

ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК

№ 1 (78)
январь – март
2018

Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал
Издается с июля 1998 года
Выходит один раз в три месяца

Учредитель: Общественное объединение
«Белорусское общество инженеров-механиков»
(ОО «БОИМ»)

Главный редактор Чижик С.А.

Редакционная коллегия: Андреев М.А., Дашков В.Н.,
Дубовик Д.А., Дюжев А.А., Захарик А.М.,
Колпашиков В.Л., Крупец Л.Н., Лягушев Г.С.,
Мариев П.Л., Медвецкий Е.И., Мелешко М.Г.

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Ф. Скорины, 52/6
тел./ факс 262-64-28; 264-00-80

E-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс **00139**

Компьютерная верстка Н.В. Побяржина

Подписано в печать 20.03.2018.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.

Тираж 100 экз. Заказ №

Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ЧПТУП
«Колорград»

Лицензия ЛП № 02330/474 от 08.09.2015 г.

220033, г. Минск, пер. Велосипедный, 5, оф. 904.

www.segment.by

СОДЕРЖАНИЕ

Материалы конференций и семинаров

Императивы новой промышленной революции и интеллектуализации общества.....3

Инновационные отрасли завтрашнего дня.....9

Промышленность и наука – мощный тандем для экономического роста.....15

Физика и информатика в технологиях будущего.....20

Цифровое производство – точка опоры.....25

Наука как миссия человека во вселенной.....34

Основные показатели состояния и развития науки.....37

Разработки ученых и специалистов

Восстановление распределительных валов автомобильных двигателей электродуговым напылением.....38

Сборные токарные резцы с рифлеными вставками из ПСТМ для обработки деталей из труднообрабатываемых материалов.....41

Проектирование штангового транспортёра для удаления стружки из цеха с целью снижения его энергоёмкости.....44

II Съезд ученых Беларуси прошел в Минске 12-13 декабря.

Участие в форуме принял Глава государства. Вместе с Президентом делегаты обсудили приоритеты долгосрочного развития. Безусловно, говорили и о проблемах. Немало дискуссий было посвящено трудностям внедрения научных разработок, как избежать утечки кадров. Интеллектуальную элиту Глава государства ориентировал на решение актуальных проблем в АПК, модернизации компаний и других сферах экономики. Александр Лукашенко заверил: конструктивные инициативы и прорывные идеи ученые государство всегда поддержит.

Множество обсуждений было сосредоточено вокруг ключевого документа форума - проекта стратегии "Наука и технологии". В нем определена будущая модель страны - "Беларусь интеллектуальная". Ее ключевые компоненты: цифровая экономика и создание IT-страны.

Научно-практический журнал "Наука и инновации" подготовил специальный выпуск "Создавая фундамент будущего", посвященный материалам II Съезда ученых Беларуси.

Мы публикуем часть из них.

Редакция журнала





ИМПЕРАТИВЫ НОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА

*Владимир Гусаков,
Председатель Президиума НАН Беларуси, академик*

Национальная академия наук – уникальная сфера для генерирования новых научных идей и инновационных решений. Сегодня она концентрирует самый элитный научный потенциал и работает в контексте мировых исследований. При правильной постановке задач и создании действенных стимулов перед учеными Академии наук не существует проблем в решении любых по сложности задач. Достаточно посмотреть на результаты в различных областях, чтобы убедиться в сказанном. Это разработка офисного суперкомпьютера, способного выполнять до 20 трлн операций в секунду; проведение широкого круга

человека, дающей возможность редактировать генный механизм; создание серии высокоэффективных лекарственных препаратов на основе собственного синтеза; создание многих сортов сельскохозяйственных растений и всей линии сельскохозяйственных машин, позволяющих исключить импорт, занимающих доминирующее положение на внутреннем рынке и формирующих немалый экспортный потенциал. И этот ряд можно продолжать.

Однако это уже результаты состоявшейся науки, то есть результаты прошлого научного труда. Но еще больший интерес вызывают те сферы, которые формируют науку будущего. Так, Академия наук формирует базис таких новых отраслей, как биосфера и биотехнологии, наноиндустрия, композиционные материалы и аддитивные технологии, современные энергетические системы и др. В этой

Мир стоит на пороге глобальных изменений, в основе чего – суперинтеллектуальное пространство и общество, которое предлагается называть Общество 5.0

космических исследований, запуск спутника дистанционного зондирования земли, управление им и работа над новым – с уникальными характеристиками; создание собственной полярной станции в Антарктиде и выполнение широкого круга сложнейших исследований; разработка макета электромобиля и малого персонального электротранспорта, открывающего немалые возможности рыночных продаж, а также разработка собственного супернакопителя энергии; создание белорусской национальной системы идентификации маркирования и сопровождения товаров и транспортных средств, что позволяет избежать фальсификации; разработка ДНК-паспортизации

связи важен поиск новых идей и решений. Для таких целей в Академии наук создано множество поисковых кластеров в различных сферах науки, которые призваны определять направления прорывных исследований еще до формирования фундаментальной тематики и проблематики. То есть они задают векторы фундаментальных исследований, где возможны крупные результаты, и позволяют исключить безрезультатные научные поиски.

Одним из перспективных направлений, которое сейчас активно развивается в мире, является информатизация. Надо сказать, что это достаточно широкая сфера, охватывающая такие поня-

тия, как создание информационных технологий, разработка искусственного интеллекта и базы для цифровой экономики, формирование системы роботизации промышленности, образование целой инфраструктуры технических средств по мехатронике, создание сферы промышленного Интернета и др. Здесь перспективы для ученых Национальной академии наук только открываются.

Поэтому дальнейший разговор в данной статье пойдет вокруг проблематики формирования основы для перехода к новой промышленной революции и для последовательной информатизации и интеллектуализации общества, которые будут определять научно-технический прогресс в мире, в том числе в Беларуси, в течение ближайших десятилетий.

Надо подчеркнуть, что ускоренное становление искусственного интеллекта, широкая роботизация промышленности, внедрение Интернета вещей (Internet of Things – IoT), способного превращаться в Интернет всего (Internet of Everything – IoE), становление цифровой экономики образуют базу перехода к четвертой промышленной рево-

Беларусь должна быть нацелена на сквозное комплексное развитие информационных технологии и искусственного интеллекта

люции, называемой Индустрия 4.0. Мир стоит на пороге глобальных изменений, в основе чего – суперинтеллектуальное пространство и общество, которое предлагается называть Обществом 5.0.

Конечно, впервые поименование процесса перехода к новой промышленной революции под термином «Индустрия 4.0» появилось в Германии, а формирование интеллектуального общества в форме Общества 5.0 – в Японии. В этой связи некоторые отечественные исследователи и специалисты стали предлагать ввести свою белорусскую терминологию, отвечающую национальным особенностям индустриализации и интеллектуализации. Но изучение показало, что этапность развития белорусской промышленности и общественного развития почти ничем не отличается от этапности этих процессов в Германии или Японии, которые в настоящее время служат образцами промышленной инновационности и общественной рациональности. Поэтому полагаем, что вводить в этих областях куку-то свою, отличительную белорусскую терминологию совсем необязательно. В противном случае это может лишь привести к путанице в

понятиях и усложнить применение сравнительных критериев и показателей. Беларуси важно заниматься не столько самоидентификацией промышленного и общественного развития, сколько выработкой стратегии и тактики быстрого выравнивания темпов и показателей промышленного и общественного прогресса с развитыми странами, конечно, с учетом некоторых национальных и региональных особенностей.

Итак, эволюция социально-экономических парадигм в мире имеет глубокую историю. Известно, что Общество 1.0 и Общество 2.0 связаны с развитием животноводства, растениеводства, ирригации и ремесла, приобретением оседлого образа жизни и созданием первых поселений, включая иерархическое устройство управленческой системы. Эти образования принято называть в основном аграрными обществами, но их прогресс обусловлен достижениями ремесла и промышленности. В данной связи Общество 3.0 стало возможным в результате индустриальной революции, в том числе – изобретения парового двигателя, а также массового использования промышленного производства. Четвертая ступень социально-экономического развития – Общество 4.0 – это период компьютеров и распространения компьютеризации. Компьютеры, программное обеспечение и роботы обеспечили оптимизацию и рационализацию производственных процессов и информатизацию экономики. Общество 5.0, о котором сейчас много разговоров, логически следует за информационным обществом, оно означает широкое становление экономики знаний и ее интеллектуализацию. Так, Общество 5.0 будет представлять не только рационализацию производства и ресурсов, но и оптимизацию и интеллектуализацию всей инфраструктуры развития социума – производственной, социальной, потребительской, информационной, образовательной, окружающей среды, коммуникационной и т.п.

Как известно, последними достижениями в ИТ-индустрии явились Интернет вещей и Интернет всего, которые позволяют создать систему сквозных и всеобщих информационных связей. Фантастические возможности возникают при использовании вместе с этими технологиями больших массивов информации, или Big Data. Это, если так можно выразиться, базовая составляющая Общества 5.0. Но по сути Общество 5.0 распространяет свое влияние гораздо дальше отраслей промышленности, охватывает все сферы

функционирования социума и формирует знания о перспективах государства. Следовательно, надо полагать, что Индустрия 4.0 станет частью Общества 5.0, но эти понятия тесно взаимосвязаны и неразделимы. Хотя в рамках Общества 5.0 создаются условия для взаимодействия социума, промышленности и интеллектуализации, которое называется киберфизическими технологиями.

Предполагается, что информация обо всех процессах, происходящих в стране, включая различные отрасли экономики и сферы производства, в виде Big Data через IoT и IoE будет отправляться в киберпространство. Высочайшие технологии искусственного интеллекта проанализируют эту информацию, найдут эффективное решение для общества (социума) и различных отраслей промышленности, включая финансовые и материальные ресурсы, и вернут обратно в реальное пространство. Как видим, все сводится к масштабам внедрения новейших цифровых технологий. Именно в этом состоит основное различие между Индустрией 4.0 и Обществом 5.0. В последнем цифровые технологии будут охватывать все сферы функционирования социума, а не только промышленность. Однако применение цифровых технологий должно основываться на высоких достижениях искусственного интеллекта. Ведь от уровня искусственного интеллекта зависит обработка Big Data и выработка решений, которые также станут генерироваться в киберпространстве. Вместе с тем надо осознавать, что для освоения IoT и IoE необходима развитая инфраструктура информационно-коммуникационных технологий, например соответствующие блоки и линии связи, Wi-fi, включая сети нового поколения 5G.

Искусственный интеллект – это новая ступень развития общества, в связи с чем потребуются создавать многоуровневые ИТ-системы. От этого станут зависеть решения, создаваемые в киберпространстве.

