

Развитие прикладных научных исследований в машиностроении России

Е.В. Краснова , Ю.А. Моргунов, Б.П. Саушкин , Б.В. Шандров

Московский политехнический университет,
107023, Москва, ул. Б. Семеновская, д. 38, Российская Федерация
 katusha0112@yandex.ru

Аннотация. Произошедшие в последнее время существенные структурные и функциональные изменения в отечественной науке привели к снижению ее общественной значимости и научного потенциала страны в целом. Анализ статистических данных показывает заметное снижение научного кадрового потенциала и сокращение числа исследовательских организаций. Главной движущей силой развития научных исследований и разработок в России становится государственное финансирование, а роль российского бизнеса и других источников финансирования носит второстепенный характер. Сложившаяся ситуация в отечественной науке, в частности, недостаточное финансирование исследований и разработок, привела к появлению таких негативных тенденций, как замедление инновационных преобразований в стране, отток квалифицированных кадров, снижение качества научных исследований и их результативность. Низкие темпы развития опережающих исследований и разработок приводят к отставанию отечественного машиностроения в разработке новых технологий, что свидетельствует о неудовлетворительном состоянии этой сферы прикладной науки. Развитие прикладной науки осуществляется по двум основным направлениям: директивному и естественно-научному. Первое из них предполагает, что на развитие науки в большей степени влияют внешние факторы, такие как потребности материального производства и состояние социально-экономической сферы общества. Второе направление основано на определяющей роли внутренней логики развития науки, преемственности научных идей, новых знаний перед старыми. Исследование показывает, что естественно-научный путь развития прикладной (технологической) науки является наиболее перспективным направлением, приоритетом которого определена внутренняя логика развития науки, научного направления. Однако в настоящее время естественно-научный путь в должной степени не используется, государственная поддержка научных школ явно недостаточна, что приводит, за редким исключением, к их постепенной деградации. Примером использования директивного подхода и пренебрежения отечественным опытом создания научных школ могут служить нанотехнологии, некогда имеющие потенциал широкомасштабного применения и внедрения. Подобное может произойти и с новым направлением в технологии машиностроения – аддитивным производством изделий из металлов и сплавов. При отсутствии генерации новых знаний неизбежна закупка импортного оборудования, которое морально и физически быстро устаревает. Для сокращения зависимости от зарубежных технологий государству необходимо использовать различные приемы: начиная от стимулирования закупок отечественной продукции и помощи при ее выпуске до поддержки научных исследований и распространения информации о передовых технологиях.

Ключевые слова: исследования и разработки, развитие науки, прикладная наука, научные школы, преемственность, поддержка государства, машиностроение, Россия

Для цитирования: Краснова Е.В., Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П., Шандров Б.В. Развитие прикладных научных исследований в машиностроении России. *Экономика в промышленности*. 2021;14(3):274–287. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-3-274-287>

Applied scientific research development in Russian mechanical engineering

E.V. Krasnova ✉, Yu.A. Morgunov, B.P. Saushkin , B.V. Shandrov

Moscow Polytechnic University,

38 Bolshaya Semyonovskaya Str., Moscow 107023, Russian Federation

✉ katusha0112@yandex.ru

Abstract. Recent vital structural and functional transformations in the national science resulted in decreasing of the social significance of the country's science and scientific potential. Analysis of statistic data demonstrates noticeable decline of scientific human resources potential and reduction in the number of research organizations. Moreover, government funding becomes the main driving force for development of scientific research in Russia, and the role of Russian business and other sources is of secondary importance. The situation in the national science and lack of funding for research and development in particular caused such negative tendencies as slowing down innovative transformations in the country, outflow of qualified human resources, lower quality of scientific research and its efficiency. Due to low speed of developing advanced research and development the national mechanic engineering is lagging behind in developing new technologies which proves that this sphere of applied science is in unsatisfactory condition. Applied science is developing in two main directions: directive and natural science. The first option presupposes that development of science is influenced mainly by external factors such as material production needs and the state of social and economic sphere of the society. The second direction is based on the determining role of the internal logics of the scientific development and the continuity of scientific ideas between the old and new knowledge. Natural science way of developing applied (technological) science is not explored properly; government support of scientific schools is obviously insufficient. It results in their gradual degradation with rare exceptions. This can also happen to a new trend in mechanic engineering technology – additive manufacturing of products from metals and alloys. If new knowledge is not generated purchasing of foreign equipment becomes inevitable, and such equipment quickly becomes obsolete both morally and physically.

Keywords: research and development, science development, applied science, scientific schools, continuity, state support, mechanical engineering, Russia

For citation: Krasnova E.V., Morgunov Yu.A., Saushkin B.P., Shandrov B.P. Applied scientific research development in Russian mechanical engineering. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2021;14(3):274–287. (In Russ.) <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2021-3-274-287>

俄罗斯机械制造业应用科学研究的发展

E.V. 克拉斯诺娃 ✉, Yu.A. 莫尔古诺夫, B.P. 索什金 , B.V. 尚德罗夫

莫斯科理工大学,

107023, 俄罗斯联邦, 莫斯科, 谢苗诺夫斯卡亚大街38号

✉ katusha0112@yandex.ru

摘要：近期国内科学领域重大的结构和功能变化导致其社会意义和整个国家科学潜力的下降。对统计数据的分析表明，科研人员的潜力明显下降，研究机构数量减少。此外，财政补助正在成为俄罗斯科研发展的主要推动力，而俄罗斯企业和其他来源的作用则处于次要地位。国内科学的现状，特别是研发经费不足，导致国内创新变革放缓、人才外流、科研质量及有效性降低等消极趋势。超前性的研发进展缓慢，导致国内机械制造业在新技术开发方面滞后，表明该领域应用科学的发展并不理想。应用科学的发展主要有两个方向：政策性和自然科学。第一个方向，科学的发展在很大程度上受到外部因素的影响，如物质生产的需要、社会经济领域的状况。第二个方向，基于科学发展内在逻辑的决定性作用，以及新旧知识之间科学思想的连续

性. 应用 (技术) 科学的自然科学发展路径没有得到充分利用, 国家对科学机构的支持明显不足, 这导致它们逐渐退化, 只有极少数例外情况。机械工程技术的新方向——金属和合金产品的增材制造——也可能发生类似的情况。如果没有新知识的产生, 就不可避免的要购买进口设备, 而这些设备很快就会变得陈旧和过时。

关键词: 应用科学的发展、政策性发展路径、自然科学发展路径、科学机构、连续性、科学发展的逻辑、国家支持

Введение. Анализ состояния отечественной науки

В связи со сменой общественно-политической системы в отечественной науке за последние 30 лет произошли существенные структурные и функциональные изменения, которые привели к снижению ее общественной значимости, научного потенциала страны, в том числе его основных составляющих: кадровой, материально-технической, организационно-технической, интеллектуальной и финансово-экономической.

