



# ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

УДК 378

В.Л. БАСИНЮК, д-р техн. наук, проф.

Начальник НТЦ «Технологии машиностроения и технологическое оборудование» —  
заведующий лабораторией приводных систем и технологического оборудования<sup>1</sup>

E-mail: vladbas@mail.ru

В.Л. СОЛОМАХО, д-р техн. наук, проф.

профессор кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы»<sup>2</sup>

E-mail: vsolo@bntu.by

<sup>1</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 21.07.2021.

## ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Приведены результаты анализа подготовки кадров высшей квалификации в 2018–2020 годах в области машиностроения по специальностям, относящимся к компетенции экспертного совета (ЭС) № 18 ВАК Республики Беларусь, который показал, что наиболее успешно в диссертационных исследованиях решаются задачи в областях разработки технологий создания материалов, обладающих градиентно-ориентированными физико-механическими характеристиками; композиционных материалов и защитных покрытий с применением наноразмерных легирующих и модифицирующих материалов; полимерных материалов и технологий, а также разработки методик оценки долговечности стальных конструкций при их циклических нагружениях. Однако, несмотря на наличие современной материальной и экспериментальной базы на предприятиях Республики Беларусь, среди соискателей ученых степеней весьма незначительна доля представителей реального сектора экономики, подготовка которых могла бы внести научный и практический вклад в машиноведение и оказать существенную поддержку в решении задач обеспечения конкурентоспособности и ликвидности продукции, выпускаемой успешно функционирующими валобразующими отечественными предприятиями с производством, относящимся преимущественно к IV технологическому укладу. По факту основное число диссертационных работ в перечисленных областях выполнено специалистами учебных заведений и Национальной академии наук Беларуси, имеющих соответствующее направление деятельности и научно-исследовательское оборудование.*

**Ключевые слова:** диссертация, материалы, машиноведение, технологический уклад, подготовка кадров высшей квалификации

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2022-1-58-83-90>

**Введение.** Современная многоотраслевая структура промышленности Республики Беларусь, включающая автомобиле- и тракторостроение, станкостроение, инструментальную промышленность, точное электронное машиностроение, судостроение, была сформирована в СССР в рамках союзной

специализации и практически неограниченных возможностей использования производимого на его территории привозного для Беларуси сырья [1]. Успешное функционирование и высокий уровень развития предприятий этой структуры во многом опирались на научную базу научно-исследователь-

ских отраслевых институтов, большинство из которых находилось вне Республики Беларусь, а те, которые базировались у нас — ориентировались на потребности СССР и, к сожалению, не сохранились в исходном состоянии. Не менее важным фактором было наличие высококвалифицированных научных кадров и трудовых ресурсов [1].

В сложившейся к настоящему времени практике значительная часть высококвалифицированных специалистов сместилась в область быстроразвивающихся IT-технологий, а практически все остальные отрасли промышленности стали испытывать серьезный недостаток как в научном функционально ориентированном обеспечении, которое ранее в основном реализовывалось отраслевыми институтами, так и в кадрах высшей квалификации. Их подготовка стала осуществляться учебными заведениями и учреждениями Национальной академии наук Беларуси. При этом и те, и другие стали испытывать серьезный дефицит оборудования, на котором можно было проводить научно-практические исследования на современном уровне.

В течение всего предшествующего периода существенно изменялась мотивация подготовки специалистов высшей квалификации, поскольку и она стала существенно меньше по сравнению с такими сферами, как, например, IT-технологии.

В совокупности это серьезно отразилось на системе подготовки кадров высшей квалификации. При этом, с учетом реальных финансовых возможностей модернизации существующих производств, перед системой подготовки кадров высшей квалификации возникли следующие практико-ориентированные задачи:

- обеспечение поддержки конкурентоспособности и ликвидности продукции, выпускаемой успешно функционирующими, преимущественно валобразующими предприятиями Республики Беларусь;
- разработка перспективных технических решений для обеспечения возможностей развития отечественных предприятий с учетом особенностей технологических укладов [2–6] и концепции «Индустрия 4.0» (технологии «умных» заводов, ставших синонимом «Четвертой промышленной революции») [7–8], а также сырьевых и исторически сложившихся производственных возможностей Беларуси [9].

