

УДК 621.91.01

ОСНОВЫ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПРЕДМЕТОВ С УЧЕТОМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Б. М. БАЗРОВ¹, Н. А. РОДИОНОВА¹, М. Л. ХЕЙФЕЦ², В. Л. СОЛОМАХО³, В. Л. ГУРЕВИЧ⁴

¹Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН
Москва, Россия

²Институт прикладной физики НАН Беларуси

³Белорусский национальный технический университет

⁴РУП «Белорусский государственный институт метрологии»
Минск, Беларусь

UDC 621.91.01

FOUNDATIONS OF THE THEORY OF BASED AND FIXING OF SUBJECTS TAKING INTO ACCOUNT OF NEW TECHNOLOGIES

B. M. BAZROV, N. A. RODIONOVA, M. L. KHEIFETZ, V. L. SOLOMAKHO, V. L. GUREVICH

Аннотация. Актуализируются основы теории базирования с учетом пересмотра существующего описания из теоретической механики посредством положения трех координатных точек; для перехода к новому описанию из теории машин и механизмов путем лишения предмета базирования степеней свободы (подвижности) в технической системе (конструкторской, технологической, измерительной). Показывается, как проектирование технологии производства изделия и измерения его характеристик проводится в системе, включающей оборудование и средства оснащения в качестве механизмов, замыкающим звеном которых являются предметы базирования.

Ключевые слова: теория базирования, технология производства изделия, теоретическая механика, теория машин и механизмов.

Abstract. The basics of basing theory are updated taking into account the revision of the existing description from theoretical mechanics by means of the position of three coordinate points; to go to a new description from the theory of machines and mechanisms by depriving a subject of basing degrees of freedom (mobility) in a technical system (design, technological, measuring). It is shown how the design of the technology for manufacturing the product and measuring its characteristics is carried out in a system that includes equipment and equipment as mechanisms, the closing link of which are basing objects.

Keywords: theory of based, technology for manufacturing the product, theoretical mechanics, theory of machines and mechanisms.

Введение. При кастомизации – адаптировании продукции под определенного потребителя, с учетом его интересов и требований, сам потребитель выступает в качестве дизайнера и инженера, а по его запросам может контролироваться, управляться и изменяться производственный процесс [1, 2]. Кастомизации способствует современный уровень цифровизации промышленного производства [3, 4], обеспечивающий переход к информационным технологиям создания, поддержки и применения единого информационного пространства

продукции во времени, на всех этапах жизненного цикла изделия: от его проектирования и изготовления до эксплуатации и утилизации [5, 6].

Сочетание в глобальной сети информационных технологий, современного производства с использованием робототехники на основе машинного обучения и искусственного интеллекта формирует предпосылки к созданию заводов с полной автоматизацией производственных этапов [3–6].

Анализ технологии и метрологии современного производства. Эффективность производства изделий в первую очередь зависит от уровня технической подготовки производства, включающей конструкторскую, технологическую, метрологическую и другие подготовки, основу которых составляют технологии [7, 8]. В процессе эволюционного развития машиностроения сформировались три вида технологий: единичная, типовая и групповая, имеющие свои преимущества и недостатки.

Применение *единичной технологии* позволяет строить оптимальный процесс, но приводит к большим затратам времени на его разработку. *Типовая технология*, снижая объем и сроки подготовки производства, не обеспечивает оптимального процесса для каждой детали одного типа. *Групповая технология*, увеличивая размер партии, требует повторяемости выпуска изделий, что существенно сужает область ее эффективного применения. Кроме того, все эти виды технологии не обладают гибкостью, т. к. не позволяют в случае необходимости изменять маршрут [7, 9].

Поэтому, с учетом необходимости адаптирования технологии к изделию и его функциональному назначению, возникает необходимость в принципиально новом виде – предельно формализованной *модульной технологии* [7]. В свою очередь для унификации производства по модульной технологии требуются единые классификация и кодирование изделий как объектов производства, так и эксплуатации, на основе представления их предметами или операциями над ними, используя модульный подход при детализации конструкций изделий, их комплектующих деталей и элементов [2, 7].