В настоящее время Республика Беларусь должна быть нацелена на сквозное и комплекс-

ное развитие информационных технологий и искусственного интеллекта. Следует ускорить и углубить сотрудничество всех имеющихся в стране структур (научных и учебных учреждений, частных компаний) для создания потенциальной базы развития IoT, IoE, цифровой экономики, искусственного интеллекта и интеллектуализации экономики, то есть всех отраслей – промышленности, здравоохранения, энергетики, агропромышленного комплекса, строительства, транспорта, финансовых структур и государственного сектора. Известно, что Республика Беларусь, как и другие развитые страны, сталкивается с большим количеством проблем – недостаточными темпами роста производительности труда, старением общества, трудностями с формированием человеческого капитала и др. Есть уверенность, что концепция Общества 5.0, основываясь на киберпространственных технологиях выработки решений, способна автоматически находить оптимальные пути решения указанных проблем.

Беларуси следует, по примеру развитых стран, таких как Германия, Эстония, Южная Корея, Израиль, составить долгосрочную программу экономического развития, в том числе интеллектуализации общества по примеру Индустрии 4.0 и Общества 5.0. Основными критериями данной программы выступают:

- оценка существующего потенциала страны для формирования Индустрии 4.0 и Общества 5.0 и этапность их становления;
- разработка концепции Индустрии 4.0 и Общества 5.0, включающей систему научных подходов, инновационных идей и экономических возможностей их реализации;
- разработка механизмов, моделей и методов интеграции усилий государства, науки, образования и частных структур;
- принятие системы мер стратегической индустриализации, стандартизации и интеллектуализации промышленности, экономики и общества; широкое внедрение роботизации и мехатроники на базе электронных, коммуни-





кационных и безлюдных технологий;

- создание экосистемы и специализированных компаний, способных стать точками ускоренного роста, повысить производительность всех отраслей экономики и общества и вывести экономику страны на траекторию устойчивого роста и развития;
- создание максимальных стимулирующих условий для развития всех форм крупного, среднего и малого бизнеса, налаживание тесной интеграции между ними, включая сотрудничество со стартапами;
- образование крупных сквозных кооперативно-интеграционных объединений и кластерных структур в ведущих отраслях промышленности и экономики (страновых, транснациональных, региональных и отраслевых), способных устойчиво конкурировать в стране и за рубежом с ведущими мировыми компаниями; включение белорусских компаний в структуру мировых и создание возможностей для участия мировых компаний в структуре белорусских; продвижение и интеграция национальной экономики в мировое экономическое и товарно-сбытовое пространство;
- разворачивание широкого спектра научных исследований в области Индустрии 4.0 и Общества 5.0 и интеграция национальной белорусской научно-исследовательской инфраструктуры в мировое научное пространство;
- создание системы обучения кадров на основе международных стандартов и достижений в области Индустрии 4.0 и Общества 5.0;
- выработка и принятие действенных мер государственного регулирования системы интеллектуализации экономики и общества, перехода к Индустрии 4.0 и Обществу 5.0;
- широкое становление государственно-частного партнерства.

Республика Беларусь еще только формирует базу перехода на новый этап экономического и социального развития, тем не менее научные и организационные возможности для этого уже

имеются, и достаточно неплохие. Главное – необходимо изменить уровень общественного мышления, но этот путь сложный и его нельзя осуществить без заинтересованности Правительства и общества. Например, в настоящее время каждое промышленное предприятие в отдельности имеет свою программу инновационного развития в виде исходной базы Индустрии 4.0. Но в Обществе 5.0 должна быть совершенно другая система: необходимо будет иметь всеобщую и сквозную стратегию инновационного развития всей промышленности страны. Сбор и обработка больших массивов информации в перспективе должна происходить на базе Интернета вещей или Интернета всего. То есть это будет удаленное обслуживание и принятие решений по всеобщей инноватизации, причем не только в области производства, но и всех других сфер жизни общества. Эту стратегию должны понять и принять все участники Общества 5.0 – от предприятий и товаропроизводителей до непосредственных потребителей материальных и социальных благ. Можно предполагать, что реализация программы становления Индустрии 4.0 и Общества 5.0, где в центре будет трансформация менталитета общества, займет не менее двух–трех десятилетий.

Чтобы понять сложность предстоящих изменений, приведем такой упрощенный пример. Допустим, что имеется несколько миллиардов вещей с интернет-детекторами, вся информация собирается в IoT, формируется Big Data и ведется анализ больших массивов с помощью сети мощных компьютеров. Здесь же станут выработываться решения для Правительства, государственных органов управления, предприятий и организаций. В данном случае будет иметь место сложное сочетание ряда пространств: киберпространства, производственного, управленческого, физического и ментального, общественного и др. Все эти пространства должны будут работать в режиме самоорганизации и автоматизации, возможен только дистанционный контроль, даже если это будут локальные ситуации. Но дистанционное обслужи-

живание и выработка решений, как и послание целесообразных указаний, будут проходить без участия человека. То есть речь идет о создании масштабного виртуального пространства. В этом и состоит смысл Индустрии 4.0 и Общества 5.0.

Конечно, сегодня это трудно воспринять. Но ряд стран уже на пути к такой системе, например Эстония, Корея, Чехия, Финляндия, Германия и др.

Смысл изменения ментального общества будет состоять в преодолении ряда стереотипных препятствий, называемых «стенами». Так, в первую очередь необходимо будет преодолеть следующие «стены»:

- «стену» законодательства и права, включая нормативы. Здесь необходима разработка стимулирующих законов для внедрения IoT и IoE, Индустрии 4.0 и Общества 5.0;
- «стену» органов государственного и хозяйственного управления. Предполагается разработка Программы создания Индустрии 4.0 и Общества 5.0, концепции и национальной стратегии интеллектуализации общества, внедрения цифровой экономики и интернетизации страны;

Основной тезис Индустрии 4.0 и Общества 5.0 – человек должен больше трудиться, творчески и созидательно

- «стену» инновационных технологий и инвестиций в ИТ-страну. Означает быстрое развитие науки и образования в сфере интернетизации, концентрацию ИТ-потенциала и его мобилизацию. Наука и образование должны стать локомотивами интеллектуализации общества;
- «стену» общественного восприятия Индустрии 4.0 и Общества 5.0. Необходимо активное вовлечение всех слоев общества в новую экономическую и виртуальную реальность. Должна произойти интеграция интернет-технологий и общества.

Безусловно, это революция. И не только в области промышленности, но и в сознании людей. Но революция, вызывающая новые витки развития общества. Конечно, данное состояние еще сложно полностью интерпретировать, а тем более обосновать. Ведь еще совсем не ясно, какой будет организация общества и промышленности: единое сконцентрированное и удаленное регулирование или применение некоторых локальных схем и наноопераций. Не исключается, например, выявление и использование некоторых скрытых

возможностей человеческого интеллекта, в том числе для поддержания здоровья человеческого общества.

В этой связи предстоит решать, например, проблему борьбы со многими заболеваниями человека и человеческого возраста. Это не фантастика. Уже сейчас в мире экспериментально прорабатываются целые системы модернизации человеческого организма. А в концепции Общества 5.0 люди должны получить новые возможности для трудовой деятельности независимо от состояния здоровья и возраста посредством виртуальных технологий, которые станут упрощать трудовой производственный процесс. Одним из таких решений может быть использование робототехники и мехатроники и удаленное регулирование трудовых процессов.

Совместная деятельность человека и робота, создание человекоподобных роботов, передача роботам трудовых функций человека (в различных сферах) станут гармонизировать и оптимизировать трудовой процесс. Сейчас к роботам сохраняется еще настороженное и даже враждебное отношение. Но это, надо полагать, со временем будет преодолено. Впереди поколение роботов, которые станут автономно выполнять человеческую работу, самостоятельно идентифицировать свои функции и даже распознавать замыслы человека. Человек и роботы научатся сосуществовать и не посягать на пространство друг друга.

Если рассматривать перспективы соединения машины и человека, то открываются безграничные возможности. Правда, человеческий организм надо еще во многом приспособлять под взаимодействие человека и робота. Ведь человеческий организм, и особенно человеческий мозг, до сих пор представляют собой большую загадку. Не исключается возникновение проблемы не только физической, но и умственной совместности. Уже сейчас появляются сложные вопросы психологической отрешенности (изоляции) человека при превышении своих возможностей работы на компьютерах. Это важно предусмотреть заранее и выработать механизм исключения подобных явлений. Сосуществование человека и компьютера, человека и робота должно быть комфортным прежде всего для человека, не иметь негативных последствий для человеческого организма. Следовательно, параллельно необходимо отрабатывать альтернативные системы физической и умственной занятости человека для под-

держания долголетия, физической и умственной работоспособности.

В Европейском союзе уже серьезно рассматривается вопрос: считать или не считать роботов, наделенных высоким интеллектом, компьютерными личностями с регистрацией их под соответствующими персональными номерами и паспортами. Это приводит к необходимости этики во взаимоотношениях человека и робота.

Сегодня еще считается, что человеческий организм и мозг повторить невозможно, но последние изобретения ученых часто утверждают обратное. Не только роботы все более будут похожи на человека, но и человек уже начинает рассматриваться с точки зрения комплектации его различными более совершенными органами и системами, построенными с применением биополимерных компонентов, роботизации, автоматизации и компьютеризации, особенно если свои истинно биологические дают сбой.

Каждый человек в Обществе 5.0 будет иметь идентификационную карту, с помощью которой не только станет обеспечивать оптимизацию своего трудового процесса, а также взаимодействие, например, с системой здравоохранения, банковской системой, торговой сетью и другими социально-экономическими институтами, но в равной степени – и возможность регулировать взаимодействие с роботами и виртуальными системами. Бесспорно, человек в любом случае должен остаться доминантой общества, его интеллект пока сложно превзойти по мыслительным процессам. Но многие технические преимущества могут и должны принадлежать электронным системам, в этом нет ничего опасного, хотя сложные мыслительные процессы должны оставаться прерогативой человека.

При формировании Общества 5.0 очень важно иметь превосходный уровень науки, образования и культуры. Только это позволит обществу творчески развиваться и изобретать новые системы индустриализации и интеллектуализации, не теряя приоритетности самого человека. Ведь не исключается, что через несколько десятилетий возникнет необходимость формирования Индустрии 5.0 и Общества 6.0. Мир не стоит на месте, прогресс набирает обороты. Достаточно сказать, что уже сейчас есть положительные эксперименты, когда с помощью новейших изобретений нанороботов и их имплантации в человеческие орга-

ны, в том числе в мозг, можно не только успешно побеждать многие трудные заболевания человеческого организма и обеспечить его нормальную жизнедеятельность, но и резко усиливать интеллектуальные и мыслительные процессы. Например, ускорить изучение иностранных языков, усилить литературные дарования, расширить масштабы аналитических процессов и др.