Приведенные в **табл. 1** данные показывают, что численность работников, занимающихся исследованиями и разработками, к 2019 г. уменьшилась более чем в 2 раза по сравнению с 1992 г. Можно констатировать заметное снижение кадрового потенциала организаций, выполняющих исследования и разработки.

Динамику расходов федерального бюджета на финансирование науки отражают данные, представленные в **табл. 2**. В абсолютном выражении с 2000 по 2019 гг. выделяемые средства

в текущих ценах выросли в 28 раз. В то же время в процентном отношении к расходам федерального бюджета расходы на науку увеличились лишь в 1,6 раза, в то время как доля ВВП за эти годы выросла почти в 2 раза. Стоит отметить перераспределение бюджетных средств на фундаментальные и прикладные исследования. Так, отношение средств, выделенных на фундаментальные исследования, к средствам на проведение прикладных исследований и разработок снизилось с 0,86 в 2000 г. до 0,65 в 2019 г. при сокращении числа исследовательских организаций за этот период на 40 %. На наш взгляд, сложившаяся ситуация не способствует появлению технологических инноваций, базирующихся на достижениях фундаментальных наук.

Внутренние затраты на исследования и разработки в абсолютном выражении за 18 лет (2000–2018 гг.) выросли почти в 13,5 раз. Как следует из данных, приведенных в **табл. 3**, доля бюджетных средств постоянно возрастала до

Таблица 1 / Table 1

Динамика численности персонала, занятого исследованиями и разработками (на конец года, тыс. чел.)

Dynamics of the number of personnel engaged in research and development (at the end of the year, thousand people)

Категории персонала	Год								
	1992	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Всего работников, в том числе:	1532	888	813	737	739	722	708	683	682
исследователи	804	426	391	369	379	370	360	348	348
техники	181	75	66	60	63	60	60	58	59
вспомогательный персонал	382	241	216	184	174	172	170	161	161

Составлена авторами на данных источника [1]

Таблица 2 / Table 2

Финансирование науки из средств федерального бюджета, млрд руб. в постоянных ценах Financing of science from the federal budget (billion rubles)

Расходы на науку	Год						
	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019
Всего, в том числе:	17,1	76,9	237,6	439,4	377,9	420,5	489,2
на фундаментальные исследования	7,9	32	82,2	120,2	117	149,6	192,5
на прикладные исследования	9,2	44,9	155,5	319,2	260,1	270,9	296,7
Доля от бюджета, %	1,66	2,19	2,35	2,81	2,30	2,52	2,69
Доля от ВВП, %	0,23	0,36	0,51	0,53	0,41	0,40	0,44

2015 г. (67,5 %), однако к 2018 г. снизилась до 64,3 %. Доля собственных средств научных организаций выросла в 1,7 раза и составила в 2018 г. 15,1 %. Доля средств предпринимательского сектора, вопреки ожиданиям, снижалась до 2017 г. и составила 16,5 %, но уже в 2018 г. можно заметить тенденцию ее роста. Доля финансирования со стороны иностранных участников снизилась в 5 раз (2,4 %), доля средств внебюджетных фондов также заметно снизилась (0,76 %). Отметим, что вузы, накапливая и развивая интеллектуальный потенциал, практически не финансируют научные исследования и разработки [2].

Таким образом, проанализированные данные показывают, что пока еще за прошедший период не удалось привлечь альтернативные источники финансирования науки, сравнимые по объему с государственными. Более того, государственное финансирование становится главной движущей силой развития научных исследований и разработок в России, а роль российского

бизнеса и прочих источников носит второстепенный характер.

В 2019 г. объем инвестиций в науку (млрд долл. США) по развитым странам мира составлял (в порядке убывания рейтинга): США – 581,6; Китай – 468,1; Япония – 171,3; Германия – 141,3; Республика Корея – 98,5; Франция – 68,4; Индия – 68,2; Великобритания – 54,0; Россия – 44,2; Тайвань – 43,3 [1]. Россия занимает 9-е место в рейтинге, более чем в 2 раза уступая по этому показателю Республике Корея. Заметим, что за последние 20 лет Россия инвестирует в науку по всем статьям расходов около 1 % ВВП (рис. 1) и занимает 34-е место в мире по этому показателю.

В целях включения России в первую пятерку стран, ведущих разработки в приоритетных областях, был утвержден национальный проект «Наука» (2018–2024 гг.), который предусматривает создание условий для увеличения внутренних затрат на научные исследования и разработки на

Таблица 3 / Table 3

Внутренние затраты на исследования и разработки по источникам финансирования, млрд руб.

Internal expenditures on research and development by funding sources (billion rubles)

Источники финансирования	Год											
	2000		2005		2010		2015		2017		2018	
Всего затрат	76,7		230,8		523,4		914,7		1019,2		1028,2	
Средства бюджетов всех уровней	41,2	53,7 %	140,5	60,8 %	360,3	68,8 %	617,3	67,5 %	649,9	63,8 %	660,9	64,3 %
Собственные средства научных организаций	6,9	8,9 %	20,7	9,0 %	47,4	9,0 %	109,9	12,0 %	161,9	15,9 %	154,9	15,1 %
Средства предпринимательского сектора	14,3	18,6 %	47,8	20,7 %	85,9	16,4 %	150,9	16,5 %	168,3	16,5 %	176,5	17,2 %
Средства внебюджетных фондов	4,9	6,3 %	4,0	1,7 %	10,1	1,9 %	8,8	1,0 %	8,5	0,83 %	7,8	0,76 %
Средства иностранных источников	9,2	11,9 %	17,5	7,5 %	18,6	3,5 %	24,2	2,6 %	26,8	2,6 %	24,2	2,4 %

Примечание. Во втором столбце каждого года указана процентная доля ко всем затратам.

* Доля прочих источников, в том числе средства вузов, составляют 0,4 %.

Составлено авторами с использованием данных источника [2]

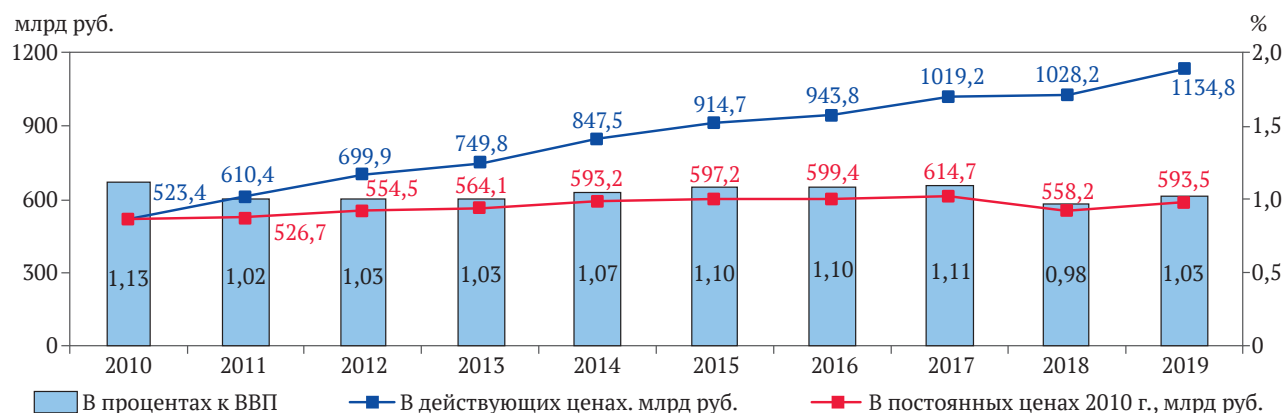


Рис. 1. Динамика инвестиций в науку в России за 2010–2019 гг. [1]

Fig. 1. Dynamics of investments in science in Russia (2010–2019) [1]

54 %, причем большей частью за счет привлечения средств федерального бюджета¹.