Необходимо отметить, что, как считает ряд авторов [2], «вложения в развитие технологий, пределы которых практически исчерпаны, ошибочны... Необходимы варианты, когда и техническая, и денежная отдача НИР положительны...», оценка возможности их применения требует специальных знаний, привлечения *технических специалистов* широкого профиля». Этим специалистам можно и целесообразно также формировать в рамках системы подготовки научных кадров высшей квалификации.

Цель исследований — проведение анализа результатов подготовки научных кадров высшей квалификации в области машиноведения в 2018–

2020 годах для последующей разработки рекомендаций по ее совершенствованию.

**Методика исследований.** В основу проведения исследований положены результаты анализа:

- состава специальностей и наличия советов по защите диссертаций по этим специальностям в области компетенции ЭС № 18;
- организационного обеспечения аттестации диссертационных работ в Республике Беларусь;
- информационного обеспечения аттестации диссертационных работ по тематике ЭС № 18;
- основных направлений исследований, в рамках которых велась подготовка диссертационных работ;
- взаимосвязи тематики проводимых исследований с технологическими укладами, концепцией «Индустрия 4.0» и валобразующими предприятиями Беларуси;
- подготовки диссертационных работ специалистами учебных заведений, академических институтов и специалистов реального сектора экономики.

**Результаты исследований и их обсуждение.**

**Организационное обеспечение аттестации диссертационных работ.** ЭС № 18 рассматривает диссертационные работы по 22 специальностям, в рамках которых в Республике Беларусь действуют 10 докторских и 2 кандидатских совета. Условно их можно разбить на четыре группы:

- 1 группа — 4 специальности (01.02.04, 05.02.23, 05.11.15, 05.16.02), по которым возможна защита только в форме разовой (защищено 3 диссертации);
- 2 группа — 11 специальностей (01.02.06, 01.04.07, 05.02.04, 05.02.09, 05.02.11, 05.02.13, 05.11.01, 05.16.01, 05.16.04, 05.16.05, 05.16.06), действуют только по одному совету и альтернативных советов по защите диссертаций нет (защищено 18 диссертаций);
- 3 группа — 6 специальностей (05.02.07, 05.02.08, 05.02.10, 05.11.13, 05.16.08, 05.16.09), по которым действуют по два альтернативных совета по защите диссертаций (защищено 29 диссертаций);
- 4 группа — 1 специальность (05.02.02), по которой действуют 3 альтернативных совета по защите диссертаций (защищено 3 диссертации).

Количественные значения защиты диссертаций по приведенным выше группам специальностей за 2018–2020 годы приведены на рисунке 1.

За период с 2018 по 2020 год в ЭС № 18 рассмотрены 53 диссертационные работы по 22 научным специальностям, результаты количественного анализа которых приведены на рисунке 2.

В настоящее время в Министерстве образования Республики Беларусь функционируют 7 советов, в НАН Беларуси — 5 советов по защите диссертаций. За последние три года продлены сроки полномочий четырех советов по защите диссертаций. Деятельность одного совета — Д 02.05.13 при Белорусском национальном техническом университете — прекращена в связи с отсутствием защит и подготовки кадров по специальностям совета.

