

ISSN 1561-8323 (Print)
ISSN 2524-2431 (Online)

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

УДК 621.91.01
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-5-617-623>

Поступило в редакцию 26.05.2020
Received 26.05.2020

Б. М. Базров¹, М. Л. Хейфец²

¹*Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Российская Федерация*

²*Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОСНОВ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ
С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ТРАДИЦИОННЫХ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

(Представлено академиком А. П. Ласковневым)

Аннотация. Предлагается проектирование и производство отдельных элементов деталей и изделия в целом проводить с позиций эксплуатации и мониторинга его состояния как в традиционном, так и в аддитивном производстве с использованием модульного принципа в технике и технологии. Обсуждается путь унификации проектных решений для конструкции изделия, оборудования и средств технологического и метрологического оснащения при его изготовлении, для обеспечения вне зависимости от типа производства (единичное, серийное, массовое) перехода от типовых и групповых к модульным технологиям. 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: конструкция, структура, механизм, изделие, деталь, предмет, модуль, база, комплект баз, базирование, опорная точка, точка контакта, схема базирования, погрешность базирования

Для цитирования: Базров, Б. М. Совершенствование основ теории базирования с учетом развития традиционных и аддитивных технологий / Б. М. Базров, М. Л. Хейфец // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2020. – Т. 64, № 5. – С. 617–623. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-5-617-623>

Boris M. Bazrov¹, Mikhail L. Kheifetz²

¹*Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

²*Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic Belarus*

**IMPROVEMENT BASES OF THE THEORY BASING WITH ACCOUNT FOR THE DEVELOPMENT
OF TRADITIONAL AND ADDITIVE TECHNOLOGIES**

(Communicated by Academician Alexander P. Laskovnev)

Abstract. It is proposed that the design and production of individual elements of parts and products as a whole be carried out from the standpoint of operation and monitoring of its condition, both in traditional and additive manufacturing using the modular principle in engineering and technology. The way of unification of design decisions for the design of the product, equipment and technological and metrological equipment during its manufacture is discussed, to ensure, regardless of the type of production (single, serial, mass), the transition from standard and group to modular technologies. 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: construction, structure, mechanism, product, detail, thing, module, base, clamping, locating, locating point, contact point, locating chart, error of locating

For citation: Bazrov B. M., Kheifetz M. L. Improvement bases of the theory basing with account for the development of traditional and additive technologies. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2020, vol. 64, no. 5, pp. 617–623 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-5-617-623>

Введение. При кастомизации – адаптации 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, традиционного и аддитивного производства с использованием робототехники, на основе машинного обучения и искусственного интеллекта формирует предпосылки к созданию заводов с полной автоматизацией производственных этапов [7; 8].

Анализ технологии и метрологии традиционного и аддитивного производства. Сущность быстро развивающегося аддитивного производства заключается в послойном синтезе или «выращивании» изделий по цифровым моделям без использования формообразующей оснастки. Создание формы изделия происходит путем добавления материала, в отличие от традиционных технологий, основанных на удалении «лишнего» материала [1; 2]. Различают две основные группы аддитивных методов: с «предварительным формированием слоя» материала по технологиям BD (Bed Deposition), подразумевающим наличие определенной платформы (или ванны), на которой послойно «выращивается» материал и изделие; а также методы «непосредственного осаждения слоя» материала на сложнопрофильную поверхность изделия по технологиям DD (Direct Deposition) [7; 8].

Эти группы методов, в свою очередь, определяют расположение поверхностей, от которых ведется построение изделий, а также их последующий контроль, посредством измерений пространственно сложной формы. Кроме того, для контроля формируемых полостей изделия теперь уже не достаточно обычного сканирования поверхностей, а требуется томография, для которой в процессе измерений зачастую меняются координатные системы отсчета [9; 10].

Вместе с тем даже у новейших напечатанных на 3D-принтере изделий, сопряжения деталей в узлах требуют высокой точности, которая достигается только последовательностью финишных операций традиционного производства. Помимо этого, сервисное обслуживание изделия и замена в нем этих ответственных деталей при ремонте предполагают использование модульного подхода в технике для повышения ее надежности и долговечности [2; 11].

Эффективность производства изделий в первую очередь зависит от уровня технической подготовки производства, включающей конструкторскую, технологическую, метрологическую и другие подготовки, основу которых составляют технологии [11; 12]. 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, так как не позволяют в случае необходимости изменять маршрут [11; 13].

Поэтому с учетом необходимости адаптации технологии к изделию и его функциональному назначению, возникает необходимость в принципиально новом виде, предельно формализованном

зованной модульной технологии [11]. 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; 11].