Основной тезис Индустрии 4.0 и Общества 5.0 – человек должен больше трудиться, творчески и созидательно. Новая промышленная революция и интеллектуализация не должны «выбросить» людей и превратить их во вспомогательный элемент сплошной роботизации. Напротив. Предполагается, что творческая и интеллектуальная напряженность человека должны возрастать так же, как и система интернетизации, а востребованность каждого человека – усиливаться. Конечно, интенсификация человеческого труда не должна привести к перегрузкам. Важно сохранить качество жизни. Сделать это предполагается с помощью новейших технологий, таких как IoT и IoE, робототехники, киберфизических и интерактивных систем. Все это должно стать базой концепции Общества 5.0, предполагающей оптимизацию всех видов ресурсов – материальных, трудовых, финансовых, природных, инвестиционных и др. Иначе говоря, Индустрия 4.0 и Общество 5.0 – это та экономика и общество, где будет доминировать атмосфера сотрудничества и взаимодействия, интеграции усилий и интеллекта. Можно сказать и так, что в результате новой промышленной революции и интеллектуализации общества каждый участник трудового процесса будет вносить вклад в соответствии со своими возможностями и потреблять в соответствии со своими интересами. Во многом это, конечно, напоминает коммунистический лозунг, реализовать который не удалось. Тому была масса причин, но это тема другого разговора. Они не в поле глобальной интернетизации. Здесь же следует только подчеркнуть, что Индустрия 4.0 и Общество 5.0 должны создать для человека максимально комфортные условия. Нельзя строить новую экономику и внедрять новые технологии в общественное сознание, если они будут приносить дискомфорт и противоречия. Любой процесс должен быть во имя человека. Общество – это совокупность людей, и его достижения и блага должны быть доступны всем.



ИННОВАЦИОННЫЕ ОТРАСЛИ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ

Александр Шумилин,

*председатель Государственного комитета по науке и технологиям,
доктор экономических наук*

Мир стоит на пороге шестого технологического уклада. Его контуры только начинают складываться в развитых странах мира, в первую очередь в США, Японии и КНР, и характеризуются нацеленностью на развитие и применение наукоемких, или, как теперь говорят, высоких технологий. У всех на слуху био- и нанотехнологии, геновая инженерия, мембранные и квантовые технологии, фотоника, микромеханика, термоядерная энергетика. Синтез достижений на этих направлениях должен привести к созданию, например, квантового компьютера, искусственного интеллекта и в конечном счете обеспечить выход на принципиально новый уровень в системах управления государством, обществом, экономикой. Специалисты по прогнозам считают, что при сохранении нынешних темпов технико-экономического развития шестой технологический уклад окончательно оформится в 2020 г., а в фазу зрелости вступит в 2040-е гг.

Как отметил Президент Беларуси Александр Лукашенко, именно те страны, которые генерируют новые знания, имеют преимущество в коммерческом использовании этих идей, в экспорте высокотехнологической продукции, приносящей миллиардные прибыли. Более того, те, кто первым распространяет технологии, занимают лидирующие позиции в мире.

В Беларуси данная тема возникла не сегодня. Еще в 2007 г. в Директиве Президента от 14.06.2007 г. № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» была поставлена задача создать ус-

ловия для наращивания выпуска инновационной и высокотехнологической продукции, созданной с использованием технологий V и VI технологических укладов.

В республике значительная часть технологий относится к четвертому укладу, а почти треть – и вовсе к третьему. Отсюда понятна вся сложность стоящей перед отечественной наукой задачи: чтобы в ближайшем будущем наша страна смогла войти в число государств с шестым технологическим укладом, ей надо, образно говоря, перемахнуть через этап – через пятый уклад.

Все стратегии и программы, принятые на государственном уровне, а также международное сотрудничество направлены на поддержку инноваций и улучшение условий ведения бизнеса. Наибольшее внимание уделяется развитию высоких технологий и высокотехнологичных производств, основанных на разработках V и VI технологических укладов. Как результат, страна вышла на 38-е место из 190 экономик мира в рейтинге Doing Business Всемирного банка и является одним из самых активных государств по общему количеству реформ для улучшения делового климата. Беларусь расширяет сектор информационно-коммуникационных технологий и входит в десятку наиболее интенсивно развивающихся стран мира. Положение республики в Глобальном индексе инноваций в отдельных категориях, оценивающих уровень человеческого капитала и исследований, также довольно высоко.

Достижения отечественных ученых в различных областях фундаментальной и прикладной на-

уки признаны мировым сообществом. Ежегодно у нас создаются от 3 до 5 инноваций мирового уровня.

Ученые Национального центра физики частиц и высоких энергий Белорусского государственного университета принимали участие в экспериментах на Большом адронном коллайдере в Европейской организации ядерных исследований (CERN). Они контролировали работу одного из детекторов коллайдера – компактного мюонного соленоида (CMS). 19 белорусских физиков входят в число соавторов открытия бозона Хиггса на БАК – одного из наиболее значительных достижений современной фундаментальной физики.

Несомненным успехом можно считать запуск в 2012 г. белорусского спутника дистанционного зондирования Земли. Целевая аппаратура на спутнике отечественная, изготовлена ОАО «Пеленг» – ведущим проектно-конструкторским предприятием в области оптико-электронного

Беларусь является одним из самых активных государств по общему количеству реформ для улучшения делового климата

приборостроения. Вес спутника составляет около 400 кг, разрешение в панхроматическом диапазоне – около двух метров.

В числе инноваций мирового уровня, созданных в Республике Беларусь, можно назвать следующие:

- тест-система, позволяющая определить концентрацию белка-онкогена в образцах исследуемой ткани в режиме реального времени;
- искусственные клапаны сердца мирового уровня, но при этом стоимостью в 5 раз меньшей, чем зарубежные аналоги. Первый человек с искусственным клапаном прожил более 7 лет;
- технологии лечения стволовыми клетками, обеспечивающие заживление трофических язв человека, не поддающихся традиционным

способам лечения; атомно-силовой микроскоп с программным обеспечением, позволяющий проводить измерения микромеханических свойств материалов и микроорганизмов на наноуровне;

- экологически чистое микроудобрение нового поколения «Наноплант» на основе наночастиц микроэлементов, которое увеличивает урожайность в 2-3 раза, обеспечивает быструю всхожесть и лучшую приживаемость рассады, но при этом улучшает плодородие почвы, останавливает эрозию, выводит остатки тяжелых металлов и химических удобрений, обогащает и оживляет почву;
- создание первого в мире большегрузного самосвала БелАЗ-75710 грузоподъемностью 450 т (занесен в книгу рекордов Гиннеса);
- разработка электробуса E433 Vitovt Max Electro, главными отличительными особенностями которого являются передовая система накопителей электроэнергии на базе суперконденсаторов и улучшенные потребительские свойства по сравнению с зарубежными аналогами;
- экспериментальный образец суперконденсатора для электротранспорта, преимущества которого – легкость, компактность, быстрая зарядка, более долгий срок службы, с количеством перезарядок в 2-3 раза выше, чем у аналогов. Суперконденсатор состоит из графеноподобных материалов, разработанных в Республике Беларусь.

Одна из главных задач, стоящих перед Беларусью, – создание высокотехнологичной и наукоемкой экономики, способной конкурировать на международных рынках. Выполнение этой задачи возможно только путем повсеместного внедрения в производственном секторе научных решений и инноваций. Своего рода «локомотивом инноваций» в стране выступает сектор ИКТ, однако уже в ближайшее время к нему добавятся такие высокотехнологичные секторы, как микроэлектроника, фотоника, оптоэлектроника,



светодиодная техника, тонкая химия, био- и нанотехнологии, высокоточное машиностроение.

Уже сейчас мы можем разрабатывать и поставлять за рубеж микроэлектронику для широкого перечня промышленных видов деятельности, специальное технологическое оборудование для радиоэлектроники, оптолазерной медицинской техники, средств коммуникации. Во всем мире известны и пользуются спросом наши энергонасыщенные тракторы и другие виды сельскохозяйственных машин, грузовики и тяжелая карьерная техника, многофункциональные беспилотные летательные аппараты.

Одна из главных задач, стоящих перед Беларусью, – создание высокотехнологичной и наукоемкой экономики путем повсеместного внедрения в производственном секторе научных решений и инноваций

За счет становления высокотехнологичного сектора в ближайшей перспективе обновится ассортимент и повысится конкурентоспособность традиционных секторов промышленности, будут производиться новые виды металлопроката, экологичный и энергоэффективный коммунальный, железнодорожный и автомобильный транспорт уровня Евро-5 и Евро-6, новые виды карьерной техники с использованием технологий беспилотного управления, системы тягового электропривода собственной разработки, новые гидромеханические передачи и пр.

Дальнейшее развитие ИКТ и ИТ позволит создавать современные автоматизированные процессы и системы, технологии трех- и четырехмерного моделирования, технологии визуализации, 3D-печати. Они могут быть использованы при проектировании, разработке и изготовлении опытных образцов продукции, а также непосредственно в процессе ее производства.

С каждым годом Беларусь становится все известнее за рубежом как крупный центр медицин-

ского туризма. Нашу страну посещают все больше иностранцев, которые приезжают за квалифицированной медицинской помощью, причем не только за пластическими процедурами, но и за сложными операциями в области онкологии, кардиологии, ортопедии, нейрохирургии и др.

Агропромышленный сектор республики обладает всеми предпосылками для выхода на мировой рынок с разработками новых сортов растений и пород животных на основе современных методик исследования, с использованием биотехнологических тест-систем и маркеров, ДНК-технологий, позволяющих определять генетический статус и управлять наследственностью.

В этой связи нельзя не упомянуть проект по созданию Национального научно-технологического парка «БелБиоград» – современного кластера научных исследований и разработок в области фармацевтики, нано- и биотехнологий, способного объединить в себе передовую науку и бизнес и обеспечить выход Беларуси на новые рынки. Для этого у нас есть все базовые условия: благоприятный инвестиционный климат и режим ведения бизнеса, наличие серьезного научного задела в биоиндустрии, нанотехнологиях, медицине и фармацевтике, высокий уровень развития человеческого капитала и наличие квалифицированных кадров, которые позволят в обозримой перспективе иметь в стране мировой центр исследований в данной сфере.

Одним из ведущих инновационных ИТ-кластеров в Центральной и Восточной Европе по праву можно назвать ПВТ, где создана уникальная благоприятная среда для развития бизнеса в области информационных технологий, в которой беспрецедентные налоговые льготы сочетаются с наличием хорошо подготовленных специалистов для ИТ-отрасли. Они участвуют в ИТ-проектах любой сложности, начиная с системного анализа, консалтинга, подбора аппаратных средств и заканчивая конструированием и разработкой слож-



ных систем.

Потребителями белорусского программного обеспечения, созданного резидентами ПВТ, являются известные мировые корпорации, такие как Microsoft, HP, Cocomo, Colgate-Palmolive, Google, Toyota, Citibank, MTV, Expedia, Reuters, Samsung, HTC, Mitsubishi, British Petroleum, British Telecom, Лондонская фондовая биржа, Всемирный банк и др. Белорусские айтишники вошли в топ-100 лучших аутсорсеров мира. В Беларуси зародились такие стартапы, как Вайбер, успешно конкурирующий со Скайпом, Маскарад, который был приобретен Фейсбуком, и, конечно, танковый шутер World of Tanks, в который играют более 120 млн игроков по всему миру.