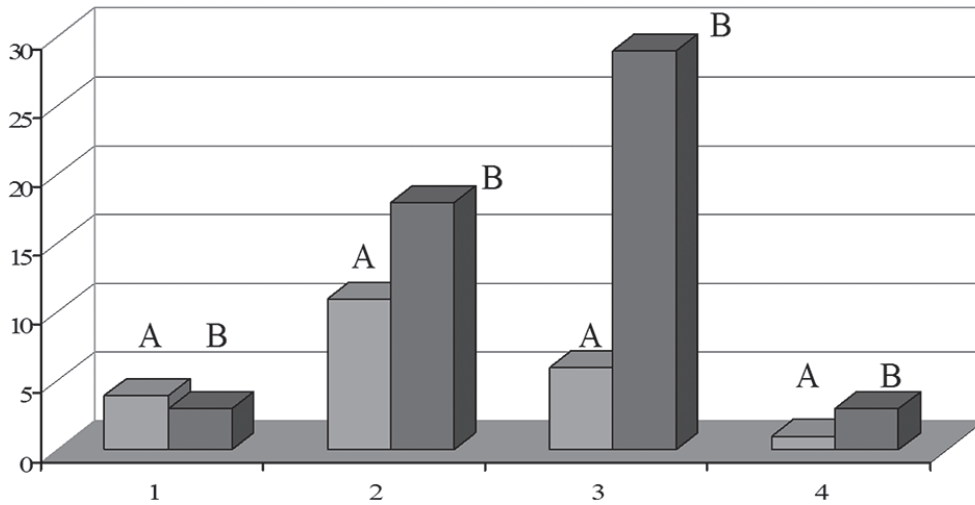


Рисунок 1 — Количество специальностей в группах (А) и защиты диссертаций (В) за 2018–2020 год  
Figure 1 — Number of specialties in groups (A) and dissertation defense (B) for 2018–2020

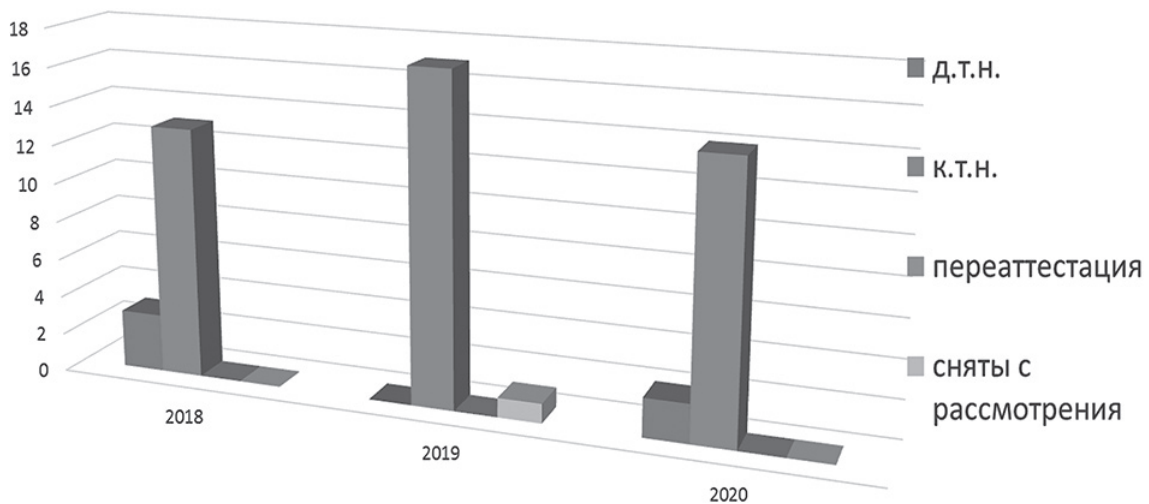


Рисунок 2 — Результаты количественного анализа диссертационных работ, рассмотренных ЭС № 18 за 2018–2020 год  
Figure 2 — Results of quantitative analysis of dissertations reviewed by Expert Council No. 18 for 2018–2020