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 указывается число поверхностей, их функциональное назначение и связи между ними. Для устранения отмеченных недостатков предлагается описание КИ совокупностью модулей [11].

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, так как 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 заменить 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 [12; 13].

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 традиционного и аддитивного производств, их системной конструкторской, технологической и метрологической подготовки [14; 15].

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 стандарте, последний раз актуализированном в 1990 г., приведены термины и определения, раскрывающие содержание процесса базирования¹.

Однако за прошедшие десятилетия после его выхода в результате развития техники и технологии появилась необходимость в пересмотре некоторых понятий и введения новых, уточняющих описание процесса базирования [14–16].

Согласно действующему стандарту, 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 будет пониматься заготовка, изделие, деталь, сборочная единица.

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.

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

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 [12; 13].

В связи с этим будем понимать под базой поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей или элемент симметрии предмета базирования и 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.

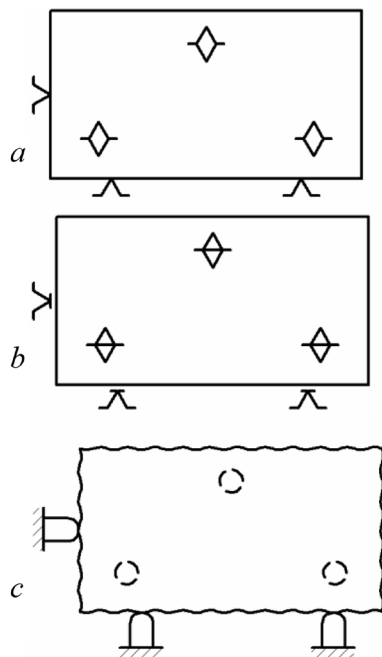


Рис. 1. Обозначение схемы базирования: *a* – опорных точек по ГОСТ 21495–76; *b* – предложенная проектная схема; *c* – конструкторская (технологическая и измерительная) схемы

Fig. 1. Designation of the basing scheme: *a* – reference points in accordance with GOST 21495–76; *b* – the proposed design scheme; *c* – design (technological and measuring) schemes

Далее следует внести изменение в обозначения опорной точки [14; 15].

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 (рис. 1, *a*) отражается только одна его функция – определение положения предмета базирования в выбранной системе координат, опорная точка обозначается знаком \diamond .

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

Однако в известном обозначении опорной точки это не находит отражения. Чтобы исключить это противоречие предлагается следующее обозначение опорной точки: \diamond . Тогда ее определение: опорная точка – точка, символизирующая лишение возможности перемещения предмета по одной координате в выбранной системе координат.

Такое обозначение опорной точки показывает, что предмет базирования может перемещаться по другим координатам (рис. 1, *b*).

Схемы базирования, модули баз и погрешности базирования. Практика развития машиностроения требует введения дополнительных терминов для описания процесса базирования [14; 15].

В стандарте приведен термин «схема базирования», под которой понимается схема расположения опорных точек на базах. Однако такое понятие схемы базирования не учитывает базирование предмета в реальных условиях на практике.

Схема базирования может быть теоретической, проектной, конструкторской. Как известно, в основе теории базирования [12; 13] лежит положение теоретической механики, согласно которому положение абсолютно твердого тела определяется координатами трех его точек, не лежащих на одной прямой.

В соответствии с этим под теоретической схемой базирования будем понимать расположение проекции координат трех точек предмета базирования на координатных плоскостях прямоугольной системы координат по схеме 3–2–1. Здесь три проекции координат образуют установочную (У) базу, две проекции – направляющую (Н) базу, и одна проекция – опорную (О) базу.

В реальных условиях базирование предмета происходит не его точками, а поверхностями, на которых располагаются опорные точки. И если в первом случае для базирования предмета было достаточно трех баз: установочной, направляющей и опорной, то во втором случае вводятся дополнительные базы: двойная направляющая (ДН) и двойная опорная (ДО). С помощью этих баз осуществляется базирование предмета скрытыми базами.

Однако для полного охвата возможных вариантов конструкции предмета требуется введение трехопорной базы (ТО), являющейся скрытой базой, лишаящей предмет трех перемещений по трем координатным осям [14; 15].

Трехопорная база – база, используемая для наложения на предмет базирования связей, лишаящих предмет трех перемещений по трем координатным осям. В связи с введением дополнительных баз ДН, ДО, ТО число комплектов баз увеличивается до четырех: У–Н–О, У–ДО–О, ДН–О–О, ТО–ДО–О.