Сейчас в Беларуси происходит переход сферы высоких технологий на новый этап. Идет работа над развитием системы, которая будет стимулировать создание собственных высокотехнологичных продуктов. Ведь в будущем почти все компании, работающие в самых различных областях, в том числе и крупные промышленные предприятия, будут айтишными.

С целью формирования экономики инноваций, основанной на деловой инициативе, личной заинтересованности в создании и повсеместном внедрении новых технологий и производств, в нашей стране реализуется Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 гг. Ее выполнение предполагает обеспечение концентрации ресурсов на инновационных проектах, базирующихся на высокотехнологичных разработках в таких сферах, как атомная и альтернативная энергетика; информационно-коммуникационные и авиакосмические технологии; био- и нанотехнологии; фармацевтика и медицинская техника; микро- и оптоэлектроника; аддитивные технологии.

Из 87 проектов программы 32 основаны на технологиях пятого и шестого технологических укладов. Наиболее крупные из них:

- строительство Белорусской атомной электростанции;

- организация производства по сборке легковых автомобилей в СЗАО «БелДжи», первого завода по мелкоузловой сборке комплектов автомобиля (СКД);
- строительство завода по выпуску металлического листа и белой жести.

Программой предусмотрено увеличение доли малых и средних инновационных организаций в формировании валового внутреннего продукта страны. Для этого в рамках государственно-частного партнерства будет обеспечена доступность материальных, финансовых и интеллектуальных ресурсов для предприятий частного сектора. Также в соответствии с программой в республике будет создана единая система устойчивого функционирования субъектов инновационной инфраструктуры. Для этого уже:

- определены конкретные направления деятельности, исходя из потребностей развития того или иного региона, а также наличия готовых к коммерциализации разработок;
- расширена инфраструктура инновационной сферы по реализации инновационного цикла в полном объеме (от идеи до выхода продукции на рынки);
- усовершенствованы механизмы поддержки малого бизнеса.

Реализация ГПИР к 2020 г. позволит обеспечить прирост ВВП, как показывают расчеты, не менее чем на 5 %, создать более 9 тыс. новых высокопроизводительных рабочих мест с уровнем добавленной стоимости по каждому выше, чем в Евросоюзе.

Результаты развития национального научно-исследовательского сектора ярче всего заметны в сфере интеллектуальной собственности. Так, в 2016 г. по количеству полезных моделей и патентов по происхождению Беларусь заняла 10-е и 27-е место в мире соответственно. Этому способствует формирование эффективных условий и стимулов для создания и использования ОИС, а также гармонизация основных положений законодательства в этой сфере и правоприменение.





менительной практики в государствах - членах Евразийского экономического союза.

В рамках реализации задач, поставленных главой государства и Правительством Республики Беларусь, ГКНТ постоянно ведется работа по повышению эффективности использования результатов научно-технической деятельности, созданных прежде всего с привлечением бюджетных средств. С этой целью на базе Национального центра интеллектуальной собственности в 2016 г. создан центр содействия коммерциализации ОИС, с 2011 г. реализуется проект «Биржа интеллектуальной собственности», где размещены перспективные изобретения и коммерческие предложения, реализуемые в рамках Союзного государства.

В частности, в космической области уже выполнено пять союзных программ, сейчас разрабатываются еще две. Благодаря сотрудничеству с российскими коллегами нашим специалистам удалось создать группировку спутников (российский «Канопус-В» и белорусский БКА-1). Сейчас осуществляется работа над БКА-2. Управление и прием информации у аппаратов взаимозаменяемые: в случаях сбоя в работе одного из них наши ученые смогут управлять «Канопусом», а россияне – белорусским спутником. По сути, для республики это развитие новой отрасли – космических технологий.

В числе взаимовыгодных направлений сотрудничества ученых Беларуси и России можно назвать программы в области электроники, СВЧ и светодиодной техники и приборов на их основе, решается широкий спектр вопросов по медицине, в числе которых стволовые клетки, технологии их использования, новые лекарства, техника и новые материалы; есть хорошие результаты в сфере биотехнологий.

В настоящее время в стадии разработки и согласования находятся 34 проекта концепций союзных программ. Среди них «Аддитивность», «Призма», «Лен», «Интеграция-СГ», «Безопасность-СГ», «Новопол», «Призма», «Мотор-синтез-газ», «Микросистемы и микродатчики», «Коваль» и др.

Кроме того, активизируется взаимодействие с такими ведущими международными организациями и центрами, как Объединенный институт ядерных исследований, Европейская организация ядерных исследований (ЦЕРН), Организация Объединенных наций по промышленному развитию (ЮНИДО).

Беларусь участвует в Рамочных программах Евросоюза по развитию научных исследований и технологий с 2002 г. В предыдущей, 7-й, наши научные организации реализовали 64 проекта в сфере энергетики, информационных и коммуникационных технологий, нанонауки, новых материалов, медицины с объемом финансирования около 5 млн евро. В текущей программе ЕС «Горизонт-2020» только за 2014–2016 гг. белорусские ученые реализовали 30 проектов. За это время они получили около 6 млн евро, то есть привлекли дополнительные средства, тем самым обеспечив внебюджетное финансирование отечественной науки. К слову, в прошлом году зарубежные источники составили 16,6 % от общих расходов на научные исследования, что является довольно высоким показателем даже по европейским меркам.

Наиболее крупная инициатива Европейской комиссии с участием Беларуси – «Графен» с бюджетом 1 млрд евро. Основная задача проекта – переход в течение предстоящих 10 лет от изучения этого нового уникального материала к его широкому промышленному использованию.

Благодаря многолетним усилиям НАН Беларуси включилась в крупные международные коллаборации по координации национальных научных программ, так называемые «ERANET Cofund». Это относительно новая для ЕС и абсолютно новая для нашей страны форма сотрудничества, предполагающая взаимодействие Европейской комиссии и национальных заказчиков научных программ – органов государственного управления, агентств и научных фондов из Евросоюза и заинтересованных третьих государств.

Республика продолжает активно работать по программе Марии Склодовской-Кюри, в рамках

которой особенно популярен обмен научным и инновационным персоналом. Следует отметить расширенное присутствие белорусских ученых в реализации программы «Горизонт-2020» – в настоящее время они выполняют 23 проекта.

Участие в совместных научно-технических программах оказывает заметное влияние на развитие экономики и научно-исследовательской сферы в Республике Беларусь. Обеспечивается достижение высоких результатов, соответствующих мировому уровню, формируется основа для дальнейшей научной деятельности в интересах государств-участников, а также повышается конкурентоспособность национальных экономик сотрудничающих сторон.

Указанные направления научно-технического взаимодействия и результаты работы отечественных ученых позволяют констатировать, что Беларусь приступает к формированию иннова-

ционных отраслей VI технологического уклада. Об этом также свидетельствует проект стратегии «Наука и технологии: 2018–2040», реализация которой позволит достичь следующих показателей:

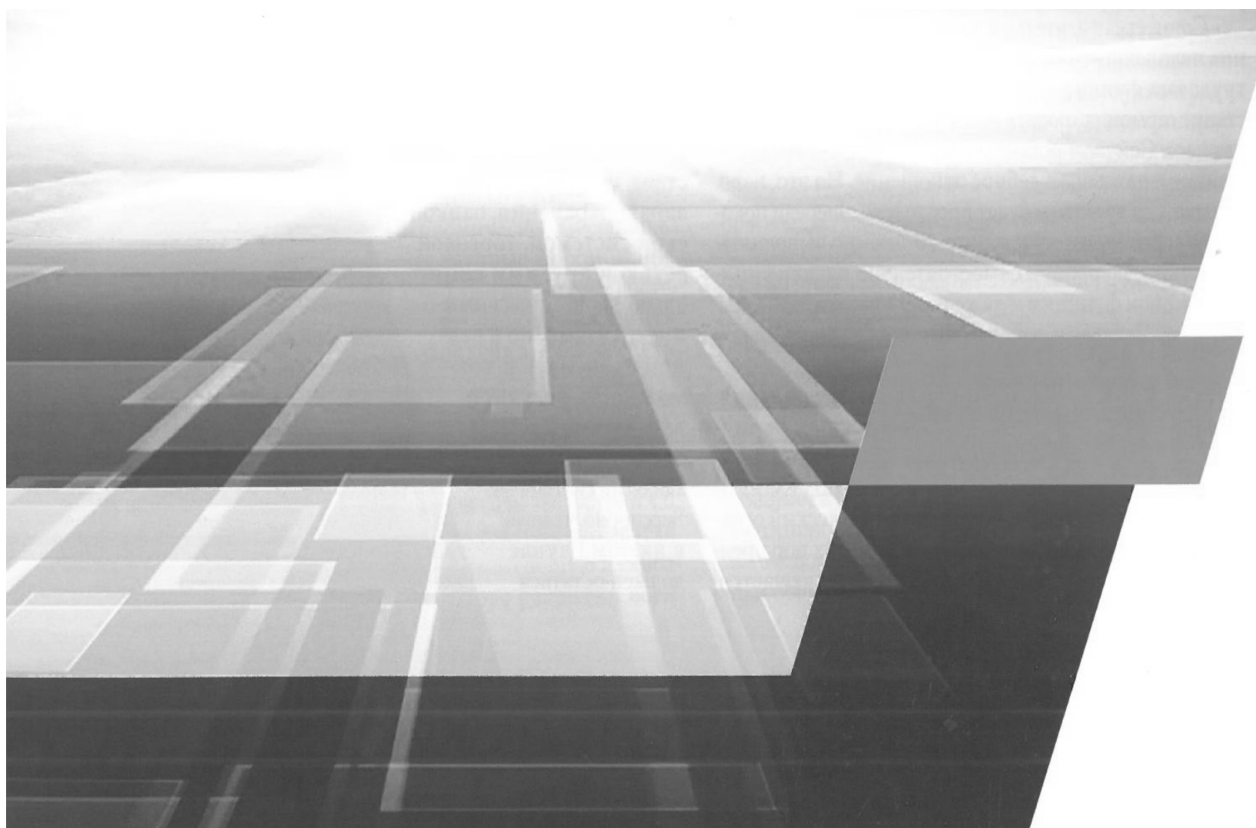
внутренние затраты на научные исследования и разработки составят 2,5–3 % к ВВП;

на прорывные научные исследования и разработки будет направлено 30 % от этих затрат;

доля высокотехнологичных секторов в структуре экономики достигнет 10 %;

удельный вес инновационной продукции в общем объеме отгруженной промышленной продукции приблизится к 25 %.

Предпринятые меры обеспечат достижение высоких результатов, соответствующих мировому уровню, сформируют основу для эффективной исследовательской деятельности, а также будут способствовать повышению конкурентоспособности нашей экономики.





ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И НАУКА – МОЩНЫЙ ТАНДЕМ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Виталий Вовк,

министр промышленности Республики Беларусь

В системе Министерства промышленности Республики Беларусь более 200 организаций (где работает свыше 170 тыс. человек), в качестве научных аттестовано 14. На предприятиях автомобильной отрасли, сельхозмашиностроения, прибор- и станкостроения, оптикомеханической, электронной и электротехнической промышленности, микроэлектроники, металлургии и других немало специалистов с учеными степенями – 60 кандидатов и 19 докторов технических наук, 3 члена-корреспондента и 1 академик НАН Беларуси. Линейка производимой продукции Минпрома включает десятки тысяч наименований – от микросхем и клапанов сердца до самых больших в мире карьерных самосвалов грузоподъемностью 450 т. И все это благодаря тесному и плодотворному взаимодействию промышленников с научным сообществом. В результате их совместной деятельности передовые идеи воплощаются в производство, расширяется номенклатура выпускаемой продукции. На протяжении 10 лет Министерство промышленности формирует «Межотраслевой задачник», содержащий актуальные вопросы технического и технологического характера различной направленности, требующие помощи в решении со стороны науки. В нем размещены запросы предприятий и предложения для академических организаций и университетов республики. Регулярно проводятся встречи, круглые столы, совместные научно-технические советы с учеными, где обсуждаются основные механизмы реализации научных и научно-технических программ, перспективы развития.

Важнейшим показателем успешного сотрудничества промышленников и исследователей является

внедрение научных разработок в производство. Это особенно заметно в сфере отечественного машиностроения, которое занимает достойное место в экономике страны, обеспечивая значительный вклад в рост национального благосостояния. На всех континентах работает техника, созданная руками и умами белорусских машиностроителей, конструкторов и ученых, – самосвалы «БЕЛАЗ», тракторы «Беларус», комбайны «Палессе», автобусы и седельные тягачи «МАЗ», спецтехника «АМКОДОР», лифты «Могилевлифтмаш», станки «Красного Борца», моторы Минского моторного завода, автокомпоненты «БАТЭ», трансформаторы МЭТЗ им. В.И. Козлова, бытовая техника «АТЛАНТ», «HORIZONT», «Витязь». География их экспортных поставок – более 100 стран мира.

Генератором инновационных идей и процессов в машиностроительной сфере выступает отраслевой сектор науки, который с 2004 г. представлен научно-техническими центрами (НТЦ), обеспечивающими выпуск новой конкурентоспособной продукции по полному циклу. Они обладают современными аппаратными и программными средствами, значительным кадровым потенциалом. В соответствии со спецификой в состав НТЦ входят службы главного конструктора, технологические подразделения, опытные производства, испытательные центры. На ряде предприятий центры сформировались на базе научно-технических организаций, таких как Филиал НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ», УП «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО», НТЦ комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», УП «ИЦТ ГОРИЗОНТ».

Отраслевые НТЦ одновременно являются на-

циональными научными центрами, обладающими компетенциями по таким направлениям, как тракторо- и сельхозмашиностроение, металлургия, микро- и оптоэлектроника, карьерная и дорожно-строительная техника. Усилиями отраслевой науки созданы новые секторы в машиностроении – производство зерноуборочных комбайнов, пассажирских автобусов, легковых автомобилей, энергонасыщенных и гусеничных тракторов, дизельных двигателей новых мощностных рядов для автомобильной, тракторной, внедорожной, лесозаготовительной техники, комплексов машин для АПК, гидравлики, труб цельнотянутых и др.

Одной из самых наукоемких отраслей республики является микроэлектроника, служащая основой для большинства технологий, а также развития искусственного интеллекта, авто- и тракторостроения, медицины, космических технологий, интегрированных транспортных систем и систем управления промышленными комплексами, безопасной ядерной энергетикой, национальной банковской сферой. Микроэлектроника – одна из точек роста инновационной экономики, ключевой фактор научно-технического и экономического развития страны в целом.

В научной организации ОАО «ИНТЕГРАЛ» силами 390 человек, в том числе 14 кандидатов наук и 3 членов-корреспондентов НАН Беларуси, обеспечивается выпуск интегральных микросхем и полупроводниковых приборов с проектными нормами 0,35 мкм, проектирование 0,18 мкм с производством по «фаундри-процессу». Значительные успехи исследователей и сотрудников предприятия достигнуты в разработке интегральных микросхем, устойчивых к внешним радиационным воздействиям, востребованных в космической, ядерной, военной технике.

ОАО «ИНТЕГРАЛ» выиграл ряд международных тендеров на поставку интегральных микросхем, в том числе Индийского космического агентства, принимал участие в проектах по созданию ускорителей высоких частиц в США, Германии, Швейцарии, России.

Признанием ученых и специалистов отрасли стало издание книги «Космическая электроника» в России и ее переиздание в Лондоне и Нью-

Йорке, а также участие в проектах Европейского, Японского космических агентств, корпорации «Роскосмос» по подготовке полетов орбитальных станций на планету Меркурий.

В Научно-производственном холдинге точного машиностроения «ПЛАНАР» над выпуском высокотехнологичной продукции У-У1 технологических укладов трудится 930 исследователей и разработчиков, в том числе 12 специалистов высшей научной квалификации. Предприятие «КБТЭМ-ОМО» холдинга «ПЛАНАР» является членом международной организации «8ЕМ1», объединяющей около 300 производителей оптоэлектронных координатных систем и роботизированных блоков для управления и диагностики изделий микроэлектроники уровня 45–65 нм.

Коллектив «ПЛАНАРА» – головной исполнитель ряда научно-технических программ Союзного государства, участник проекта Объединенного института ядерных исследований (г. Москва) «НИСА» по созданию ионного коллайдера на базе циклотрона.

По показателям назначения лазерно-оптическое оборудование «ПЛАНАРА» для бездефектного изготовления фотошаблонов, как базового инструмента в производстве изделий микроэлектроники, соответствует мировому уровню. Установки автоматического контроля фотошаблонов ЭМ-6329р и ЭМ-6729 превосходят по производительности лучшие аналоги фирмы KLA-Tencor Corporation (США), а установка для ремонта фотошаблонов ЭМ-5131 не имеет аналогов в части исправления дефектов.

На заводе «Электронмаш» холдинга «ПЛАНАР» в тесном сотрудничестве с учеными-медиками РНПЦ «Кардиология» реализуется проект по созданию биологического клапана сердца и организации его серийного производства

Коллективы специалистов и ученых «ИНТЕГРАЛА», «ПЛАНАРА» и НАН Беларуси в 2016 г. удостоены Государственной премии в области науки и техники за разработку и организацию производства экспортно ориентированных микроэлектронных изделий двойного и специального назначения, высокоточного аналитического и сборочного оборудования.



В целях повышения конкурентоспособности и экономического потенциала радиоэлектронного сектора экономики в текущем году организован кластер «Микро-, опто- и СВЧ-электроника». В его состав вошли предприятия холдингов «ПЛАНАР», «ИНТЕГРАЛ», учреждения НАН Беларуси и Министерства образования.

Разработка новых интеллектуальных систем по субмикронным нормам, в том числе «фаблесс», и их освоение «закрывает» значительную часть внутреннего рынка бытовой радиоэлектроники, приборостроения и оборонной промышленности, позволит обеспечить поставки в страны Юго-Восточной Азии, Среднего Востока, России и других стран СНГ.

Холдинг «БелОМО» – один из мировых лидеров оптоэлектронной отрасли. Его сложнейшие изделия специального назначения, в создании которых участвуют 3 доктора, 3 кандидата наук и академик, экспортируются в 30 стран мира. Усилия ученых и специалистов направлены на реализацию проекта по созданию производства оптоэлектронной техники на базе тепловизионных лазерных систем с применением электронно-оптических преобразователей и высокоточных оптических компонентов.

«БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» разрабатывает и выпускает уже четвертое поколение карьерных самосвалов с электротрансмиссиями грузоподъемностью 30–450 т и занимает второе место в мире в этом сегменте. Ему принадлежит 86,3 % мировых продаж самосвалов грузоподъемностью 130–136 т. Холдингом совместно с Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси создан НТЦ «Карьерная техника». Пять лет назад научно-технический центр «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» впервые в мире разработал и изготовил БелАЗ 75581 грузоподъемностью 90 т с электромеханической трансмиссией четвертого поколения, что позволило получить конкурентные преимущества по себестоимости тонно-километра перевозимого груза. Машиностроители холдинга планируют освоить выпуск новой конструкции карьерного самосвала грузоподъемностью 290 т со сниженной металлоемкостью несущих элементов, электромеханической трансмиссией фирмы Siemens и дру-

гими техническими новшествами. Они продолжают работать над технологиями интеллектуального карьера с дистанционно управляемыми карьерными самосвалами.

Исследовательский центр холдинга «Белорусская металлургическая компания» – по сути национальный центр металлургии, а также кузница кадров высшей квалификации. Над созданием новых технологий и металлопроката трудятся 6 кандидатов наук, 2 аспиранта и 24 магистра.

Холдингом освоено производство труб горячекатаных цельнотянутых, черновой оси для подвижного состава железных дорог, налажен выпуск рукавов высокого давления, ультрапрочного металлокорда для автомобильной промышленности. Ему принадлежит 5 % мирового рынка высокопрочного металлокорда, более 16 % – бортовой бронзированной проволоки и 26 % – проволоки для рукавов высокого давления. В начале 2017 г. холдинг «БМК» аккредитован как научная организация. Следующим этапом его развития стало создание отраслевой лаборатории технологий металлургии и сталепроволочного производства. Ключевым проектом стал новый сортопрокатный цех. В настоящее время под это производство разработана технология выплавки более 30 новых марок стали и идет освоение выпуска круглого проката из углеродистых и легированных марок стали для кузнечных производств и поставки готовых изделий для сборочных цехов ведущих автоконцернов «Даймлер», «Дженерал моторе», «Фольксваген», «Фиат», «КАМАЗ». Ведутся работы по производству комплектующих изделий предприятий Минпрома из проката ОАО «БМЗ».

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» участвует в программах научно-технического сотрудничества с мировыми концернами Continental AG (Германия), Group Michelin (Франция), Bridgestone Corp и Yokohama Rubber Co. Ltd (Япония), Earton Corporation и Goodyear & Rubber Co. (США), Nokian Tyres P.L.C. (Финляндия). Совместно с итальянской Manuli Rubber Industries организовано СП – ООО «Манули Гидравликс Мануфактуринг Бел» в Орше.

В холдинге «БелАВТОМАЗ» разработкой и изготовлением опытных образцов новой про-



дукции занимаются Центр перспективных разработок, управление главного конструктора по автомобилям, служба главного конструктора по автобусам, отдел главного конструктора завода «Могилевтрансмаш» по прицепной, автокрановой и специальной технике. Работы осуществляются совместно с Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси, в составе которого действуют Республиканский компьютерный центр проектирования машиностроительного профиля, НТЦ «Республиканский полигон для испытаний мобильных машин», «Автотракторная электроника и электромеханика» и «Карьерная техника».