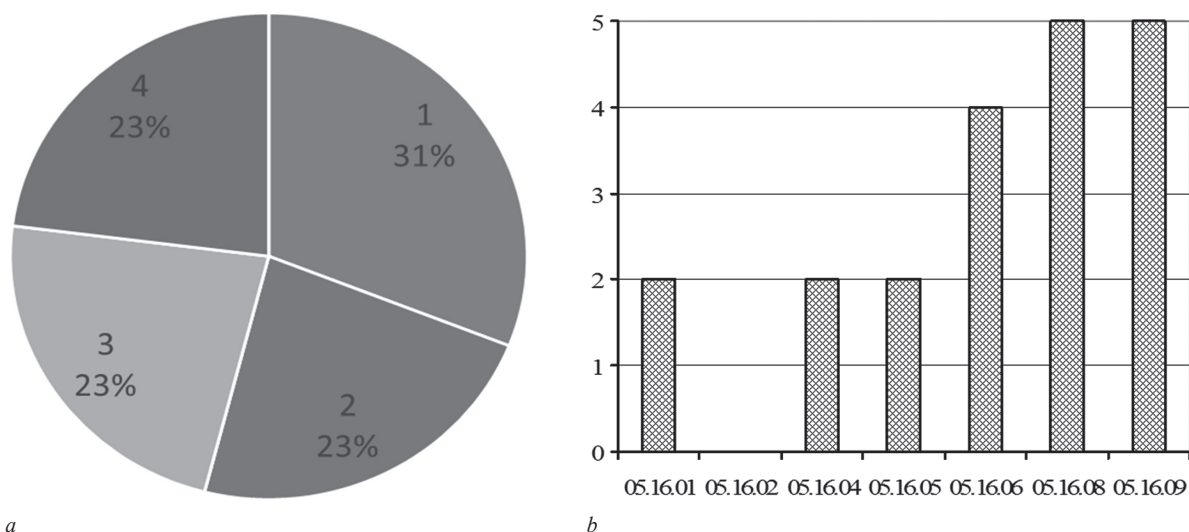
В ВАК Республики Беларусь проводится постоянное совершенствование нормативно-методического обеспечения аттестации диссертационных работ. Так в ЭС № 18 в 2018–2020 годах были разработаны паспорта по специальностям: 05.16.08 — «Наноматериалы и нанотехнологии (по отраслям)»; 05.11.06 — «Акустические приборы и системы»; 05.11.10 — «Приборы и методы для измерения ионизирующих излучений, и рентгеновские приборы».

**Информационное обеспечение аттестации диссертационных работ по тематике ЭС № 18.** В настоящее время результаты диссертационных исследований по специальностям ЭС № 18 могут быть опубликованы соискателями в 14-ти Республиканских изданиях, включенных в соответствующие Перечни ВАК научных изданий Республики Беларусь и России:

- «Доклады Национальной академии наук Беларуси»;
- «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук»;

- «Трение и износ»;
- «Механика машин, механизмов и материалов»;
- «Наука и техника»;
- «Полимерные материалы и технологии»;
- «Машиностроение» (Россия);
- «Вестник Белорусско-Российского университета»;
- «Актуальные вопросы машиноведения»;
- «Литье и металлургия»;
- «Порошковая металлургия»;
- «Металлургия» (Россия);
- «Теоретическая и прикладная механика»;
- «Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого».

Анализ основных направлений исследований по специальностям ВАК Республики Беларусь, относящимся к области машиностроения и компетенции ЭС № 18 показал, что наибольшее число НИР при подготовке специалистов высшей квалификации осуществляется в области разработки методов модифицирования материалов и покрытий (рисунок 3), в том числе с использованием нанотехнологий. В основном эти исследования были



**Рисунок 3** — Структура диссертаций, защищенных в области машиностроения за 2018–2020 годы: 1 — наноматериалы и нанотехнологии, материаловедение и металлургия (специальности — 05.16.01; 05.16.02; 05.16.04; 05.16.05; 05.16.06; 05.16.08; 05.16.09); 2 — машиноведение, динамика и прочность машин (специальности — 01.02.04; 01.02.06; 01.04.07; 05.02.02; 05.02.04); 3 — современные технологии и оборудование (специальности — 05.02.07; 05.02.08; 05.02.09; 05.02.10; 05.02.13); 4 — стандартизация, метрология и диагностика (специальности — 05.02.11; 05.02.23; 05.11.01; 05.11.06; 05.11.10; 05.11.13; 05.11.15)

**Figure 3** — Structure of dissertations defended in the field of mechanical engineering for 2018–2020: 1 — nanomaterials and nanotechnology, materials science and metallurgy (specialties — 05.16.01; 05.16.02; 05.16.04; 05.16.05; 05.16.06; 05.16.08; 05.16.09); 2 — machine science, dynamics and strength of machines (specialties — 01.02.04; 01.02.06; 01.04.07; 05.02.02; 05.02.04); 3 — modern technologies and equipment (specialties — 05.02.07; 05.02.08; 05.02.09; 05.02.10; 05.02.13); 4 — standardization, metrology and diagnostics (specialties — 05.02.11; 05.02.23; 05.11.01; 05.11.06; 05.11.10; 05.11.13; 05.11.15)

ориентированы на повышение физико-механических свойств и функциональных возможностей материалов и покрытий. Как правило, эти исследования выполнялись в рамках государственных программ научных исследований, таких как «Полимерные материалы и технологии», «Полимеры и композиты», «Материалы в технике», «Композиционные материалы», «Функциональные и композиционные материалы, наноматериалы», «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», а также при выполнении программ Союзного государства «Космические исследования», «Космос-СГ», «Космос-НТ».