Базы могут быть явными или скрытыми, что оказывает существенное влияние на процесс базирования предмета.

В связи с этим введем термин «модуль баз», под которым будем понимать комплект баз, учитывающий характер базы (явный (я) или скрытый (с)) [2; 14; 16].

Например, у комплекта баз У–Н–О может быть четыре модуля баз: $У_я-Н_я-О_я$; $У_с-Н_я-О_я$; $У_с-Н_с-О_я$; $У_с-Н_с-О_с$.

При проектировании изделий, разработке технологических процессов используется проектная схема базирования, где базирование предмета осуществляется его поверхностями, а не точками. Тогда проектная схема базирования – схема расположения опорных точек на поверхностях предмета базирования или его элементах симметрии.

В изделии проектная схема базирования превращается в конструкторскую схему базирования. Конструкторская схема базирования – проектная схема базирования с опорными точками, выполненными в виде опорных элементов (рис. 1, с).

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

Наличие конструкторской, технологической и измерительной схем базирования требует введения термина «погрешность базирования». Это, в свою очередь, также предполагает использование положений теории машин и механизмов (в том числе пространственных) для определения погрешностей взаиморасположения различных частей системы (элементов механизма).

В существующем стандарте погрешность базирования – это отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого. Данная формулировка погрешности базирования отражает только качественную сторону понятия и не показывает как оценивать количественно погрешность базирования.

В связи с этим предлагается следующая формулировка понятия погрешности базирования. Погрешность базирования – отклонения фактически достигнутого положения предмета базирования по координатам от требуемого.

При конструкторской (технологической и измерительной) реализации базирования предмета скрытой базой возникает необходимость в термине «точка контакта».

Базирование предмета скрытой базой осуществляется с помощью самоцентрирующего механизма. Например, при базировании диска в самоцентрирующих тисках с плоскими губками

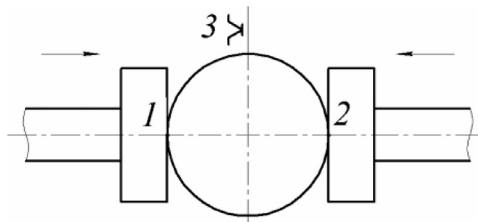


Рис. 2. Схема образования точек контакта в самоцентрирующем механизме

Fig. 2. Scheme of the formation of contact points in the self-centering mechanism

посредством точек контакта 1, 2, образующими опорную скрытую базу (точка 3), лишаящую его одной степени свободы (рис. 2).

В связи с этим под точкой контакта будем понимать точку контакта элемента самоцентрирующего механизма с предметом базирования.

В результате при проектировании конструкции изделия, технологии его производства и измерения характеристик, следует рассматривать системы, включающие оборудование и средства оснащения в качестве механизмов, замыкающим звеном которых являются предметы базирования.

Выводы

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 как в традиционном, так и в аддитивном производстве, а также 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).

4. Проектирование конструкции изделия (КИ), технологии его производства и измерения характеристик, его модулей групп деталей (МД) и поверхностей (МП) следует проводить, рассматривая системы, включающие станки и приспособления, измерительные машины и метрологическое оснащение в качестве механизмов, замыкающим звеном которых являются предметы базирования.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Российского фонда фундаментальных исследований (проект T18P-183).

Acknowledgements. Their research is supported by the Belorussian Republican Fond Fundamental Research and Russian Fond Fundamental Research (project T18P-183).

Список использованных источников

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 // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 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. Нац. акад. наук Беларусі. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 377–384. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-377-384>
3. Hannam, R. Computer Integrated Manufacturing: from concepts to realization / R. Hannam. – Harlow, 1977. – 258 p.
4. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / под общ. ред. М. Л. Хейфеца, Б. П. Чемицова. – Новополоцк, 2002. – 268 с.
5. CALS в авиастроении / А. Г. Братухин [и др.]; под ред. А. Г. Братухина. – М., 2000. – 304 с.
6. Компьютеризированные интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении / Б. И. Черпаков [и др.]; под ред. Б. И. Черпакова. – М., 1999. – 512 с.
7. Gibson, I. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker. – N. Y., 2015. – 498 p.
8. Additive Manufacturing for the Aerospace Industry / eds. F. Fores, R. Boyer. – Cambridge, 2019. – 465 p. <https://doi.org/10.1016/c2017-0-00712-7>

