняемая при неизменных обрабатываемой поверхности, инструменте и режимах резания». В настоящее время под технологическим переходом понимается: «часть технологической операции, характеризующаяся неизменностью обрабатываемой поверхности и инструмента».

Появление станков с ЧПУ и обрабатывающих центров неукоснительно требуют дополнительного внесения технологических определений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов, В.В. История слов / отв. ред. Н.Ю. Шведова. – М.: РАН. Отделение литературы и языка, 1999. – 1138 с.

2. Ермаков, Ю.М. Технические термины бытового происхождения. Словарь. – М.: Изд. дом «Техника – молодежи», 2008. – 184 с.

3. Загорский, Ф.Н. Очерки по истории металлорежущих станков до середины XIX века. – М.–Л.: АН СССР, 1960. – 282 с.

4. Машиностроение. Терминологический словарь под общ. ред. М.К. Ускова, Э.Ф. Богданова. – М.: Машиностроение, 1995. – 592 с.

5. Ожегов, С.Н. Словарь русского языка: 70000 слов / под ред. Н.Ю. Шведовой. – 23-е изд., испр. – М.: Рус. яз., 1991. – 917 с.

REFERENCES

1. Vinogradov, V.V. *History of Words/* executive editor N.Yu. Shvedov. – M.: RAS. Section of Literature and Language, 1999. – pp. 1138.

2. Yermakov, Yu.M. *Technical Terms of Household Origin. Dictionary.* – M.: Publishing House “Engineering – Youth”, 2008. – 184.

3. Zagorsky, F.N. *Essays on Machine-tools History up to XIX Century.* – M.–L.: AS of the USSR, 1960. – pp. 282.

4. Mechanical Engineering. *Terminology Dictionary* under the general editorship of M.K. Uskov, E.F. Bogdanov. – M.: Mechanical Engineering, 1995. – pp. 592.

5. Ozhegov, S.N. *Russian Language Dictionary: 70000 entries /* under the editorship of N.Yu. Shvedova. – 23-d Ed., corrected – M.: Russian Language, 1991. – pp. 917.

Рецензент д.т.н. А.Г. Суслов

УДК 621.91.01

DOI: 10.12737/22575

Б.М. Базров, д.т.н.

(ФГБУН ИМАШ им. Благонравова, Москва)

E-mail: modul_lab@mail.ru

К вопросу развития теории базирования в машиностроении

Рассмотрены основные положения теории базирования, отмечены ее недостатки. Предложены дополнительные понятия: теоретическая, реальная схемы базирования, трехопорная база, схема расположения опорных точек на базе и изменения формулировок некоторых понятий.

Ключевые слова: базирование; база; комплект баз; скрытая база; схема базирования.

To problem of basing theory development in mechanical engineering

Basic regulations of basing theory are considered, its drawbacks are emphasized. The additional concepts are offered: theoretical, actual schemes of basing, a three-point basis, a scheme of the location of reference points on the basis and changes in statements of concepts.

Keywords: basing; base; set of bases; hidden base; scheme of basing.

Базирование – это придание заготовке или изделию требуемого положения относительно заданной системы координат [1].

Результаты базирования указанных предметов оказывают большое влияние на работоспособность, долговечность, надежность машины, механизма, эффективность технологических процессов.

Фундаментальным трудом в теории базирования является работа проф. Б.С. Балакшина [2], на основе которой разработан ГОСТ 21495-76 «Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения» [1].

Практика применения положений теории базирования показала ряд ее недостатков, вызывающих трудности при проектировании машин и технологии их изготовления. Это говорит о необходимости ее дальнейшего развития.

В основе теории базирования лежит известное утверждение о том, что положение абсолютно твердого тела в пространстве определяется координатами трех его точек, не лежащих на одной прямой (рис. 1).

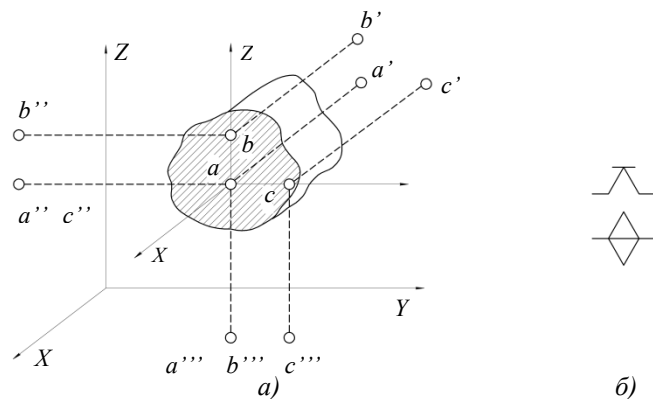


Рис. 1. Положение абсолютно твердого тела в прямоугольной системе координат XYZ:

a – определение положения тела в пространстве;
б – условное обозначение опорной точки

Положение каждой точки определяется тремя линейными координатами.