В основном диссертационные исследования проводились в инновационных направлениях научных исследований, включающих:

- в области машиноведения, динамики и прочности машин:

- системы анализа процессов деформирования и разрушения конструктивных элементов при наличии концентраторов напряжений и в условиях циклических нагрузений;
- методики оценки долговечности стальных конструкций с локальными дефектами при их циклических нагрузениях;
- методы обеспечения стабильных эксплуатационных характеристик машин на базе систем многопараметрического мониторинга;
- управление параметрами механических колебаний для увеличения точности и повышения эксплуатационной надежности прецизионных приводов линейных координатных систем;

- в области стандартизации, метрологии и диагностики:

- расчет и проектирование средств контроля геометрических параметров и физико-механических характеристик веществ, материалов и изделий;
- методы и средства измерений радиационных излучений в почвах и донных отложениях;
- средства мониторинга сложных технических систем на основе оптических волноводных структур.

Средний возраст соискателей, которым были присвоены ученые степени кандидатов наук, составил ~37 лет, докторов наук — 52,7 лет. Данные по возрастным группам приведены в таблице 1, по министерствам и ведомствам — в таблице 2.

По итогам конкурса на лучшие докторскую и кандидатскую диссертации в номинации «по техническим и сельскохозяйственным наукам» за 2020 год победителями стали ученые, работающие в этой области:

- среди докторов наук — Минько Д.В. с темой диссертации «Теоретические и технологические основы получения функционально-градиентных материалов импульсными электрофизическими методами» (специальность 05.02.07 — технология и оборудование механической и физико-технической обработки);
- среди кандидатов наук — Жуковский А.И. с темой диссертации «Методы и средства для локальных *in situ* измерений активности  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и донных отложениях» (специальность 05.11.10 — приборы и методы для измерения ионизирующих излучений и рентгеновские приборы).

**Практикоориентированность диссертационных работ.** В настоящее время к оценке уровня технологии производства и тенденций его развития очень условно могут быть использованы два взаимосвязанных подхода:



**Таблица 1 — Возрастные группы соискателей ученых степеней кандидатов и докторов наук**  
**Table 1 — Age groups of applicants for academic degrees of Ph. D. and D. Sc.**

Возрастная группа	Кандидаты технических наук	Доктора технических наук
< 30	4	—
30...40	31	1
40...50	7	1
50...60	1	2
> 60	—	2

**Таблица 2 — Распределение соискателей ученых степеней кандидатов и докторов наук по министерствам и ведомствам**  
**Table 2 — Distribution of applicants for academic degrees of Ph. D. and D. Sc. by ministries and authorities**

Министерство образования Республики Беларусь	57 %
Национальная академия наук Беларуси	32 %
Другие Министерства и ведомства	11 %

- принадлежность к тому или иному технологическому укладу, т. е. наличие того или иного комплекса «сопряженных технологических совокупностей на однородной технической базе, образующих на макроуровне воспроизводственный контур» [6];

- тенденции развития в направлении реализации концепции «Индустрия 4.0».

Необходимо отметить, что, по меньшей мере, четыре из первой десятки основных валообразующих предприятий Беларуси, в частности ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Гомсельмаш» и ОАО «БЕЛАЗ» — управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» [9], могут быть отнесены к преобладающему на территории СНГ IV технологическому укладу, для которого характерно массовое производство автомобилей, тракторов, продукции народного потребления, а также широкое использование компьютерной техники и связанных с ней программных продуктов. Для этих производств достаточно характерно наличие значительного числа работающих на предприятии, т. е. его сохранение имеет существенное социальное значение, как в настоящем, так и в обозримом будущем. При этом, вследствие открытости рынков, конкуренция в этой сфере постоянно растет с одновременным ростом требований к выпускаемой продукции.