Суммируя вышеизложенное, можно констатировать, что реализация данного проекта при существующих темпах роста финансирования науки и привлечения альтернативных источников финансирования маловероятна. Сложившаяся ситуация в отечественной науке, в частности недостаточное финансирование исследований и разработок, привела к появлению ряда негативных тенденций:

- тормозятся инновационные преобразования в стране;
- наблюдается сокращение исследовательского персонала, отток квалифицированных кадров, снижение инновационного потенциала науки;
- ухудшается качество научных исследований из-за недостаточной оснащенности современным инструментарием;
- уменьшаются темпы генерации новых знаний и их трансформации в новые технические решения;
- снижается результативность научных исследований.

Развитие прикладных научных исследований в машиностроении

Характер и направление развития машиностроительных технологий, рост инновационной сферы машиностроительного производства в значительной степени определяются состоянием научной составляющей технологии машиностроения как прикладной науки, тесно связанной с развитием фундаментальных наук.

Анализ статистических данных, отражающих динамику использования передовых производственных технологий в России, показывает, что число передовых технологий в 2019 г. выросло за 5 лет почти на 28 % [1]. Однако 88–90 % из них – это новые технологии для России, т.е. заимствованные, а принципиально новые технологии, разработанные в России, составляют лишь 10–12 % от общего числа. Кроме того, уменьшилось число передовых технологий, защищенных патентами, т.е. содержащих элементы новизны. Данный факт свидетельствует о снижении ценности этих технологий.

Одной из причин отставания разработок новых технологий для отечественного машино-

строения являются низкие темпы развития опережающих исследований и разработок несмотря на то, что стадию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) рассматривают как один из важнейших этапов инновационной деятельности [3]. Доля собственных исследований и разработок активно развивающихся стран в структуре инновационных затрат превышает 50 %. В России доля НИОКР составляет 10–12 %. В отечественном машиностроении основная масса инновационных затрат отводится на закупку современного оборудования.

Сказанное подтверждается анализом удельного веса России в общемировом числе публикаций в области технических наук (раздел «Механика и машиностроение»). Значение этого показателя ниже, чем средний показатель и показатели в области естественных наук (табл. 4) [1]. При сравнении по периодам видно, что индекс по данному разделу науки увеличился на 8,6 % по базе Scopus и на 29,8 % по базе Web of Science. Важно отметить положительную тенденцию роста веса российских публикаций в общемировом объеме, однако недостаточную для глобального развития инновационной деятельности в целом.

Таблица 4 / Table 4

Удельный вес российских публикаций, индексируемых в базах Scopus и Web of Science, в общемировом объеме публикаций по отраслям знаний, %

Share of Russian publications indexed in the SCOPUS and WEB OF SCIENCE databases in the global volume of publications by industry, %

Отрасли	2010–2014 гг.		2015–2019 гг.	
	Scopus	Web of Science	Scopus	Web of Science
Физические науки	2,75	2,64	2,25	2,61
Математические науки	1,56	2,06	1,36	1,81
Химические науки	1,88	1,63	1,42	1,22
Механика и машиностроение	0,81	1,31	0,88	1,70
Усредненный показатель	1,74 (2,01)	1,79 (1,92)	2,95 (3,48)	2,52 (2,68)

Примечание. В скобках указаны значения показателя на конец периода.

Таким образом, можно заключить, что приоритетность инвестиций в исследования и разработки является необходимым условием осуществления инновационной деятельности в области машиностроения в нашей стране для устранения столь заметного перекоса в структуре инноваций. Определяющая роль в этом процессе должна отводиться государственной поддержке и инвестициям.

¹ Паспорт национального проекта «Наука» (утв. Президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16. URL: https://aviatp.ru/files/nationalproject/Nauka_project.pdf (дата обращения 23.08.2021).

Для выявления причин отставания в исследованиях и разработках новых технологий следует проанализировать особенности развития прикладной науки в России.

Современный методологический подход включает два пути развития прикладной науки: *экстерналистский* и *интерналистский* [4]. Первый из них предполагает влияние на развитие науки в первую очередь внешних факторов, таких, как потребности материального производства состояние социально-экономической сферы общества. Развитие науки осуществляется в результате взаимодействия научных или научно-производственных сообществ с други-

ми общественными институтами (государство, производство, образование) при определяющей роли этих институтов. Второй путь основан на определяющей роли внутренней логики развития науки, преемственности ее научных идей, преемственности между старым и новым знанием, развития научных школ. Данные пути развития науки рассматривают в их диалектическом взаимодействии и взаимосвязи.

Экстерналистский, или *директивный* путь развития, обеспечивает в первую очередь потребности материального производства, в значительной степени контролируется государством и осуществляется с участием государства [5].

В современной России используют различные механизмы директивного варианта развития науки, такие как государственные программы развития (ГПР), технологические платформы, территориальные и инновационные кластеры, национальная технологическая инициатива.

Анализируя схему реализации ГПР, можно отметить, что этот механизм предусматривает несколько последовательных иерархических уровней формирования и реализации ГПР с прямыми и обратными связями между ними (рис. 2). Верхний уровень – уполномоченный орган Правительства РФ; ответственный исполнитель – министерство или ведомство; исполнитель первого уровня – отраслевой НИИ, корпорация, холдинг, предприятие; исполнитель – научное или производственное подразделение. Прямые связи отражают движение директивных документов и финансовых ресурсов. Обратная цепочка связей Π (предложения) – используется при формировании ГПР, а цепочка связей P (результаты) отражает движение информации о степени достижения поставленной цели.