Для решения поставленных задач необходимо, в первую очередь, получить информацию о характеристиках конструкций изделий (КИ). При графическом описании значительная часть многочисленных характеристик представлена в неявном, слабо формализованном виде. Так, на чертеже детали не указываются число поверхностей, их функциональное назначение и связи между ними. Для устранения отмеченных недостатков предлагается описание КИ *совокупностью модулей* [7].

В качестве модулей КИ примем модуль группы деталей (МД) изделия и модуль группы поверхностей детали – модуль поверхностей (МП). Объединение деталей в МД и поверхностей детали в МП определяется этапом жизненного цикла изделия, т. к. на разных этапах МД и МП выполняют разные роли и представляются разным составом деталей и поверхностей. В результате изделие может быть представлено совокупностью МД, а если все детали заместить совокупностями МП, то КИ можно представить множеством МП. Модульное строение КИ можно описать графом иерархической структуры, вершиной которого является базовая деталь. Например, у металлорежущего станка базовой

деталью является станина [2].

Размерные связи играют большую роль как в создании изделия, так и в процессе его функционирования, а размерные цепи возникают при решении разнообразных конструкторских, технологических и метрологических задач в машиностроении. Поскольку размерные цепи возникают в результате выбора баз и базирования, то теории размерных цепей должен предшествовать теоретический анализ основ базирования [8, 9].

Следует подчеркнуть, что машиностроение отличается огромным, непрерывно растущим разнообразием продукции, технологий и широкой цифровизацией производства. Поэтому *целью работы* является дальнейшее совершенствование основ теории базирования, включая введение новых понятий, их определений, уточнения известных с использованием модульного принципа в технике и технологиях, в условиях современного производства, его системной конструкторской, технологической и метрологической подготовки [10, 11].

Базирование, базы и опорные точки. Базирование находит широкое применение в машиностроении как при проектировании изделий, так и при их изготовлении, контроле и диагностике и оказывает большое влияние на их качество. В ГОСТ 21495–76, последний раз актуализированном в 1990 г., приведены термины и определения, раскрывающие содержание процесса базирования.

Однако за прошедшие десятилетия после его выхода в результате развития техники и технологии появилась необходимость в пересмотре некоторых понятий и введении новых, уточняющих описание процесса базирования [11, 12].

Согласно действующему ГОСТ 21495–76 *базирование* – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Во-первых, при таком определении отсутствуют деталь и сборочная единица, которые тоже подвергаются базированию при сборке изделия.

Поэтому в понятие базирования вместо заготовки и изделия следует внести слово **предмет базирования**, под которым будем понимать заготовку, изделие, деталь, сборочную единицу.

Во-вторых, надо отметить, что фактически базирование выполняет две функции: *лишение предмета степеней свободы* и *придание ему требуемого положения* относительно заданной системы координат.

При этом возникают случаи, когда требуется выполнение только одной функции.

Например, при базировании диска в трехкулачковом патроне, при лишении его возможности поворота вокруг его оси, не ставится задача обеспечения заданного углового положения, а требуется только лишить его степени свободы по этой координате.

Кроме того, в одних случаях требуется лишение предмета базирования всех степеней свободы, а в других случаях – предмет лишается одной или нескольких степеней свободы.

С учетом этого предлагается формулировка понятия «базирование»: **базирование** – лишение предмета степеней свободы и придания ему требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Следующим важным термином является «база». Согласно стандарту *база* – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Базы делятся на *явные* (материальные) и *скрытые* (нематериальные). К первым базам относятся поверхности, сочетание поверхностей, риски, а также ось и точка. К нематериальным базам относятся воображаемая точка, ось, линия, плоскость, являющиеся элементами симметрии, которые материализуются в виде точек, рисок [8, 9].

В связи с этим будем понимать под **базой** – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, или элемент симметрии предмета базирования, используемые для базирования.

Элементами симметрии базирования являются точка симметрии на линии, центр симметрии на плоскости, центр симметрии в пространстве, линия симметрии, плоскость симметрии, ось симметрии.

Следующим термином, требующим усовершенствования, является «скрытая база».