К V технологическому укладу, для которого характерны «технологии, используемые в микроэлектронной промышленности, вычислительной, оптико-волоконной технике, программном обеспечении, телекоммуникациях, роботостроении, ... производстве, основанном на использовании ... новых материалов с заданными свойствами» [10] из предприятий Беларуси можно выделить ОАО «Интеграл», ОАО «Пеленг», ОАО «Планар». Для них

характерен выпуск наукоемкой продукции со значительной добавленной стоимостью. Однако они не входят в ТОП-10 валообразующих предприятий Беларуси, имеющих значительное число сотрудников и большой объем продукции в денежном выражении.

Для VI технологического уклада характерны нанотехнологии, в частности, наноэлектроника, наноматериалы и наноструктурированные покрытия. Эту область, с позиций промышленного использования, в большей мере можно отнести к перспективной как для Беларуси, так и СНГ в целом.

Для концепции «Индустрия 4.0» характерно широкое применение киберфизических систем в производстве, его роботизация и цифровизация с использованием искусственного интеллекта. Ее реализация во многом базируется на исследованиях и разработках V технологического уклада и может в полной мере затрагивать как IV, так и VI уклады.

Направленность основного содержания и количественное распределение диссертационных работ с позиций приведенных выше технологических укладов представлены в таблице 3 и на рисунке 4.

Анализ приведенных выше данных показывает, что диссертационные работы в области машиностроения по специальностям, входящим в компетенцию ЭС № 18, в основном ориентированы на расширение возможностей создания и постепенной переориентации существующих производств на технологии V–VI технологических укладов, перспективных для Беларуси с позиций наличия достаточно высокого профессионального потенциала специалистов, ограниченных внутренних сырьевых ресурсов и объективной потребности ориентирования на выпуск наукоемкой продукции с большой добавленной стоимостью. Вместе с тем, сегодня отсутствуют диссертационные работы по таким инновационным направлениям

**Таблица 3 — Распределение тематики и основного содержания диссертационных работ с позиций приведенных выше технологических укладов**

**Table 3 — Distribution of the topics and the main content of dissertations from the standpoint of the above technological paradigms**

V технологический уклад	VI технологический уклад
средства контроля параметров систем, технологии в области приборостроения и робототехники	нанотехнологии
поликомпонентные композиционные материалы	производство наноматериалов и наноразмерных структур
аэрокосмические технологии	получение сверхтвердых материалов, их изготовление и испытания
материалы с применением наноразмерных упрочняющих фаз и лигатур	—



Рисунок 4 — Количественное распределение диссертационных работ с позиций их отнесения к технологическим укладам  
Figure 4 — Quantitative distribution of dissertations from the standpoint of their attribution to technological paradigms

исследований, как аддитивные технологии и оборудование для их реализации, техническая поддержка производства системами автоматизированного проектирования операций механической обработки.

Существенно меньшее число диссертационных работ ориентировано на развитие производства и поддержание конкурентоспособности наиболее широко используемой в народном хозяйстве продукции, выпускаемой в основном валобразующими промышленными предприятиями IV технологического уклада, на которых работает значительное число трудоспособного населения Беларуси. Необходимо отметить, что наиболее эффективное решение этих задач может быть осуществлено путем проведения совместных исследований и разработок специалистами институтов Национальной академии наук Беларуси, учебных заведений и работающими непосредственно на производстве сотрудниками предприятий реального сектора экономики. Однако в этой области сегодня защищается наименьшее число работ (~11 %). Это может быть обусловлено сложностью совмещения работы на производстве и проведения исследований в рамках подготовки диссертаций, а также одинаковыми высокими требованиями и достаточно большим, во многом сегодня почти неподъемным, для работающих на производстве, объемом работ по оформлению диссертаций и сопровождающих их защиту документов. Вместе с тем, ряд таких предприятий, как ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «БЕЛАЗ» — управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», ОАО «Планар» владеют испытательным и производственным оборудованием, не имеющим аналогов в учебных заведениях и академических институтах, при правильном использовании которого могут быть получены уникальные данные, обладающие значительной научной и практической ценностью, в том числе для самих предприятий. На этом оборудовании эффективно и достаточно быстро может быть сформирована экспериментальная часть диссертационных исследований.