Важно отметить и недостатки данной схемы формирования проектов и распределения финансовых ресурсов:

- основной задачей в условиях ограниченности ресурсов является выбор направлений их использования, способных дать в будущем наибольший эффект (экономический, технический, социальный, политический). Этот выбор осуществляется с учетом принятой системы приоритетов и в большей степени основан на использовании экспертных процедур. При активном появлении технологических нововведений, ускорении процесса их коммерциализации, программа развития должна быть гибкой и реагировать на изменения внешних условий. Анализ показывает, что механизм ГПР не соответствует этому условию, является инерционным и лишен мобильности, излишне громоздок и бюрократизирован;

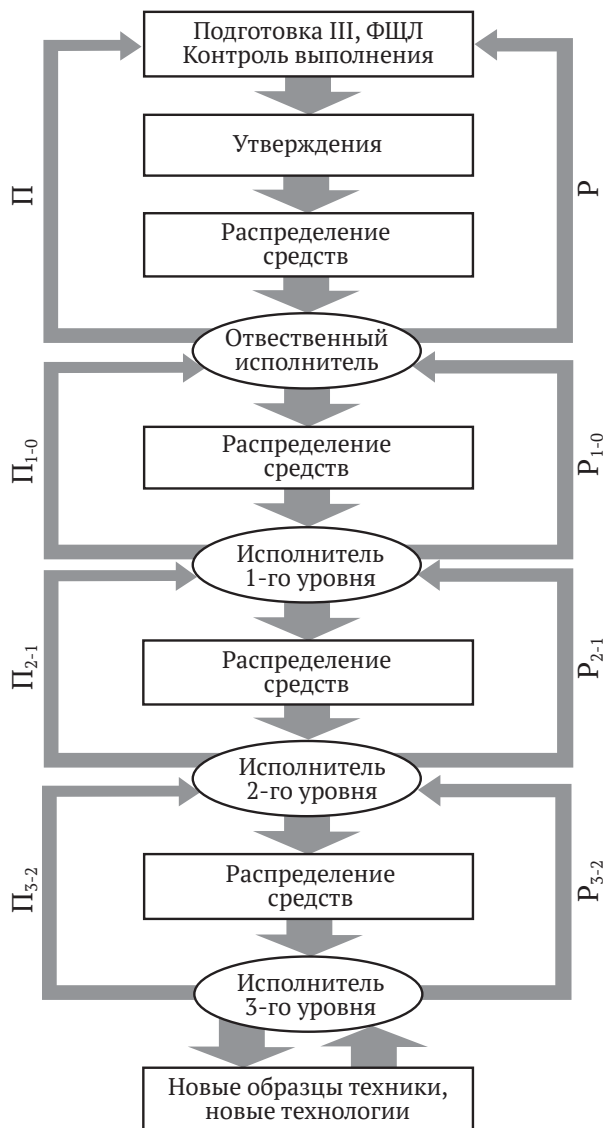


Рис. 2. Схема подготовки и реализации государственных программ развития

Fig. 2. Scheme of preparation and implementation of the State development programs

- наличие промежуточных уровней с разной квалификацией исполнителей и слабо развитой процедурой экспертизы снижают степень объективности и вероятность выбора и финансирования наиболее перспективных исследований, необходимых для повышения конкурентоспособности данного научного направления;

- доля научно-исследовательских разработок (НИР) по отношению к опытно-конструкторским работам (ОКР), как правило, не велика, развитие проблематики некоторого научного направления не является значимым фактором и выполняется по остаточному принципу;

- результаты завершенных НИОКР зачастую, как и раньше, откладываются, а не переходят на стадию коммерциализации и не попадают на рынок, что снижает эффективность прикладной науки;

- механизм мотивации инновационного процесса в данной схеме выполнения НИОКР (его внедренческая часть, стадия коммерциализации) не преобладает, поэтому инновационная эффективность разработанных технологий, как правило, не велика, а ряд выполняемых технических проектов сводится к освоению выделенных бюджетных средств.

Анализ основных механизмов директивного инновационного развития науки показывает, что они не обеспечивают, за редким исключением, основной принцип развития науки – принцип преемственности знаний, в них игнорируется внутренняя логика развития науки, научного направления. Недостатком директивного развития науки является то, что при его реализации наука выступает как одно из средств обеспечения социально-экономических задач государства (или крупного бизнеса), а ресурсы, выделяемые на развитие науки, концентрируются на тех ее направлениях, которые обеспечивают выдвинутые государством приоритеты.

В этом случае есть опасность отстать в тех областях получения и накопления новых знаний, которые не укладываются в выделенные приоритеты, как это, например, случилось в России в середине 50-х годов XX в. с кибернетикой и генетикой. Можно также не заметить важное научное открытие, полученное на «побочных» направлениях исследований и получить, так называемую, упущенную выгоду. По мнению многих ученых, предугадать ту область научной деятельности, которая внесет наибольший вклад в развитие человечества в будущем, практически невозможно, поэтому отсутствие поддержки и финансирования отдельных научных и междисциплинарных направлений может привести к негативным ре-

зультатам в долгосрочной перспективе. Суммируя сказанное, хочется повторить известное изречение о том, что *науку надо поддерживать как науку, а не как придаток промышленности* [6].

Сказанное означает, что наряду с директивным направлением развития науки должен поддерживаться и обеспечиваться такой (естественно-научный) путь ее развития, при котором на первый план выступает внутренняя логика развития научных знаний, порождающая проблематику исследований в тех либо иных областях. При реализации альтернативных путей развития в полной мере проявляется основополагающий диалектический закон единства и борьбы противоположностей.

Важнейшей формой и в то же время механизмом реализации естественно-научного пути развития является научная школа, хотя бы потому, что *перспективы науки всегда определялись перспективами ведущих научных школ* [7–11].

Интерес к проблеме идентификации научных школ возник в связи с инициированием программы поддержки ведущих научных школ [12]. Программа сыграла позитивную роль, хотя результаты ее реализации и подвергались справедливой критике [13].

Образование и развитие научных школ является давней российской традицией, которая происходит из особенностей культурно-исторического развития России. В связи с этим следует отметить, что современные западные исследователи практически не употребляют понятие «научная школа». Коренным отличием подхода западных и отечественных исследователей к научным школам является то, что в развитии науки первые делают акцент на мобильность научных коллективов (невидимые колледжи, солидарные группы и пр.), а вторые – на их стабильность.

Термин «научная школа» неоднозначен и имеет различные смысловые оттенки. Дадим некоторые определения этого понятия.

Ярошевский М.Г., опираясь на мнение историков, дает следующее определение термина «научная школа»: *«Термин «школа» ... означает, по общепринятому мнению историков, во-первых, единство обучения творчеству и процессу исследования, во-вторых, позицию, которой придерживается одна группа ученых в отношении других»*. Научная школа является инструментом *«воспитания исследовательского стиля мышления ... определенного способа подхода к проблемам»* [7].

Также «научная школа» определена как *«форма совместной научной деятельности коллектива исследователей разного возраста*

и квалификации, руководимых признанным лидером, объединяемых общим направлением работ, обеспечивающих эффективность процесса исследований и рост квалификации сотрудников» [8].

В статьях [9, 10] Т.Ю. Павельева под понятием «научная школа» понимает «форму организации научной деятельности, а именно – сложившийся в процессе совместной работы неформальный коллектив ученых со своими традициями, возглавляемый ученым – основателем школы (впоследствии его учениками), чьи идеи отличаются научной новизной, а построенная на их основе научно-исследовательская программа разделяется всеми членами коллектива, являющимися прямыми или косвенными учениками основателя школы».