Минский автозавод в сжатые сроки освоил производство автомобилей с двигателями, отвечающими экологическим требованиям Евро-4, 5 и 6. В соответствии со стратегией развития холдинга «БелАВТОМАЗ» планирует создание гаммы автомашин с двигателями экологического класса 5, работающими на сжатом природном газе, с полимерно-композитными коррозионно-стойкими и взрывобезопасными газовыми баллонами, которые создаются в том числе под запросы компании «Газпром». Для эксплуатации в тяжелых дорожных условиях, с повышенными осевыми нагрузками будут созданы автомобили-самосвалы уровня Евро-5, а для перевозки тяжелой техники – автопоезда грузоподъемностью 40, 50 и 60 т. Планируется разработать унифицированный модельный ряд городских автобусов третьего поколения с электронными системами управления электрооборудованием, климатом, системами автоматической диагностики, помощи водителю в экстренных ситуациях. Новый модельный ряд туристических автобусов третьего поколения будет представлен трехосным МАЗ 350 вместимостью до 67 пассажиров и двухосным МАЗ 351 с двигателем мощностью 350 кВт экологического уровня Евро-6 вместимостью до 49 пассажиров.

Развитие холдинга «АМКОДОР» предусматривает строительство в поселке Колодищи завода по производству специальных машин, создание новых и расширение имеющихся мощностей по выпуску ведущих мостов и гидромеханических коробок передач, кабин, глубокую модернизацию заводов по производству гидравлического обо-

удования. Заявлены переход на электронное управление всеми системами и приводами машин, дальнейшая автоматизация процессов управления и контроля, а также создание линейки гусеничных и колесных экскаваторов, самоходного многофункционального экскаватора для мелиорации и их серийное производство. Совместно с партнерами – холдингом «Салео», предприятиями «Проди», «АМКОДОР-Эластомер», «Техпромимпекс» намечено создание гидравлики и неметаллических конструкций нового поколения. Для обслуживания и строительства мелиоративных сетей разрабатывается самоходный многофункциональный экскаватор. В планах холдинга полное обновление линейки машин лесопромышленного комплекса, в который будут входить легкие машины для рубок ухода, тележки лесовозные, машины среднего и тяжелого класса, такие как харвестеры, форвардеры, мульчирователи, лесопогрузчики и машины рубильные, машины и сменные органы для лесохозяйственных работ.

За последние годы в Беларуси сформировался сектор легкового автомобилестроения. Компания «Юнисон» осуществляет сборку автомашин Peugeot, Citroen, Zotye Z300, Zotye Z600, Cadillac escalade, Chevrolet Tahoe; завод «БЕЛДЖИ» занимается сборкой легковых автомобилей «Geely». После ввода в эксплуатацию первой очереди завода началось серийное производство белорусских моделей «Geely Atlas», проектная мощность – 60 тыс. автомобилей в год.

Полным ходом развернулись работы по сборке малотоннажных грузовиков K2500 KIA, автомобилей специального назначения на базе модели ГАЗ Газель.

Производством дизельных двигателей занимаются организации холдинга «Минский моторный завод». Для создания дизельных двигателей и их компонентов нового поколения реализуется инвестиционный проект «Производство высокоточного, высокопрочного чугуна литья». Введен в эксплуатацию первый пусковой комплекс производства заготовок гильз блоков цилиндров – 8 тыс. т литья. Общая проектная мощность – 18 тыс. т высокопрочного литья в год.

Научно-технический центр холдинга «МТЗ-



ХОЛДИНГ» объединяет два управления конструкторско-экспериментальных работ, опытное производство, цехи испытаний и центр испытаний «Трактор». Всего в этом сегменте занято 765 человек, в том числе доктор наук и кандидат технических наук. В соответствии с планами развития холдинга на период до 2030 г. и по поручению Главы государства выполняется комплекс работ по адаптации технологии применения газодизельного топлива на тракторах различной мощности, проведены исследования по возможности использования на тракторах мощностью 80–130 л.с. газодизельных двигателей производства ММЗ. В перспективе предусматривается разработка тракторов серии 1200–2000 с новыми гидромеханическими трансмиссиями, с переключением четырех передач под нагрузкой; универсально-пропашных тракторов серии 923.4 S 3A мощностью 95 л.с. с новыми трансмиссиями, капотом и оперением. Ведутся работы по созданию системы удаленного автоматизированного мониторинга местоположения трактора, диагностики исправности его систем, автоматического управления движением в рамках системы точного земледелия.

ОАО «Гомсельмаш» также аккредитовано как научная организация. Научно-техническим центром комбайностроения разработаны опытные образцы линейки зерноуборочных комбайнов пропускной способностью от 5 до 16 кг/с. Исследованиями и разработками новых моделей комбайнов занимается 550 человек, в том числе 4 кандидата технических наук. За 2007–2017 гг. получено 278 патентов и свидетельств на технические новшества. Создана отраслевая лаборатория сельскохозяйственного машиностроения.

Наибольшим коммерческим успехом у потребителей пользуется зерноуборочный комбайн КЗС-1218 пропускной способностью 12 кг/с. В настоящее время идут работы по его модификации с измельчителем соломы. Для расширения рынков сбыта разрабатывается зерноуборочный комбайн с роторной схемой обмолота и сепарации производительностью 18–20 т/ч. Изготовлен опытный образец и ведется подготовка производства самоходного комбайна с гибридной схемой обмолота и сепарации пропускной способностью 13 кг/с. Одновременно коллектив «Гомсельмаша» работает над экспериментальным образцом перспективного зерноуборочного комбайна на газовом топливе, освоением производства косилок на гусеничном ходу для уборки риса, новыми модификациями кормоуборочных комплексов, картофеле- и хлопкоуборочных машин, опрыскивателей.

Следует отметить, что ведущие мировые компании наряду с прикладными осуществляют и фундаментальные исследования. Отечественные отраслевые НТЦ по микро- и оптоэлектронике также ведут такие изыскания. В будущем такой горизонт исследований и разработок будет присущ всем НТЦ холдингов.

Инфраструктура научного обеспечения производств, в отличие от самих производств, значительно отличается от действующих стандартов наших конкурентов. По ряду секторов экономики, таких как дизеле- и станкостроение, металлургия, подшипники, сельхозмашиностроение, силовые трансформаторы, управляемые электроприводы, телекоммуникации, средства отображения информации, в структуре НАН Беларуси и Министерства образования нет полноценных профильных организаций, национальных центров компетентности. Система высшего образования, как основной базис инновационной экономики, также пока по многим направлениям не достигла уровня международных стандартов.

В реальных условиях интеграционных достижений мировой науки и техники повышение конкурентоспособности отечественной продукции мы связываем с развитием отраслевых фирменных центров компетенций, укреплением их материально-технической базы, превращением совместных лабораторий и филиалов кафедр вузов в научно-инженерные центры прикладных разработок. Мы планируем создать в научных отраслевых организациях, центрах координации подготовки специалистов высшей инженерной квалификации советы по защите диссертаций на основании реальных достижений. По нашей оценке, специалисты, разрабатывающие продукцию мирового уровня, могут быть аттестованы в качестве ученых. Министерство промышленности планирует обратиться в Министерство образования с предложением о привлечении специалистов, ученых отрасли для преподавания в вузах базовых специальных дисциплин, об увеличении выпуска инженеров технического профиля, организации кафедр подготовки кадров по направлениям электротехнической отрасли, таким как управляемые приводы, силовые трансформаторы, электротехническое и электронное приборостроение.

По утверждению Президента Беларуси Александра Лукашенко, «именно фирменная наука определяет уровень научно-технического развития страны. Интеграция науки с производством, реализуемая в фирмах, обеспечивает их интенсивность развития в конкурентных условиях рынка».



ФИЗИКА И ИНФОРМАТИКА В ТЕХНОЛОГИЯХ БУДУЩЕГО

*Валентин Орлович,
академик-секретарь Отделения физики, математики и информатики
НАН Беларуси, академик*

Отличие физики от всех других наук заключается в том, что она изучает самые основные, фундаментальные законы нашего мира, при этом в процессе их исследования и описания широко использует язык математики, а в последние десятилетия – информационные технологии.

В наше время значение физики чрезвычайно велико. Все то, чем отличается современное общество от общества прошлых веков, все, что окружает нас повседневно и без чего мы уже в принципе не можем представить себе нашу жизнь, появилось в результате применения на практике физических открытий, которые привели к основополагающим изменениям в жизни человечества: космическим технологиям, новым методам сверхточных измерений, медицинской диагностики и лечения, созданию новых материалов, средств коммуникации, наконец, к новым информационным технологиям. Эти технологии оказали столь сильное влияние на человечество, что породили концепцию «информационного общества», в котором большинство работающих занято производством, хранением, переработкой и реализацией информации.

В течение жизни нашего поколения мы стали свидетелями удивительных достижений в области информационных и компьютерных технологий, связи и коммуникаций. Их бурное развитие продолжается, и предполагается, что в ближайшие 10–15 лет будут разработаны и уже разрабатываются небольшие персональные и офисные компьютеры, а также карманные вычислительные устройства, сопоставимые по памяти и скорости вычислений с современными суперкомпьютерами. Пользователи

Интернета, включая людей, технические устройства и сенсоры, будут иметь неограниченные возможности для хранения и обработки малоструктурированных данных. Для их использования потребуются специальные технологии искусственного интеллекта, такие как нейронные сети, машинное обучение и др. Нет никакого сомнения в том, что компьютерные технологии будут востребованы в управлении страной, во всех сферах жизни общества. Эксперты считают, что через 15–20 лет практически все люди будут представлены в Интернете. Доступ к Сети будет рассматриваться как одно из основных прав человека и будет обеспечен на всей обитаемой территории. Будут разработаны новые технологии цифрового общения между людьми, между людьми и государственными и социальными службами (электронное правительство) и между людьми и вычислительными устройствами (умные дома, умные города, цифровые предприятия). Чтобы идти в ногу с мировым прогрессом, Беларусь должна уделять этому направлению особое внимание и оказывать максимальную поддержку его развитию.

Новый импульс получила в настоящее время тема искусственного интеллекта. Термин был введен в научный обиход в конце 1950-х гг., и одно из его толкований предполагало, что работу человеческого мозга удастся скопировать с помощью несложных математических моделей. Но постепенно выяснилось, что эту проблему так просто не решить. Конечно, многое удалось сделать, но искусственный интеллект в смысле способности саморазвития компьютерных систем так и не был создан. Сейчас есть все предпосылки для серьез-

ного научно-технологического прорыва в этом направлении: имеются компьютерные модели, способные к обучению и самообучению; появились мощные и недорогие вычислительные ресурсы, обеспечивающие поддержку моделей; имеются огромные наборы цифровых данных, с помощью которых можно осуществлять процесс обучения. Государства и частный бизнес вкладывают существенные финансовые ресурсы в создание систем искусственного интеллекта. Результаты не заставили долго ждать. Например, в последнее время продемонстрированы прорывные успехи в распознавании цифровых данных и речи.