9. Перспективные технологии машиностроительного производства / О. П. Голубев [и др.]; под общ. ред. Ж. А. Мрочека, М. Л. Хейфеца. – Новополоцк, 2007. – 204 с.
10. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. – СПб., 2013. – 222 с.
11. Базров, Б. М. Модульная технология в машиностроении / Б. М. Базров. – М., 2001. – 368 с.
12. Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения / Б. М. Базров. – М., 2005. – 736 с.
13. Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения / И. М. Колесов. – М., 1999. – 591 с.
14. Базров, Б. М. Совершенствование понятийного аппарата теории базирования / Б. М. Базров // Научные технологии в машиностроении. – 2020. – № 1(103). – С. 30–33.
15. Базров, Б. М. Теория и практика базирования в машиностроении / Б. М. Базров // Вестн. машиностроения. – 2017. – № 4. – С. 5–10.
16. Базров, Б. М. Практическое приложение теории базирования в машиностроении / Б. М. Базров // Вестн. машиностроения. – 2017. – № 5. – С. 6–11.

References

1. Vitiaz P. A., Kheifetz M. L., Chizhik S. A. “Industry 4.0”: from information and communication and additive technologies to self-reproduction of machines and organisms. *Vestsi Natsyyanal’nai akademii navuk Belarusi. Seryya fizika-technichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physical-technical series*, 2017, no. 2, pp. 54–72 (in Russian).
2. Bazrov B. M., Kheifetz M. L. Method of presenting a product as an object of digitalization of manufacturing by a structured set of modules. *Doklady Natsional’noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2019, vol. 63, no. 3, pp. 377–384 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-3-377-384>
3. Hannam R. *Computer Integrated Manufacturing: from concepts to realization*. Harlow, 1977. 258 p.
4. Kheifetz M. L., Chemisov B. P., eds. *Intellectual production: state and prospects*. Novopolotsk, 2002. 268 p. (in Russian).
5. Bratukhin A. G., ed. *CALS in aircraft construction*. Moscow, 2000. 304 p. (in Russian).
6. Cherpakov B. I., ed. *Computerized integrated production and CALS-technologies in mechanical engineering*. Moscow, 1999. 512 p. (in Russian).
7. Gibson I., Rosen D., Stucker B. *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. N. Y., 2015. 498 p.
8. Fores F., Boyer R., eds. *Additive Manufacturing for the Aerospace Industry*. Cambridge, 2019. 465 p. <https://doi.org/10.1016/c2017-0-00712-7>
9. Golubev O. P., Kuchta S. V., Mrochek Zh. A., Svirsky D. N., Soukhinenko B. N., Kheifetz M. L. *Advanced technologies of engineering production*. Novopolotsk, 2007. 204 p. (in Russian).
10. Zlenko M. A., Popovich A. A., Mutylyna I. N. *Additive technologies in mechanical engineering*. Sankt Petersburg, 2013. 222 p. (in Russian).
11. Bazrov B. M. *Modular technology in mechanical engineering*. Moscow, 2001. 368 p. (in Russian).
12. Bazrov B. M. *Fundamentals of Engineering Technique*. Moscow, 2005. 736 p. (in Russian).
13. Kolesov I. M. *Fundamentals of Engineering Technique*. Moscow, 1999. 591 p. (in Russian).
14. Bazrov B. M. Improvement of conceptual apparatus of basing theory. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroyeni [Science intensive technologies in mechanical engineering]*, 2020, no. 1(103), pp. 30–33 (in Russian).
15. Bazrov B. M. Theory and practice of referencing in mechanical engineering. *Vestnik mashinostroyeniya [Engineering Proceedings]*, 2017, no. 4, pp. 5–10 (in Russian).
16. Bazrov B. M. Practical application of referencing theory in mechanical engineering. *Vestnik mashinostroyeniya [Engineering Proceedings]*, 2017, no. 5, pp. 6–11 (in Russian).

Информация об авторах

Базров Борис Мухтарбекович – д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией. Институт машиноведения им. А. А. Благоднарова РАН (Малый Харитоньевский пер., 4, 101990, Москва, Российская Федерация). E-mail: modul_lab@mail.ru.

Хейфец Михаил Львович – д-р техн. наук, профессор, директор. Институт прикладной физики НАН Беларуси (ул. Академическая, 16, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: mlk-z@mail.ru.

Information about the authors

Bazrov Boris M. – D. Sc. (Engineering), Professor, Head of Laboratory. Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences (4, Malyi Kharitonievsky Per., 101990, Moscow, Russian Federation). E-mail: modul_lab@mail.ru.

Kheifetz Mikhail L. – D. Sc. (Engineering), Professor, Director. Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus (16, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic Belarus). E-mail: mlk-z@mail.ru.