В итоге имеет место девять координат, определяющих тело в пространстве.

С другой стороны, чтобы тело было неподвижным, оно должно быть лишено шести степеней свободы: трех перемещений вдоль координатных осей и трех поворотов вокруг них.

Следует различать два понятия: связь и степень свободы, где под связью следует понимать координату точки, определяющую ее положение в координатной системе. Отсюда одна и та же связь может лишать предмет или перемещения по координате, или поворота вокруг координатной оси.

Как следует из рис.1, *a* точка «*a*» лишает тело трех перемещений по координатным осям, точка «*b*» лишает тело двух поворотов и точка «*c*» – одного поворота.

Таким образом, одна координата точки «*b*» и две координаты точки «*c*» являются дублирующими (избыточными) в лишении тела всех степеней свободы. Отсюда возникло правило шести точек, согласно которому для базирования предмета достаточно шести опорных точек.

Исходя из правила шести точек, схема базирования предмета представляет собой их распределение по трем координатным плоскостям по схеме 3–2–1. Назовем это распределение точек по координатным плоскостям теоретической схемой базирования.

Следовательно, для лишения предмета всех степеней свободы необходимо иметь три базы, получившие названия установочной (У) – лишаящей предмет трех степеней свободы (одного перемещения и двух поворотов), направляющей (Н), лишаящей предмет двух степеней свободы (одного перемещения и одного поворота) и опорной (О), лишаящей предмет одной степени свободы, в данном случае – перемещения. Совокупность этих баз получила название комплекта баз.

Проблемы с базированием предметов, возникающие на практике, можно объяснить отсутствием ряда понятий, правил базирования, неточностью формулировок некоторых известных понятий и принятого допущения, когда реальный предмет, способный деформи-

роваться, принимается за абсолютно твердое тело.

Указанное допущение учитывается за счет введения подводимых опорных точек, но при этом не приводится правило определения их количества и места расположения.

К отсутствующим понятиям и их определений, правилам базирования и недостаткам формулировок известных понятий относятся следующие:

- не показана разница между точкой тела (предмета) и «опорной точкой»;
- не показано, какой степени свободы (перемещения или поворота) лишает предмет опорная точка;
- отсутствует правило последовательности этапов базирования предмета по базам и правило расположения опорных точек на базах;
- не дано обоснование разнообразия баз и комплектов баз.

Рассмотрим предложения по устранению указанных недостатков.

В теории базирования под опорной точкой понимается «точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат» [1].

Такое понятие не объясняет в чем отличие опорной точки от точки тела (предмета), какой должна быть конструкция опорной точки, что понимать под связью, какой степени свободы она лишает базиремый предмет.

Ответы на эти вопросы позволят снять многие из выше перечисленных недостатков теории базирования.

Теоретически опорная точка – это точка пересечения одной координаты точки тела (см. рис.1, а) с координатной плоскостью. Таким образом, она, в отличие от точки тела, лишает предмет только одной степени свободы. Отсюда ее условное обозначение должно быть таким, как показано на рис.1, б.

Что касается ответа на вопрос, какой степени свободы лишает предмет опорная точка – перемещения или поворота, то на него можно получить ответ только непосредственно при базировании предмета.

Например, при базировании предмета направляющей базой, образуемой двумя опорными точками 1 и 2, возможны два варианта лишения предмета двух степеней свободы.

Первый вариант – опорная точка 1 лишает предмет перемещения, а опорная точка 2 – поворота. Второй вариант – опорная точка 1 лишает предмет поворота, а опорная точка 2 – перемещения.

Роль 1 и 2 точек зависит от того какая из

них первая участвует в базировании, т.к. предмет сначала лишается линейного перемещения, а потом поворота.

Базирование предмета осуществляется с помощью баз, где под базой понимается «поверхность или выполняющая ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования» [1].

Приведенное в теории базирования разнообразие баз ограничено пятью базами: установочной (У), направляющей (Н), опорной (О), двойной направляющей (ДН) и двойной опорной (ДО), отличающимися количеством опорных точек и лишением с их помощью предмета соответствующих степеней свободы.