**Заключение.** Анализ результатов системы подготовки кадров высшей квалификации в обла-

сти машиноведения по специальностям, относящимся к компетенции ЭС № 18 ВАК Республики Беларусь, показал следующее:

- наиболее успешно в диссертационных исследованиях решаются задачи в области технологий создания материалов, обладающих градиентно-ориентированными физико-механическими характеристиками; композиционных материалов и защитных покрытий с применением наноразмерных легирующих и модифицирующих материалов; полимерных материалов и технологий, а также разработки методик оценки долговечности стальных конструкций при их циклических нагрузках;
- основное число выполняемых диссертационных работ можно отнести к перспективным, ориентированным на расширение возможностей создания и постепенной переориентации существующих производств на технологии V–VI технологических укладов, однако в тематике этих работ отсутствуют такие инновационные направления исследований, как аддитивные технологии и оборудование для их реализации, техническая поддержка производства системами автоматизированного проектирования операций механической обработки;
- основное число диссертационных работ в области машиноведения выполнено специалистами учебных заведений и Национальной академии наук Беларуси, имеющих соответствующее направление деятельности и научно-исследовательское оборудование;
- несмотря на наличие современной материальной и экспериментальной базы среди соискателей ученых степеней незначительна доля представителей реального сектора экономики, подготовка которых могла бы внести значительный научный и практический вклад в развитие машиностроения в нашей республике и оказать существенную поддержку в решении задач обеспечения конкурентоспособности и ликвидности продукции, выпускаемой успешно функционирующими валобразующими отечественными предприятиями.

#### Список литературы

1. Общая характеристика хозяйства Республики Беларусь. Машиностроительный комплекс [Электронный ресурс]. —

- Режим доступа: [https://vuzlit.ru/1066813/mashinostroitelnyy\\_kompleks](https://vuzlit.ru/1066813/mashinostroitelnyy_kompleks). — Дата доступа: 15.07.2021.
2. Технологическиеклады в экономике [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberpedia.su/3x7675.html>. — Дата доступа: 19.07.2021.
  3. Технологическиеклады и их характеристика. Технологическиеклады в экономической структуре [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://vuzlit.ru/1982546/tehnologicheskie\\_uklady\\_ekonomicheskoy\\_strukture](https://vuzlit.ru/1982546/tehnologicheskie_uklady_ekonomicheskoy_strukture). — Дата доступа: 15.07.2021.
  4. Сергеев, Е. Стратегия новой индустриализации России: автоматизация, роботизация, нанотехнологии / Е. Сергеев. — М.: Литагент Ридеро, 2016. — 178 с.
  5. Технологическийклад [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://vuzlit.ru/706301/tehnologicheskij\\_uklad](https://vuzlit.ru/706301/tehnologicheskij_uklad). — Дата доступа: 16.07.2021.
  6. Четвертая промышленная революция [Электронный ресурс] // Википедия. — Режим доступа: <https://clck.ru/EJz4W>. — Дата доступа: 19.07.2021.
  7. Четвертая промышленная революция. Популярно о главном технологическом тренде XXI века [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://clck.ru/PEhak>. — Дата доступа: 16.07.2021.
  8. Составлен Топ-10 основных валообразующих предприятий Беларуси [Электронный ресурс] // Экономика.by: аналитика от Macrocenter. — Режим доступа: <https://www.ekonomika.by/gosregulirovanie/otsenka-programm-i-reguliruyushchegovozdeystviya/sostavlen-top-10-osnovnykh-valoobrazuyushchikh-predpriyatij-belarusi>. — Дата доступа: 19.07.2021.
  9. Отраслевая структура национальной экономики Беларуси [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://lektsia.com/13x38ac.html>. — Дата доступа: 19.07.2021.
  10. Промышленный комплекс [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://helpiks.org/8-56801.html>. — Дата доступа: 19.07.2021.

**BASINIUK Vladimir L., D. Sc. in Eng., Prof.**

Chief of the R&D Center “Mechanical Engineering Technologies and Processing Equipment” —  
Head of the Laboratory of Gearing Systems and Processing Equipment<sup>1</sup>  
E-mail: vladbas@mail.ru

**SOLOMAKHO U.L., D. Sc. in Eng., Prof.**

Professor of the Department “Standardization, Metrology and Information Systems”<sup>2</sup>  
E-mail: vsolo@bntu.by

<sup>1</sup>Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Received 21 July 2021.