Разработка новых компьютерных методов обработки и анализа биологических данных является одним из наиболее важных и перспективных векторов развития науки и технологий. Этому в значительной степени способствовали достижения ученых по расшифровке генетических данных живых организмов. В начале 2000-х гг. был успешно завершен проект «Геном человека», длившийся более десяти лет и позволивший расшифровать ДНК человека. Технологический рывок последнего десятилетия, использующий также достижения математики и информатики, позволил получать полный геном организмов в течение нескольких недель. В последние годы сформировались, в том числе в нашей стране, новые научные направления, включающие биоинформатику, структурную биологию, биофармацию и другие, активно опирающиеся на математические и компьютерные методы анализа геномных данных и белковых структур.

В США, Европейском союзе, России и других странах стартовали крупные научные проекты, нацеленные на то, чтобы объяснить, как физико-химические процессы в мозге формируют сознание и поведение человека. По оценкам специалистов, в мозге человека содержится 86 млрд нейронов, которые образуют порядка 100 трлн связей. Современные компьютеры не позволяют построить адекватные функциональные модели такого масштаба. Однако разрабатываются компьютерные платформы, объединяющие усилия сотен партнерских организаций из многих стран для решения сложнейшей задачи. Коллективный подход спосо-

бен обеспечить научный прорыв и масштабные открытия в области исследования мозга. Отмечается высокая вероятность появления искусственного интеллекта уже в середине XXI в. Если такое произойдет, то это поставит перед человечеством ряд совершенно новых задач и проблем.

В Национальной академии наук Беларуси (Объединенный институт проблем информатики, другие организации) и ведущих вузах республики проводятся исследования мирового уровня в области искусственного и естественного интеллекта, робототехники. Они связаны с обработкой биологических и медицинских данных, данных дистанционного зондирования Земли, цифровой фото- и видеоинформации, сведений о физических процессах, речи и текста. Результаты обработки используются для принятия интеллектуальных решений, сравнимых, а иногда и превосходящих по качеству решения человека-эксперта. Разрабатываются новые технологии управления движением роботов, системы управления роботами через Интернет, управления группами роботов, их навигации, создаются образовательные роботы. Но прежде чем эти технологии начинают служить обществу, они рождаются и созревают в научных лабораториях. Так было, есть и будет. Необходимо отметить, что в области информатизации общества, достижений в информационных технологиях, их практического применения Беларусь входит в число тридцати мировых лидеров, что весьма существенно для нашей страны с относительно малой численностью населения.

Наше время – эра расцвета квантовых технологий, уже принесших значительные результаты и обещающих столь много фундаментально нового и перспективного, что последнее десятилетие называют второй квантовой революцией. Это явилось результатом глубинного понимания процессов, происходящих на уровне одиночных частиц и квантов, осознания возможности манипулирования ими в максимально широких пределах, ограниченных лишь фундаментальными законами физики, использования этих законов для инноваций, создания прорывных технологий, способных решительным образом изменить жизнь человечества. Например, открытие невозможности иде-



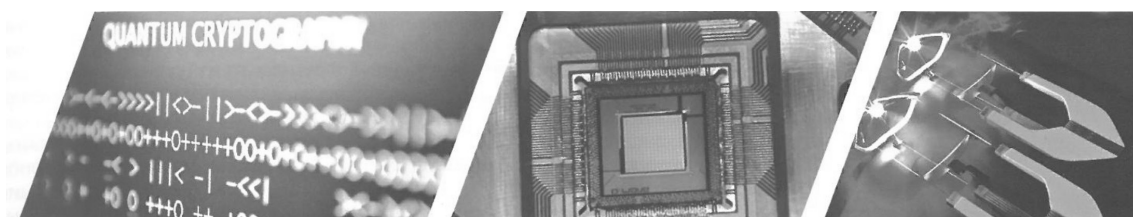
ального клонирования неизвестного квантового состояния в 1982 г. привело к созданию принципиально безопасного способа шифрования, квантовой криптографии, которая впоследствии превратилась в коммерческую технологию, применяемую в тех случаях, когда необходима высочайшая степень безопасности передаваемых данных (прежде всего в приложениях оборонного, финансово-экономического и государственно-управленческого назначения). Квантовая криптография стремительно развивается, безопасная передача информации стала возможна на сотни километров. В 2015 г. исследовательские группы Университета Женева и концерна «Корнинг инкорпорэйтед» добились передачи квантового ключа на расстояние в 307 километров по оптоволокну. В 2017 г. канадские исследователи осуществили передачу ключа с земли на летящий самолет, а китайские ученые смогли передать сигнал через спутник между двумя наземными станциями на расстояние в 1203 километра. В Республике Беларусь активно проводятся исследовательские и инновационные работы в области квантовой криптографии, завершившиеся созданием и успешным применением систем безопасной передачи информации. В Центре квантовой оптики и информатики Института физики НАН Беларуси создана первая в СНГ волоконно-оптическая система квантовой криптографии, осуществляющая квантовое распределение ключа на основе квантового кодирования во временные интервалы.

В последние 20 лет Европа выделила на развитие квантовых технологий более 500 млн евро. А в течение двух ближайших лет планируется направить более миллиарда евро на новаторские квантово-технологические проекты в рамках исследовательской инициативы «Квантовый флагман». Первая очередь - программа «Квантера» – уже запущена. Институт физики активно вовлечен в реализацию проектов Седьмой рамочной программы ЕС и программы ЕС «Горизонт-2020». В настоящее время Институт физики входит в консорциум проекта программы ЕС «Горизонт 2020» «Микроскопия сверхвысокого разрешения на перепутанных состояниях фотонов», целью которого является создание практического образца микро-

скопа на перепутанных состояниях, генерируемых твердотельным источником сверхизлучения.

Еще одно фундаментальное свойство квантовых систем – способность находиться в суперпозиционных и неклассических коррелированных, перепутанных состояниях – дало начало принципиально новому способу так называемых квантовых вычислений, где элементарная единица информации – не бинарный бит, а пространство состояний двухуровневой системы – кубит. Квантовый компьютер обещает значительные преимущества над классическим и способен справляться с задачами, практически недоступными вычислительным системам, не полагающимся на квантовую интерференцию. Пока созданы лишь малые квантовые процессоры, но результаты настолько многообещающие, что даже стали предметом коммерческой технологии. Канадская компания «Ди-вэйв» с 2011 г. продает процессоры на нескольких сотнях и более кубитов. Одним из покупателей является аэрокосмическая корпорация «Локхид Мартин», приобретающая один из первых 128-кубитных процессоров за 11 млн долларов. Много исследовательских групп по всему миру занято поиском оптимальных схем для квантового компьютера и материальной базы для него. Специалистами Института физики НАН Беларуси было впервые предсказано, что парамагнитные центры окраски в нанокристаллах алмаза (NV-центры) – перспективный материал для реализации твердотельных носителей кубитов. Кроме того, ученые института активно участвуют в работах по созданию материальной базы квантового компьютера на основе центров окраски в тесном взаимодействии с учеными из Германии, Франции, Российского квантового центра «Сколково», Объединенного института ядерных исследований – Дубна, Московского государственного университета и т.д.

В целом можно с уверенностью сказать, что в Беларуси имеется представительный ряд ученых, научных коллективов и лабораторий, активно развивающих квантово-оптические технологии, тесно сотрудничающих с зарубежными партнерами как из стран СНГ, так и из других стран. Отечественными исследователями получены важные, признанные на международном уровне



результаты, например в области квантовых измерений и сверхточной диагностики, которые уже нашли свои практические приложения.

По масштабам влияния на человеческое общество создание лазеров и последовавшее за этим бурное развитие и использование оптики и оптоэлектроники во всех сферах деятельности можно сравнить с открытием атомной энергии и освоением космоса. По заключению Европейской комиссии, фотоника и лазерные технологии являются локомотивом инновационного развития экономики. Объем мирового производства лазеров за последние 10 лет удвоился и на 2017 г. прогнозируется на уровне свыше 11 млрд долларов. По словам главы известной компании «Решения в Биофотонике» Кийоми Монро, фотоны являются новым «топливом» нынешнего века – драйвером новых эффективностей в обработке материалов, обеспечивающих поразительные прорывы в медицине и материаловедении, новые технологии в возобновляемых источниках энергии и инфраструктурные изменения в телекоммуникациях, ведущих к глобальной трансформации нашего общества.

Лазерные технологии становятся базовыми в авиации, машино-, авто-, вагоно- и судостроении; перспективы их использования проявляются в мосто- и трубостроении, в строительстве. Эти тенденции просматриваются во всех ведущих индустриальных странах мира – США, Японии, Германии, Великобритании, Франции, Китае, Индии, России. Лазерное технологическое оборудование занимает сегодня более 12 % мирового рынка обрабатывающих установок (в стоимостном выражении), причем эта доля достаточно быстро увеличивается.

Среди ключевых направлений инноваций в лазерных технологиях можно выделить следующие:

- лазерная микрообработка материалов (микромашининг), в том числе с использованием лазеров ультракороткой длительности;
- волоконные лазеры высокой мощности, обеспечивающие киловаттные мощности в одномодовом режиме генерации и сотни киловатт в многомодовом режиме;
- лазеры высокой мощности на тонком диске для технологических применений;
- лазерные аддитивные технологии (лазерная 3D-печать), включая лазерную стереолитографию, селективное лазерное спекание и прямое лазерное спекание металла, которое, в отличие от недорогих струйных 3D-принтеров, обеспечивает пространственное разрешение (точность) печати на уровне 1 мкм и выше;

- лазерные лидары для систем навигации автомобилей без водителя, а также дронов и автономных промышленных роботов;
- лазерные системы для проточной цитометрии, когерентной томографии и косметических применений в биомедицине;
- системы лазерно-плазменной спектроскопии для атомно-эмиссионного экспресс-анализа состава различных материалов;
- лазерная цифровая киноиндустрия, в том числе цветные 3D-лазерные проекторы;
- лазеры с накачкой солнечным излучением, а также использование лазерных технологий в солнечной энергетике («фотовольтаике»);
- лазерные диоды и твердотельные лазеры видимого диапазона, открывающие путь к новым технологиям в медицине и обработке информации;
- лазеры для оптических телекоммуникаций со скоростью передачи информации 100 G (100 Гб/сек на 1 канал).

В фотонике, лазерной физике, нелинейной оптике и спектроскопии белорусскими учеными в последнее десятилетие получен ряд результатов, имеющих мировой приоритет. Среди них уникальные методики измерений квантовых состояний слабых оптических полей, новые лазерные, нелинейно-оптические и метаматериалы, полупроводниковые гетероструктуры для генерации ультрафиолетового излучения, новые методы атомной эмиссионной спектроскопии и комбинационного рассеяния, новые материалы для нанофотоники, уникальные методы лазерной терапии. На их основе созданы или создаются оптико-волоконные системы квантовой криптографии, мощные, в том числе с диодной накачкой, фемтосекундные лазеры, оптические когерентные томографы для медицинских и технических приложений, новые методы, аппаратура и программное обеспечение для комплексного (спутниковые, авиационные и наземные данные) оптического, лазерного лидарного и радиометрического зондирования атмосферы, твердотельные лазеры, в том числе с диодной накачкой и нелинейно-оптическими преобразователями для получения излучения в УФ, видимой и инфракрасной областях спектра, оптические и лазерные системы для специальных применений, терагерцовое оборудование для бесконтактной диагностики и идентификации различных материалов, фототерапевтические аппараты для лечения заболеваний человека, безэталонные приборы для лазерного эмиссионного анализа материалов, оборудование

для производства фотовольтаических элементов с повышенным КПД, лазерное оборудование для применения в машиностроении и многое другое.