Каких степеней свободы лишают У, Н и О было показано ранее.

В теории базирования нет теоретического обоснования появления баз ДН и ДО. Указывается лишь то, что они применяются при базировании предмета типа тела вращения (вал, диск и т.п.).

Объяснить появление этих баз можно тем, что они предназначены для базирования предмета скрытыми базами. В первом случае в качестве скрытой базы выступает ось симметрии, являющаяся осью поверхности вращения, а во втором – центр симметрии на плоскости, являющийся центром симметрии окружности.

Согласно [1] двойная направляющая база – «база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишающих ее четырех степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей» [1].

Двойная опорная база – «база, используемая для наложения на заготовку или изделие связей, лишающих их двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей» [1].

В этих формулировках не указывается, что эти базы могут применяться только в том случае, если они выполняют роль скрытой базы, под которой понимается «база в виде воображаемой плоскости, оси или точки» [1].

Отмеченные плоскость, ось и точка являются элементами симметрии, к которым следует добавить вместо «точки» точку симметрии на линии, центр симметрии на плоскости и центр симметрии в пространстве, а так же добавить линию симметрии. Их примеры приведены на рис. 2.

Базирование предмета точкой симметрии на линии лишает его одной степени свободы и

тогда она выступает в роли опорной базы.

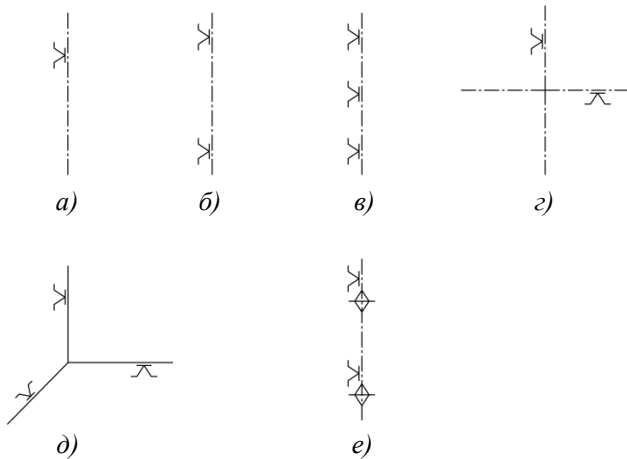


Рис. 2. Скрытые базы:

a – точка симметрии на линии; б – линия симметрии; в – плоскость симметрии; z – центр симметрии в плоскости; д – центр симметрии в пространстве; e – ось симметрии

Базирование предмета линией симметрии лишает его двух степеней свободы – перемещения и поворота и тогда она выступает в роли направляющей базы.

Базирование предмета центром симметрии на плоскости лишает предмет двух степеней свободы по двум координатным осям и тогда она выступает в роли двойной опорной базы.

Базирование предмета плоскостью симметрии лишает его трех степеней свободы – одного перемещения и двух поворотов и тогда она выступает в роли установочной базы.

Базирование предмета осью симметрии лишает его четырех степеней свободы – двух перемещений и двух поворотов и тогда она выступает в роли двойной направляющей базы.

Что касается базирования предмета центром симметрии в пространстве, то эта база лишает предмет трех степеней свободы – трех перемещений, по трем координатным осям, но такая база отсутствует. Назовем эту базу тройной опорной (ТО).

Например, при базировании шара в полем конусе шар лишается трех перемещений по трем координатным осям.

В итоге должно быть шесть баз: У, Н, О, ДН, ДО и ТО. Без учета новой базы (ТО) возможно четыре варианта комплекта баз: У–Н–О; У–ДО–О; ДН – О–О; ДН–ДО [3].

С введением базы ТО следует добавить еще два комплекта баз: ТО–ДО – О; ТО–О–О–О. В каждом из них опорная точка О лишает предмет поворота вокруг соответствующей коор-

динатной оси.

Каждый из шести комплектов баз реализует соответствующую материализованную схему базирования, назовем такую схему базирования реальной со следующим распределением опорных точек.

$$\begin{array}{c}
 \text{У – Н – О;} \\
 3 - 2 - 1
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{c}
 \text{У – ДО – О;} \\
 3 - 2 - 1
 \end{array}
 \right|
 \begin{array}{c}
 \text{ДН – О – О;} \\
 4 - 1 - 1
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{c}
 \text{ДН – ДО.} \\
 4 - 2
 \end{array}
 \right.$$

$$\begin{array}{c}
 \text{ТО – О – О – О;} \\
 3 - 1 - 1 - 1
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{c}
 \text{ТО – ДО – О.} \\
 3 - 2 - 1
 \end{array}
 \right.$$

Однако распределение опорных точек по координатным плоскостям у каждого комплекта баз происходит одинаково в соответствии с теоретической схемой базирования (3–2–1).