Изучение данной проблематики показывает, что в настоящее время используются три основания, на которых базируется понятие «научная школа»:

- проектный научный коллектив (производство идей) – формальное объединение, научно-образовательная организация различного статуса (университет, кафедра, факультет, НИИ, отдел, лаборатория);

- исследовательский (творческий) коллектив, не обязательно имеющий формальную принадлежность к какому-либо структурному подразделению университета или научно-исследовательского института;

- направление в науке, объединившее интересы группы исследователей.

В работе [10] приводится развернутая классификация научных школ, подтверждающая многозначность и многоаспектность этого понятия.

Анализ существующих определений понятия «научная школа» позволяет сформулировать основные признаки, идентифицирующие его:

- наличие лидера, задающего вектор развития научной школы, являющегося автором оригинальных идей и методов и исследовательских программ;

- новаторский, ориентированный на получение новых знаний, характер исследовательских программ;

- проявление эффекта саморазвития, базирующегося на кооперативных принципах деятельности, постоянном обмене результатами, идеями как «по горизонтали» – внутри одного поколения, так и «по вертикали» – между учителями и учениками;

- проявление синергетического эффекта в результате консолидации труда ученых при разработке крупных научных проблем;

- оптимизация процесса обучения научной молодежи и воспроизводства научной культуры путем передачи как предметного содержания, так и культурных норм и ценностей от старшего поколения к младшему;

- наличие системы традиций и ценностей школы, внутренних стандартов научной результативности и научной этики;

- минимальный цикл, позволяющий фиксировать существование школы, – это три поколения исследователей (основатель, последователь-преемник, ученики преемника);

- широкое публичное признание со стороны других научных направлений (международное, государственное, отраслевое, региональное).

При сравнении научных школ и оценке их эффективности используют такие показатели, как известность в научном сообществе, высокий уровень и оригинальность исследований, научная репутация, научные традиции, преемственность поколений, количество подготовленных кандидатских и докторских диссертаций, число публикаций и цитируемость трудов участников школы, общие научные и этические идеи и ценности, которых придерживаются члены школы.

Несмотря на то, что появились и другие формы эффективной организации труда ученых (многопрофильный научный коллектив, научные группы, основанные на принципах гибкого проективного финансирования, центры перспективных исследований и пр.) [11], у научной школы есть существенные преимущества: неформальность научных коммуникаций, ориентация на подготовку научной молодежи, формирование научных традиций, способствующих результативности научного поиска, генерация и поддержание определенных моральных принципов [10].

Накопленный опыт показывает, что вне зависимости от формы организации научных школ, стадий становления и истории развития они могут существовать только при постоянном внимании государства и всесторонней поддержке, в том числе финансовой. *Непонимание этого привело к практическому исчезновению многих отечественных научных школ.*

Другой причиной деградации научных школ в области прикладной науки является низкая мотивация занятий исследовательской деятельностью и, следовательно, отток молодежи из сферы науки. По статистическим данным, из России ежегодно уезжает несколько десятков тысяч наиболее перспективных молодых инженеров и исследователей. Следует отметить также низкий уровень оснащенности отечественных научных организаций современным исследовательским

оборудованием, снижение роли этической составляющей научной деятельности, заметное ухудшение связей в цепи «фундаментальная наука – прикладная наука – производство». В вузах существенное повышение учебной нагрузки ограничивает возможности высококвалифицированных преподавателей заниматься исследовательской работой и работой с учениками.

Тем не менее, проблема идентификации научных школ остается актуальной по следующим причинам:

- существование в течение многих лет научных школ доказало эффективное воздействие их на научно-технический прогресс;

- эффективное управление наукой сводится к управлению научными коллективами, среди которых находится и научная школа как особый случай, способствующий интенсификации труда исследователей;

- научные школы, являясь многоцелевыми объединениями, обеспечивают наряду с получением новых знаний «воспроизводство» научной культуры в следующих поколениях ученых.

Для решения проблемы идентификации научных школ сформулированы принципы, выполнение которых дает объективную возможность осуществлять управление их развитием и деятельностью с помощью механизмов финансирования:

- 1) принцип признания научным сообществом актуальности данной научной проблемы;

- 2) принцип самоидентификации – финансирование научного коллектива будет означать его готовность решать крупную, актуальную научную задачу;

- 3) принцип конкретики решаемой актуальной проблемы (четко и внятно сформулированное задание с конкретным результатом и сроками исполнения);

- 4) принцип безусловной ответственности за результаты НИР. Несоответствие полученных результатов затраченным ресурсам означает отказ от финансирования или существенное снижение финансирования последующих исследований данного коллектива;

- 5) принцип исполнительской дисциплины;

- 6) принцип нулевого отсчета, заключающийся в отказе от практики финансирования научной школы под ее исторически сложившуюся репутацию, служебное положение руководителя, наличие научных авторитетов, административный ресурс.

На **рис. 3** представлена схема, поясняющая естественно-научный путь развития технологической науки на базе системы научных школ. Сердцевиной, ядром является научный творче-

ский коллектив, формирующий научную школу, отвечающую сформулированным выше признакам. Ядро окружено информационной оболочкой, формирующей базу знаний школы и перечень востребованных проблем развития научного направления.

В основе развития школы лежит прежде всего логика развития основной фундаментальной науки (наук), формирующей базу теоретических знаний, методологию и инструментарий теоретических исследований. Цель этих исследований носит двойственный характер:

- 1) выявление и обоснование новых научно-технических эффектов (например, физико-технических), которые можно использовать в данной предметной прикладной области [15];

- 2) теоретическое обоснование постановки и результатов экспериментальных исследований в прикладной области.

Научно-технические эффекты, явления, новые закономерности и особенности протекания основных процессов дают пищу для размышлений, составляют предмет дальнейших инноваций и вместе с потоком новой информации в области предметной деятельности создают основу для формулирования и постановки проблем и задач развития прикладного направления научной школы. Таким образом, протекают процессы возникновения и развития идей, обусловленные внутренней логикой развития науки. Новые знания часто появляются на стадии прикладных исследований, проявляются в виде открытий, изобретений, рациональных нововведений, требующих теоретического обоснования и описания [16].

Резюмируя можно сказать, что научная школа участвует в получении новых знаний в данной предметной области путем проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований. Научной продукцией этого этапа являются научные публикации, патенты, научно-технические отчеты, качественный и количественный анализ которых – это важная характеристика и оценка деятельности научной школы.

Вместе с тем прикладная наука всегда нацелена на практическое использование результатов исследований, о чем говорит, например, опыт отечественных научных школ в области технологии машиностроения, созданных крупными учеными, такими как И.А. Тиме, В.М. Кован, А.П. Соколовский, А.И. Каширин, В.С. Корсаков, В.Ф. Безъязычный, Б.С. Балакшин, А.М. Дальский, П.И. Ящерицин, Ф.С. Демьянюк, А.А. Маталин, Б.М. Базров, А.Г. Суслов, В.П. Смоленцев и многими другими известными российскими технологами.