Согласно стандарту *скрытая база* – база в виде воображаемой плоскости, оси или точки. Так как скрытая база – это нематериальная база, то запишем формулировку скрытой базы в следующем виде. **Скрытая база** – элемент симметрии предмета в виде точки симметрии на линии или центра симметрии на плоскости, или линия симметрии или центра симметрии в пространстве, или плоскость симметрии, или ось симметрии.

Далее следует внести изменение в обозначения опорной точки [10, 11].

Согласно существующему стандарту *опорная точка* – точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия в выбранной системе координат. В связи с тем, что в известном понятии базирования отражается только одна его функция – определение положения предмета базирования в выбранной системе координат, опорная точка обозначается знаком.

В новой формулировке понятия «базирование» одной из выполняемых им функций является лишение предмета базирования степеней свободы. Опорная точка должна показывать лишение предмета одной степени свободы, т. е. перемещения по одной координате.

Тогда ее определение: **опорная точка** – точка, символизирующая лишение возможности перемещения предмета по одной координате в выбранной системе координат.

В изделии проектная схема базирования превращается в конструкторскую схему базирования.

Конструкторская схема базирования – проектная схема базирования с опорными точками, выполненными в виде опорных элементов.

Соответственно, также при обработке и сборке изделия, измерениях его характеристик и деталей в технологическом процессе и при эксплуатации определяются технологическая и измерительная схемы базирования.

Заключение.

1. Проектирование и производство как отдельных конструктивно-технологических элементов деталей, так и кастомизированного изделия в целом с позиций его эксплуатации по функциональному назначению и мониторинга состояния путем контроля и диагностики в современном производстве и при эксплуатации целесообразно строить на основе использования модульного принципа в технике и технологии.

2. Унификация проектных решений как для конструкции самого изделия, так и оборудования и средств технологического и метрологического оснащения при его изготовлении обеспечивает вне зависимости от типа производства (единичное, серийное, массовое) переход от типовых и групповых к модульным технологиям.

3. Основы теории базирования при современном развитии производства следует актуализировать с учетом перехода от существующего описания из теоретической механики посредством положения трех координатных точек к новому описанию из теории машин и механизмов путем лишения предмета базирования степеней свободы (подвижности) в технической системе (конструкторской, технологической, измерительной).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Витязь, П. А.** «Индустрия 4.0»: от информационно-коммуникационных и аддитивных технологий к самовоспроизведению машин и организмов / П. А. Витязь, М. Л. Хейфец, С. А. Чижик // Вестн. НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2017. – № 2. – С. 54–72.
2. **Базров, Б. М.** Метод представления изделия как объекта цифровизации производства структурированным множеством модулей / Б. М. Базров, М. Л. Хейфец // Докл. НАН Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 377–384.
3. **Hanpan, R.** Computer Integrated Manufacturing: from concepts to realization / R. Hanpan. – Harlow: Addison Wesley, 1977. – 258 p.
4. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Под общ. ред. М. Л. Хейфеца, Б. П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.
5. CALS в авиастроении / А. Г. Братухин [и др.]; под ред. А. Г. Братухина. – Москва: Моск. авиац. ин-т, 2000. – 304 с.
6. Компьютеризированные интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении / Б. И. Черпаков [и др.]; под ред. Б. И. Черпакова. – Москва: ВИМИ, 1999. – 512 с.
7. **Базров, Б. М.** Модульная технология в машиностроении / Б. М. Базров. – Москва: Машиностроение, 2001. – 368 с.
8. **Базров, Б. М.** Основы технологии машиностроения / Б. М. Базров. – Москва: Машиностроение, 2005. – 736 с.
9. **Колесов, И. М.** Основы технологии машиностроения / И. М. Колесов. – Москва: Высшая школа, 1999. – 591 с.
10. **Базров, Б. М.** Совершенствование понятийного аппарата теории базирования / Б. М. Базров // Научные технологии в машиностроении. – 2020. – № 1 (103). – С. 30–33.
11. **Базров, Б. М.** Теория и практика базирования в машиностроении / Б. М. Базров // Вестн. машиностроения. – 2017. – № 4. – С. 5–10.
12. **Базров, Б. М.** Практическое приложение теории базирования в машиностроении / Б. М. Базров // Вестн. машиностроения. – 2017. – № 5. – С. 6–11.