Например, как показано на рис. 3, при базировании предмета комплектом баз ДН–ДО, где на базе ДН располагаются четыре опорные точки (1, 2, 3, 4), а на базе ДО – две опорные точки (5, 6), их распределение по координатным плоскостям происходит по схеме 3–2–1.

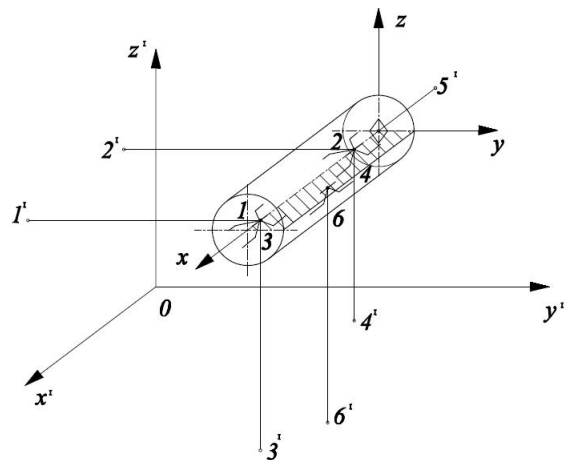


Рис. 3. Схемы распределения опорных точек:

реальная (точки 1, 2, 3, 4, 5, 6), теоретическая (точки 1', 2', 3', 4', 5', 6')

В связи с этим следует ввести понятие «реальная схема базирования», под которой понимается схема распределения опорных точек по базам.

Остановимся на правилах базирования предмета.

Если базирование предмета происходит под действием собственного веса, то оно должно начинаться с установки предмета на базу, обеспечивающую его устойчивое положение под действием собственного веса.

Таковыми базами в комплектах баз $У - Н - О$ и $У - ДО - О$ является установочная база; в комплектах баз $ДН - О - О$, $ДН - ДО - О$ – двойная направляющая база и в комплектах баз $ТО - О - О - О$, $ТО - ДО - О - О$ – тройная опорная база.

Таким образом, базирование предмета должно начинаться с одной из перечисленных баз, а далее последовательность базирования по другим базам может быть любой.

На качество базирования влияет расположение опорных точек на таких базах как направляющая, двойная направляющая и установочная.

При базировании предмета направляющей или двойной направляющей базами опорные точки следует располагать на максимальном удалении друг от друга. Это снижает погрешность базирования.

При базировании предмета установочной базой в зависимости от расположения на плоскости трех опорных точек возможно возникновение неопределенности базирования.

На рис. 4 показаны два варианта расположения опорных точек 1, 2, 3 на установочной базе, в качестве которой выступает координатная плоскость XOY .

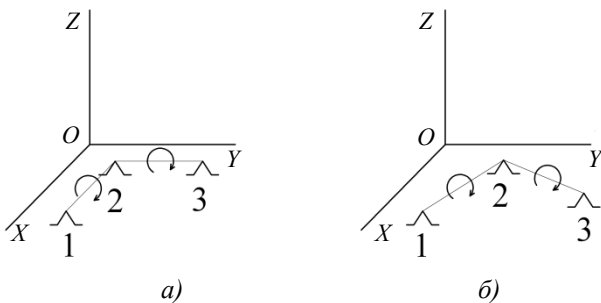


Рис. 4. Схема расположения опорных точек на установочной базе:

а – первый вариант; б – второй вариант

Если сначала входит в контакт с предметом опорная точка 1, то она лишает предмет возможности перемещения по оси OZ . Тогда в первом варианте после входа в контакт опорной точки 2 предмет лишается возможного поворота линии, соединяющей точки 1 и 2 параллельно оси OY , а после входа в контакт опорной точки 3 – поворота вокруг линии, соединяющей точки 1 и 3 параллельно оси OX .

При втором варианте расположения опорных точек 1, 2, 3 после входа в контакт с предметом опорной точки 2, предмет тоже лишается возможности одного поворота. Однако в этом случае поворот предмета проис-

ходит вокруг линии расположения под углом к осям OX и OY .