Как справедливо заметил проф. А.П. Соколовский, учение о технологии машиностроения родилось в цехе и не должно порывать с ним связи [17]. Именно поэтому в области технологии машиностроения в большинстве научных школ – получение научной продукции, т.е. поиск и аккумуляция новых знаний – не являлось и не является самоцелью, а используется для продолжения работ по созданию изделий вплоть до пе-

редачи конкретной разработки на производство в виде технологических рекомендаций, опытных образцов, новых или улучшенных технологий, включая средства технологического оснащения и программный продукт.

Для этого после формулирования проблемы на этапе НИР проводятся дополнительные исследования, призванные уточнить и обосновать ее наилучшее техническое решение (рис. 3, а).

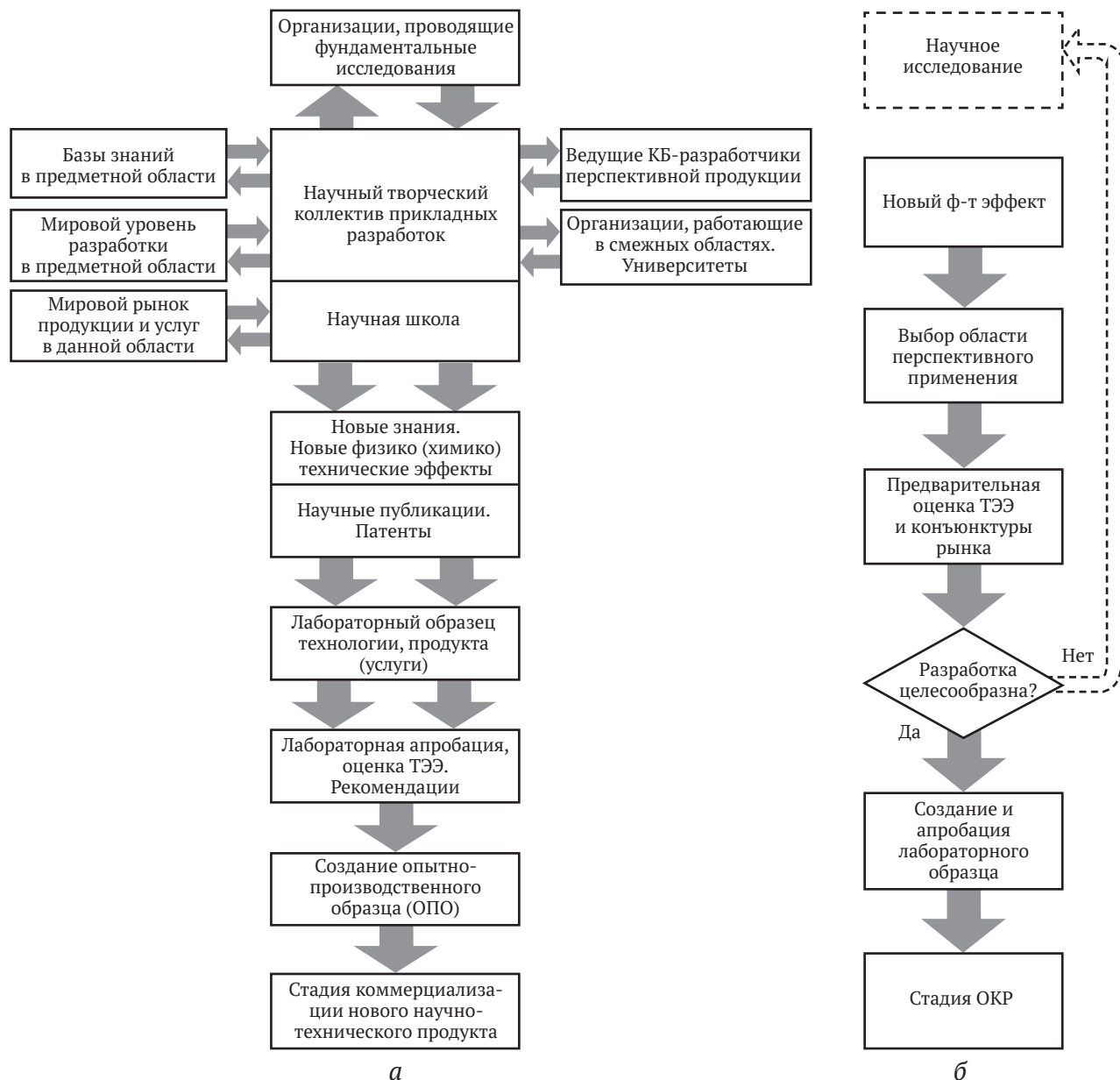


Рис. 3. Естественно-научный путь развития технологической науки:

а – алгоритм создания нового научного продукта (от научно-технической разработки до стадии его коммерциализации); б – итерационная цепочка процесса получения приемлемого решения

Fig. 3. Natural-scientific way of development of technological science: (a) an algorithm for creating a new scientific product (from scientific and technical development before the stage of its commercialization); (b) iterative chain of the process of obtaining an acceptable solution

В ряде случаев такое решение не очевидно, и приходится рассматривать и оценивать несколько решений-альтернатив с последующим выбором наилучшего варианта. На рис. 3, б показана одна из итерационных цепочек, описывающая процесс получения приемлемого технического решения. Эта работа сопровождается проведением лабораторных исследований на физических моделях, использованием математического моделирования. Как правило, на данном этапе удастся оценить предполагаемые технические характеристики объекта проектирования, произвести предварительную технико-экономическую оценку принятого технического решения.

Полученные данные позволяют разработать техническое задание на проектирование, которое служит основой для проведения этапа ОКР. Проводятся проектные и конструкторские работы, создается технологическая и конструкторская документация, изготавливают и испытывают макеты нового оборудования или технического устройства.

В исследованиях инновационной деятельности этап ОКР рассматривают как границу, за которой следует этап коммерциализации, в том числе маркетинг, тиражирование созданных виртуальных и материализованных нововведений, их расширенное внедрение в производство, продажа и пр. Обычно, из-за недостатка сил и средств на стадии коммерциализации научные школы участвуют опосредствованно (консультации, авторский надзор), и к делу привлекаются другие организации, входящие в инновационную среду.

Таким образом, научная школа в процессе своей деятельности производит технологические инновации и доводит их до стадии коммерциализации, руководствуясь двумя основными принципами:

- 1) внутренней логикой развития науки;
- 2) производственными (общественными) потребностями в достаточно узкой области предметной деятельности.