## TRAINING OF HIGHLY QUALIFIED PERSONNEL IN THE FIELD OF MECHANICAL ENGINEERING

*The article presents the analysis results of highly qualified personnel training in 2018–2020 in the field of mechanical engineering in the specialties falling within the competence of the Expert Council No. 18 of the Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus, which showed that the most successful tasks in dissertation research are solved in the areas of developing technologies for creating: materials with gradient-oriented physical and mechanical characteristics; composite materials and protective coatings using nanoscale alloying and modifying materials; polymer materials and technologies, as well as the development of methods for assessing the durability of steel structures under their cyclic loads. However, despite the presence of a modern material and experimental base at the enterprises of the Republic of Belarus, among the applicants for academic degrees, there is a very small proportion of representatives of the real sector of the economy, training of which could make a scientific and practical contribution to machine science and provide significant support in solving the problems of ensuring the competitiveness and liquidity of products produced by successfully functioning major GDP generating domestic enterprises with production belonging mainly to the fourth technological paradigm. In fact, the main number of dissertations in these areas were executed by specialists of educational institutions and the National Academy of Sciences of Belarus, which have the appropriate field of activity and research equipment.*

**Keywords:** *dissertation, materials, machine science, technological paradigm, training of highly qualified personnel*

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2022-1-58-83-90>

## References

1. *Mashinostroitelnyy kompleks* [Machine-building complex]. Available at: [https://vuzlit.ru/1066813/mashinostroitelnyy\\_kompleks](https://vuzlit.ru/1066813/mashinostroitelnyy_kompleks) (accessed 15 July 2021) (in Russ.).
2. *Tekhnologicheskie uklady v ekonomike* [Technological paradigms in the economy]. Available at: <https://cyberpedia.su/3x7675.html> (accessed 19 July 2021) (in Russ.).
3. *Tekhnologicheskie uklady v ekonomicheskoy strukture* [Technological paradigms in the economic structure]. Available at: [https://vuzlit.ru/1982546/tehnologicheskie\\_uklady\\_ekonomicheskoy\\_strukture](https://vuzlit.ru/1982546/tehnologicheskie_uklady_ekonomicheskoy_strukture) (accessed 15 July 2021) (in Russ.).
4. Sergeev E. *Strategiya novoy industrializatsii Rossii: avtomatizatsiya, robotizatsiya, nanotekhnologii* [Strategy of the new industrialization of Russia: automation, robotics, nanotechnology]. Moscow, Litagent Ridero Publ., 2016. 178 p. (in Russ.).
5. *Tekhnologicheskyy uklad* [Technological paradigm]. Available at: [https://vuzlit.ru/706301/tehnologicheskyy\\_uklad](https://vuzlit.ru/706301/tehnologicheskyy_uklad) (accessed 16 July 2021) (in Russ.).
6. *Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya* [The Fourth Industrial Revolution]. Available at: <https://clck.ru/EJz4W> (accessed 19 July 2021) (in Russ.).
7. *Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya. Populyarno o glavnom tekhnologicheskoye trende XXI veka* [The Fourth Industrial Revolution. In layman's terms about the main technological trend of the XXI century]. Available at: <https://clck.ru/PEXak> (accessed 16 July 2021) (in Russ.).
8. *Sostavlen Top-10 osnovnykh valoobrazuyushchikh predpriyatij Belarusi* [The Top 10 main major GDP generating enterprises of Belarus be compiled]. Available at: <https://www.ekonomika.by/gosregulirovanie/otsenka-programm-i-reguliruyushchego-vozdjstviya/sostavlen-top-10-osnovnykh-valoobrazuyushchikh-predpriyatij-belarusi> (accessed 19 July 2021) (in Russ.).
9. *Otraslevaya struktura natsionalnoy ekonomiki Belarusi* [Sectoral structure of the national economy of Belarus]. Available at: <https://lektsia.com/13x38ac.html> (accessed 19 July 2021) (in Russ.).
10. *Promyshlennyy kompleks* [Industrial complex]. Available at: <https://helpiks.org/8-56801.html> (accessed 19 July 2021) (in Russ.).