Таким образом, вектор поворота имеет проекции на оси OX и OY .

Аналогичная картина имеет место при входе в контакт с предметом и опорной точкой 3.

В результате поворот предмета вокруг осей OX и OY будет определяться суммой проекций векторов поворота от точек 2 и 3 вокруг соответствующих координатных осей.

В итоге возникают трудности в определении погрешности базирования.

Эта неопределенность базирования усиливается в реальных условиях, когда поверхности баз имеют погрешности геометрической формы.

Характерной особенностью базирования предмета элементом симметрии (скрытая база) является отсутствие опорной точки в материальном виде.

Базирование предмета по скрытым базам осуществляется с помощью самоцентрирующих устройств типа самоцентрирующих тисков, трехкулачкового патрона. Конструкции губок самоцентрирующих тисков, контактирующие с поверхностями предмета, зависят от элемента симметрии.

Если базирование осуществляется по точке, центру симметрии на линии, плоскости, линии и оси симметрии плоскостными при базировании плоскостью симметрии, то губки должны быть узкими. При базировании центром симметрии на плоскости и осью симметрии – губки должны быть в виде призм.

На основании изложенного предлагается внести следующие коррективы в теорию базирования:

1. Опорную точку обозначить в виде галочки с чертой над вершиной.

2. Ввести понятия теоретической, реальной схемы базирования и схемы расположения опорных точек. *Теоретическая схема базирования* – схема распределения опорных точек по координатным плоскостям прямоугольной системы координат. *Реальная схема базирования* – схема распределения опорных точек по базам комплекта баз, *схема расположения опорных точек* – схема расположения опорных точек на базах.

3. Дополнить состав баз трехопорной базой, где трехопорная база – база, используемая для наложения на предмет связей, лишающих его трех степеней свободы: перемещения вдоль трех координатных осей.

4. Внести изменения в формулировку понятий «базирование», «база», «скрытая база» в

следующих редакциях:

Базирование – придание предмету требуемого положения относительно заданной системы координат.

База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей или элементы симметрии (точка на линии, центр на плоскости, центр в пространстве, линия, плоскость, ось) принадлежащие предмету и используемые для базирования.

Скрытая база – элемент симметрии: точка на линии, центр на плоскости, центр в пространстве, линия, плоскость, ось.

5. Включить в правило базирования – «базирование предмета должно начинаться с базы, обеспечивающей устойчивое положение предмета под действием собственного веса».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 21495 – 76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 11с.

2. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологии машиностроения. В 2-х т. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1982. 367 с.

3. Базров, Б.М. Расчет точности машин на ЭВМ. – М.: Машиностроение, Ленинградское отделение. 1985. – 496 с.

4. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения учебник для ВУЗов. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2007. – 736 с.

REFERENCES

1. RSS 21495 – 76. *Basing and Bases in Mechanical Engineering. Terms and Statements.* – M.: Publishing House of Standards, 1981. – pp. 11.

2. Balakshin, B.S. *Theory and Practice of Mechanical Engineering.* In 2 Vol. т. Vol. 2. – M.: Mechanical Engineering, 1982. pp. 367.

3. Bazrov, B.M. *Machine Accuracy Computation by Computers.* – M.: Mechanical Engineering, Leningrad Section. 1985. – pp. 496.

4. Bazrov, B.M. *Fundamentals of Engineering Technique: textbook for colleges.* 2-d Ed. – M.: Mechanical Engineering, 2007. – pp. 736.

Рецензент д.т.н. В.Г. Митрофанов

УДК 621.923

DOI: 10.12737/22576

В.А. Полетаев, д.т.н.,
(ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный
технический университет имени П.А. Соловьева»
Ярославская область, 152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д. 53)

Е.В. Цветков, к.т.н.,
(НПО «Сатурн»
Ярославская область, 152903, г. Рыбинск, пр. Ленина, д. 163)
E-mail: poletaev@rsatu.ru, egor.tsvetkov@npo-saturn.rum

Сравнительный анализ автоматизированного и неавтоматизированного производства лопаток турбин

Представлен производственный опыт по созданию полностью автоматизированного участка изготовления лопаток турбин ГТД. Описаны преимущества автоматизированного производства, принципы построения, приведены примеры конкретной реализации автоматизированных производственных мощностей.

Ключевые слова: лопатки турбины; автоматизированные технологии; принципы автоматизации; эффективность автоматизированного производства.