Поток нововведений, производимых научной школой и иными институтами организации совместной деятельности ученых, образует постоянно воспроизводимый рынок инноваций, обеспечивающий инновационную деятельность на последующих стадиях коммерциализации. Образно говоря, директивный путь развития науки обеспечивает управление инновационной деятельностью сверху вниз, а естественно-научный – снизу вверх. Очевидно, их разумное сочетание и регулирование является

необходимым условием успешной инновационной деятельности.

Вопрос о путях развития науки приобретает особое значение, когда нашей стране приходится догонять индустриально развитые страны в развитии новых перспективных направлений. Директивный подход и пренебрежение отечественным опытом создания научных школ приводит к прогрессивному отставанию, низким темпам получения и воспроизводства новых знаний, неэффективному использованию финансовых ресурсов. В качестве примера можно привести такое направление, как нанотехнологии, в развитие которого, как известно, вложены значительные государственные ресурсы. Возникает ряд вопросов, связанных с отсутствием мощных научных организаций – производителей новых знаний в этой области, современных высокоэффективных производств – производителей наукоемкой продукции, а также с соотношением вложенных средств и полученного результата.

Подобное может произойти и с новым направлением в технологии машиностроения – аддитивным производством изделий из металлов и сплавов. Около 20 лет понадобилось на создание координационных центров аддитивного производства. Выделены финансовые ресурсы, закуплено импортное оборудование. А вложены ли соизмеримые средства в развитие научных коллективов и школ в этой области? В настоящее время для развития аддитивного производства проводится комплекс мероприятий по обучению высококвалифицированных специалистов, разработке отечественных опытных образцов оборудования и сырья, а также разработке нормативной базы, регламентирующей аддитивные процессы и оборудование. Однако, оценивая темпы развития аддитивных технологий в России и за рубежом, наблюдается ошутимое отставание и потребность отечественных исследований и разработок в мощном технологическом скачке. Ведь без генерации новых знаний неизбежна закупка импортного оборудования, которое, кстати, морально и физически быстро устаревает и впоследствии потребует дополнительных значительных финансовых затрат при его замене или модернизации. Дальнейшее развитие аддитивных технологий обусловлено множеством факторов, в том числе социальными, экономическими, политическими, и для предупреждения деградации такого высокотехнологичного направления производства необходимо изменить путь развития науки в целом, для чего на текущий момент прилагаемых усилий недостаточно.

Заключение

По результатам проведенного анализа состояния и перспектив развития отечественной науки, а также тенденций распределения затрат на научные исследования и разработки, необходимо отметить следующее:

1. Статистические данные свидетельствуют о заметном снижении научного потенциала страны. Принимаемые правительством меры для стимулирования исследований и разработок в целях получения и применения новых знаний в ряде случаев не эффективны. Сохраняется порочная практика, когда конечным результатом НИР или НИОКР является бумажный отчет, научная ценность которого проблематична.

2. Развитие прикладной науки в России осуществляется, главным образом, директивным путем, а финансирование науки производится преимущественно из бюджетных средств. Естественно-научный путь развития технологической науки в должной степени не используется, государственная поддержка научных школ недостаточна, что в некоторых случаях приводит к их постепенной деградации. Кроме того, недооценка роли научных школ провоцирует риски неэффективного использования выделенных ресурсов и отставания страны в отдельных на-

правлениях развития техники и технологии, перспективность которых на начальных стадиях не очевидна.

3. Качественные и количественные результаты развития прикладной науки в области машиностроения за последние 30 лет нельзя признать удовлетворительными. Научный потенциал в этой области знаний заметно снизился, сократилось число научных школ, ослабли связи в цепочке «фундаментальная наука – прикладная наука – отраслевая наука – производство». По ряду перспективных направлений, в том числе в области аддитивных технологий и оборудования, Россия не входит в число мировых лидеров [18–22].

Таким образом, необходима программа государственной поддержки сохранившихся и вновь формирующихся научных школ, в первую очередь, связанная с восстановлением материально-технической базы для научных исследований и поддержанием ее на современном уровне. Такая поддержка может быть осуществлена, например, с использованием инструментария федеральных целевых программ. Опыт показывает, что привлечение для этой цели внебюджетных средств на данном этапе развития сложившейся социально-экономической системы в нашей стране не эффективно.

Список литературы

1. Индикаторы науки: 2021 / Гохберг Л.М., Дитковский К.А., Евневич Е.И. [и др.]. Стат. сб. НИУ ВШЭ. М.: НИУ ВШЭ; 2021. 352 с.
2. Россия в цифрах. 2020: крат. стат. сб. М.: Росстат; 2020. 550 с.
3. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Машиностроение в условиях инновационной парадигмы развития производственных систем / под науч. ред. Б.П. Саушкина. М.: Московский Политех; 2019. 340 с.
4. Рузавин Г.И. Методология научного познания: учеб. пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА; 2009. 287 с.
5. Иванов В.В. Стратегические направления модернизации: инновации, наука, образование. М.: Наука; 2012. 106 с.
6. Реорганизация Российской академии наук 2013. Хронология, мнения, протесты; наука в РАН. URL: <http://www.saveras.ru/archives/11666> (дата обращения 12.09.2021).
7. Ярошевский М.Г. Логика развития науки и научная школа. М.: Наука; 1977. 86 с.
8. Егеров Д.С., Егеров С.В., Ладный А.О. [и др.]. Ведущие научные школы: опыт 1996–2008 годов. *Управление наукой и наукометрия*. 2009;(8):241–264.
9. Павельева Т.Ю. К вопросу об идентификации научных школ. *Вестник Московского государственного областного университета. Сер. Философские науки*. 2011;(4):83–90.
10. Павельева Т. Ю. Научные школы в системе науки: философский анализ. Автореф. дисс. ... д-ра филос. наук. М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ «СТАНКИН»; 2012. 48 с.
11. Грезнева О.Ю. Научные школы: принципы классификации. *Высшее образование в России*. 2004;(5):42–43.
12. Дежина И.Г., Киселева В.В. Тенденции развития научных школ в современной России. М.: ИЭПП; 2008. 126 с.
13. Постановление Правительства РФ от 23 мая 1996 г. № 633 «О грантах Президента Российской Федерации для поддержки научных исследований молодых российских ученых – докторов наук и государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации».
14. Розов Н.Х. Понятие «научная школа» и проблема финансирования науки в России. *Педагогика*. 2007;(8):102–106.
15. Лукьянец В.А., Алмазова З.И., Бурмистрова Н.П., Газизьянов Р.Р., Киткаева С.А., Слыханова Н.В., Соболев А.Н., Софронов С.А. Физические эффекты в машиностроении: справочник. М.: Машиностроение; 1993. 226 с.

16. Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика. М.: Наука; 1977. 288 с.
17. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машгиз; 1955. 515 с.
18. Моргунов Ю.А., Полуянов В.С., Саушкин Б.П. Анализ динамики и выявление тенденций развития наукоемких технологий машиностроения. *Экономические стратегии*. 2017;(7):110–112.
19. Моргунов Ю.А. Инновационный потенциал и оценка резервов развития наукоемких технологий машиностроения. *Экономические стратегии*. 2019;(2):126–133.

20. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П., Шандров Б.В. Наукоемкость машиностроительного производства и его элементов. *Наукоемкие технологии в машиностроении*. 2019;(6):37–44.

21. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Технологии машиностроения в условиях новой модели экономического развития. *Ритм машиностроения*. 2018;(4):18–22.

22. Моргунов Ю.А. Наукометрический анализ развития наукоемких технологий физико-химической обработки. *Наукоемкие технологии в машиностроении*. 2017;(10):3–8. https://doi.org/10.12737/article_59d496ea793738.95693360

References

1. Science and Technology Indicators in the Russian Federation: 2021 / L.M. Gokhberg, K.A. Ditzkovsky, E.I. Evnevich [and others]. Moscow: High School of Economics; 2021. 352 p. (In Russ.).
2. Russia in numbers: 2020: Brief statistical collection. Moscow: Rosstat; 2020. 550 p. (In Russ.).
3. Morgunov Yu.A., Saushkin B.P. Engineering in the conditions of innovative paradigm of production systems development. Moscow: Mosk. Politekh; 2019. 340 p. (In Russ.).
4. Ruzavin G.I. Methodology of scientific knowledge. Moscow: YUNITI-DANA; 2009. 287 p. (In Russ.).
5. Ivanov V.V. Strategic directions of modernization: innovation, science, education. Moscow: Nauka; 2012. 106 p. (In Russ.).
6. Reorganization of the Russian Academy of Sciences 2013. Chronology, opinions, protests; science in the Russian Academy of Sciences. URL: <http://www.saveras.ru/archives/11666> (accessed 12.09.2021). (In Russ.).
7. Yaroshevskii M.G. Logic of development of science and scientific school. Moscow: Nauka; 1977. 86 p. (In Russ.).
8. Egerev D.S., Egerev S.V., Ladny A.O. [et al.]. Leading scientific schools: experience of 1996–2008. *Management of science and scientometrics*. 2009;(8):241–264. (In Russ.).
9. Pavel'eva T.Y. About the identification scientific schools. *Bulletin of the Moscow Regioi State University. Series: Philosophy*. 2011;(4):83–90. (In Russ.).
10. Pavel'eva T. Yu. Scientific schools in the system of science: a philosophical analysis. Summary Doct. Diss. (Philosophy). Moscow: FGBOU VPO "MGU "STANKIN"; 2012. 48 p. (In Russ.).
11. Grezneva O.Yu. Research schools: the principles of classification. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2004;(5):42–43. (In Russ.).
12. Dezhina I.G., Kiseleva V.V. Tendencies of development of scientific schools in modern Russia. Moscow: IEPP; 2008. 126 p. (In Russ.).
13. About grants of the President of the Russian Federation for supporting of scientific researches of young Russian scientists – doctors of sciences and the government's supporting of the leading scientific schools of the Russian Federation. May 23, 1996. No. 633: The Order of the Government of the Russian Federation. (In Russ.).
14. Rozov N.Kh. The concept of "scientific school" and the problem of financing of science in Russia. *Pedagogika = Pedagogy*. 2007;(8):102–106. (In Russ.).
15. Luk'yanets V.A., Almazova Z.I., Burmistrova N.P. and others. Physical effects in mechanical engineering. Handbook. Moscow: Mashinostroenie; 1993. 226 p. (In Russ.).
16. Kapitsa P.L. Experiment, theory, practice. Moscow: Nauka; 1977. 288 p. (In Russ.).
17. Sokolovskii A.P. Scientific bases of technology of engineering technology. Moscow: Mashgiz; 1955. 515 p. (In Russ.).
18. Morgunov Yu.A., Poluyanov V.S., Saushkin B.P. Analyzing Dynamics and Revealing Tendencies of High Technologies Development in Mechanical Engineering. *Economic strategies*. 2017;(7):110–112. (In Russ.).
19. Morgunov Yu.A. Innovative Potential and Assessing Reserves of the High-Tech Engineering Technologies Development. *Economic strategies*. 2019;(2):126–133. (In Russ.).
20. Morgunov Yu.A., Saushkin B.P., Shandrov B.V. Knowledge intensity if engineering production and its elements. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii = Science-intensive technologies in mechanical engineering*. 2019;(6):37–44. (In Russ.).
21. Morgunov Yu.A., Saushkin B.P. Morgunov Yu.A., Saushkin B.P. Mechanical engineering technologies in the context of a new model of economic development. *Rhythm of machinery*. 2018;(4):18–22. (In Russ.).
22. Morgunov Yu.A. Scientometric analysis of the development of science-intensive technologies of physico-chemical treatment. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii = Science-intensive technologies in mechanical engineering*. 2017;(10):3–8. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_59d496ea793738.95693360

Информация об авторах

Краснова Екатерина Витальевна – аспирант кафедры «Технологии и оборудование машиностроения», Московский политехнический университет, 107023, Москва, Б. Семеновская ул., д. 38, Российская Федерация; e-mail: katusha0112@yandex.ru

Моргунов Юрий Алексеевич – канд. техн. наук, профессор кафедры «Технологии и оборудование машиностроения», Московский политехнический университет, 107023, Москва, Б. Семеновская ул., д. 38, Российская Федерация; e-mail: morgunov56@mail.ru

Саушкин Борис Петрович – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Технологии и оборудование машиностроения», Московский политехнический университет, 107023, Москва, Б. Семеновская ул., д. 38, Российская Федерация; e-mail: sbp47@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3273-6042>

Шандров Борис Васильевич – канд. техн. наук, профессор, Московский политехнический университет, 107023, Москва, Б. Семеновская ул., д. 38, Российская Федерация

Information about the authors

Ekaterina V. Krasnova – Postgraduate student of Technology and Mechanic Engineering Equipment Department, Moscow Polytechnic University, 38 Bolshaya Semyonovskaya Str., Moscow 107023, Russian Federation; e-mail: katusha0112@yandex.ru

Yuriy A. Morgunov – PhD (Eng.), Professor of Technology and Mechanic Engineering Equipment Department, Moscow Polytechnic University, 38 Bolshaya Semyonovskaya Str., Moscow 107023, Russian Federation; e-mail: morgunov56@mail.ru

Boris P. Saushkin – Dr.Sc (Eng.), Professor, Professor of Technology and Mechanic Engineering Equipment Department, Moscow Polytechnic University, 38 Bolshaya Semyonovskaya Str., Moscow 107023, Russian Federation; e-mail: sbp47@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3273-6042>

Boris V. Shandrov – PhD (Eng.), Professor, Moscow Polytechnic University, 38 Bolshaya Semyonovskaya Str., Moscow 107023, Russian Federation

Поступила в редакцию 29.05.2021; поступила после доработки 28.08.2021; принята к публикации 05.09.2021

Received 29.05.2021; Revised 28.08.2021; Accepted 05.09.2021