В ближайшей перспективе в области фотоники с учетом имеющихся заделов предполагается, с одной стороны, усилить и сделать более многоплановым сотрудничество с реальным сектором экономики страны: с Минпромом Республики Беларусь (создание аналитического и прецизионного оптического измерительного оборудования, диагностических комплексов, лазерных технологических установок), с Минздравом (новое лазерное терапевтическое и хирургическое оборудование и технологии), с коммунальными и дорожными отраслями (высокоэффективная светотехника), а с другой – организовать при Национальной академии наук мелкосерийное производство дорогостоящего научного и технологического оборудования, основанного на последних достижениях и ноу-хау отечественных ученых и имеющего спрос за пределами нашей страны. Особое внимание при этом будет обращать на информационное обеспечение функционирования такого оборудования. Должное внимание будет уделяться развитию исследований в области микро- и оптоэлектроники, практическому внедрению полученных результатов с учетом имеющейся в республике микроэлектронной промышленности, а также большого потенциала применения оптоэлектронных систем в других отраслях экономики.

Хотелось бы также отметить необходимость развития в Беларуси космических исследований. Мы имеем собственное производство целевого оптического оборудования для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), собственный спутник ДЗЗ и все необходимые службы для управления им и получения космической информации. Накоплен уникальный опыт по обработке космических снимков. С учетом изменений климата (наводнения, засухи, пожары, смерчи и т.д.) и требований национальной безопасности на повестке дня стоит вопрос о создании спутника ДЗЗ с более высоким пространственным разрешением, что позволит изготавливать наиболее точные топографические карты, обеспечивать информацией сельское хозяйство для развития точечного земледелия, прогнозирования урожайности, на новый уровень поднять использование лесных угодий и лесовосстановление, получать оперативную информацию с сопредельных территорий. С национальной безопасностью непосредственно связаны и работы по созданию систем идентификации и прослеживаемости товаров, изготавливаемых в

Беларуси, поступающих в нашу страну или следующих транзитом через нее. Отдельные части этой системы уже существуют. Запланировано всемерное расширение и дополнение ее, что позволит предотвратить поступление в республику контрафактной и некачественной продукции (например, лекарств и продуктов питания) и увеличить возможности Беларуси как транзитного государства. Следует отметить, что система идентификации и прослеживаемости товаров представляет собой уникальный пример совместного использования информационных, микроэлектронных, оптических и радиоэлектронных технологий.

В условиях перехода к четвертой промышленной революции, часто называемой Индустрия 4.0, вклад ученых в решение экономических и социальных задач становится весьма существенным. В этой связи, на наш взгляд, имеются четыре проблемы, требующие своего решения.

Во-первых, поиск одаренных творческих личностей, начиная со школы, создание условий для их роста и развития. Для этого целесообразно создавать специализированные классы с конкурсным отбором в них школьников, их будут курировать университеты и академические НИИ.

Во-вторых, необходима специализированная углубленная подготовка студентов для работы в науке. Имеется опыт в США, Англии, Франции, Японии, когда она осуществляется в ограниченном числе наиболее престижных вузов, выпускники которых становятся известными учеными, в том числе лауреатами Нобелевских премий. Нам нужен такой университет с собственной программой, сочетающей получение углубленных знаний по избранным специальностям с научной работой, изучением нескольких иностранных языков. Наиболее целесообразно создать такой университет при НАН Беларуси.

В-третьих, следует коренным образом изменить положение науки в обществе, сформировать положительное отношение к ней.

Наконец, в-четвертых, нужно создать прозрачную и простую «инновационную» законодательную базу, обеспечивающую, с одной стороны, быстрое внедрение научных результатов, а с другой – допускающую степень риска в этом процессе.

В заключение хотел бы подчеркнуть, что ученые Отделения физики, математики и информатики НАН Беларуси видят свою задачу в систематическом получении результатов фундаментальных и практико-ориентированных исследований мирового уровня и обеспечении на этой основе вклада в инновационное развитие отечества.



ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО – ТОЧКА ОПОРЫ

*Александр Ласковнѳв,
академик-секретарь Отделения физико-технических наук
НАН Беларуси, академик*

Основным трендом мирового развития является переход к цифровым технологиям производства (Индустрия 4.0), которые основываются на комплексном применении интегрированных компьютерных средств автоматизации, моделирования и обработки информации на всех стадиях жизненного цикла изделия: планирования, разработки, изготовления, эксплуатации и утилизации. Ключевая особенность такого производства – всесторонний обмен информацией между всеми технологическими процессами – происходит исключительно в цифровом виде. В конкретном случае это означает повышение эффективности по всей цепочке создания стоимости, скорейший выход на рынок, большую гибкость и повышенную доступность управления всеми системами производства, возможность создания новой индивидуализированной (персонально ориентированной) продукции.

Цифровое производство базируется на двух главных составляющих:

- аппаратная – оборудование и технологические процессы (станки, обрабатывающие центры, промышленные роботы, автоматические линии, 3D-принтеры и т.п.) и вся компьютерная и оргтехника, обеспечивающая непосредственное программное функционирование, а также ее взаимодействие с оборудованием;
- информационная – комплекс программного обеспечения, реализующего алгоритмы формирования и управления всеми информационными потоками и процессами производства, а также создания, передачи и хранения всех данных.

Одну из ключевых позиций в этой области занимают технологии компьютерного инжиниринга: веб-проектирование и промышленный дизайн; виртуальное моделирование эксплуатационных и технологических процессов, испытаний; создание и применение цифровых двойников изделий; реверс-инжиниринг, прототипирование и 3D-печать и др.

С целью интегрирования в процесс производства компьютерного инжиниринга (то есть совершенствования выпускаемых изделий и обновления их линейки) необходимо:

- постоянно развивать компетенции промышленного дизайнера;
- создать методическое обеспечение по выполнению типовых задач;
- вырастить специалистов, владеющих современными инженерными технологиями;
- утвердить 3D-модели в статусе конструкторской документации;
- обеспечить взаимодействие испытательных и конструкторских подразделений.

Перспективы транспортного машиностроения

Основные тенденции развития транспортных средств – электрификация и интеллектуализация (автономное вождение, связь автомобиля с окружающей средой).

Преимущества электромобиля доказаны: это экологически чистый вид транспорта (при движении отсутствуют выбросы вредных веществ в атмосферу, низкий уровень шума); КПД электропривода достигает 90 % (КПД двигателя вну-

тренного сгорания 35–40 %); электродвигатель не требует больших затрат в процессе эксплуатации, имеет высокие характеристики крутящего момента и мощности, при торможении «рекуперирует» энергию, используя ее для заряда аккумуляторных батарей.

Беларусь, как и промышленно развитые страны, стремится изменить баланс производства и потребления энергии в пользу электрической. Наличие отечественной атомной электростанции делает целесообразным перевод части наземного транспорта на электрическую тягу и организацию его серийного выпуска в стране по доступным ценам. Интерес к электротранспорту вырос повсеместно, его разрабатывают и производят практически все ведущие автоконцерны. Более того, они анонсировали цель за следующие 10 лет достичь 25 % электроавтомобилей в своей продуктовой линейке.

Специфика использования коммерческого транспорта предполагает повышенные требования по ресурсу и степени загрузки силового агрегата на протяжении всего жизненного цикла. Пока их активное применение сдерживается не-

Наша промышленность вплотную подошла к созданию собственных электрических и гибридных автомобилей в русле самых передовых тенденций мирового технического прогресса

достаточным техническим уровнем и высокой стоимостью накопителей электроэнергии. В составе же гибридных силовых установок (ГСУ) электроприводы и накопители относительно малой емкости уже дают экономию топлива от 20 до 30 % в зависимости от режима эксплуатации и типа ГСУ (последовательный, параллельный и комбинированный). Ведущие мировые производители средних и грузовых автомобилей уже создали и освоили выпуск их гибридных модификаций.

Военным структурам ГСУ (в том числе на дорожке) интересны снижением расхода топлива, бесшумным ходом на электрической тяге, что особенно важно для тактической и боевой техники.

Результатом бурного развития микропроцессорных систем и систем спутниковой навигации является интеллектуализация транспортных средств. На первом этапе в конструкцию автомобиля были внедрены компьютерные системы управления практически всеми агрегатами и уз-

лами: двигателем, тормозами, трансмиссиями, подушками безопасности и др. Водитель управляет транспортным средством через электронного посредника, который или корректирует действия, или полностью «руководит» всем процессом.

На очереди – беспилотные модели. Разработка и внедрение технологий управления как на транспортной машине, так и в элементах дорожной инфраструктуры, включая глобальные системы навигации (GPS, ГЛОНАСС), – длительный процесс. В этом направлении мир движется поэтапно, путем постепенного внедрения систем помощи водителю (ADAS) с целью повышения безопасности на дорогах за счет исключения человеческого фактора при управлении автомобилем.

В Республике Беларусь тяговый электропривод широко применяется на автомобилях ОАО «БЕЛАЗ», троллейбусах и трамваях ОАО «Белкоммунмаш». Создан отечественный образец троллейбуса с современным электроприводом и накопителем энергии, обеспечивающими автономное движение на участках без контактной сети, а в 2017 г. освоено производство электробусов. Минский тракторный завод продемонстрировал экспериментальные образцы колесных тракторов с электроприводом.

Освоили производство современных электрических машин и систем управления для них некоторые предприятия с негосударственной формой собственности, такие как ООО «Рухсервомотор», «Кэй Джи Импекс», ОДО «Стрим» и другие, поставляющие свою продукцию в том числе на экспорт. Таким образом, наша промышленность вплотную подошла к созданию собственных электрических и гибридных автомобилей в русле самых передовых тенденций мирового технического прогресса.

В Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси в сотрудничестве с компанией «Кэй Джи Импекс» разработан и изготовлен экспериментальный образец электромобиля на базе серийного отечественного легкового автомобиля сборки СЗАО «БЕЛДЖИ». В настоящее время электромобиль проходит испытания. Одновременно ведутся работы по улучшению его характеристик и по созданию отечественных систем помощи водителю ADAS в рамках программы Союзного государства «Автоэлектроника».

Основная задача при освоении массового производства электромобилей в стране – параллельное изготовление компонентов электропривода, в

том числе накопителей энергии, силовой электроники и других элементов.

Широкое внедрение электротранспорта позволит снизить себестоимость внутригородских перевозок, улучшить экологию городов и обеспечить более равномерную загрузку энергосистемы, стимулируя массовый отбор энергии в ночные часы. В различных учреждениях республики активно разрабатывается инфраструктура и стандарты функционирования транспорта с электрическими и гибридными силовыми установками. Спрос на электромобили можно повысить путем значительного снижения их стоимости, льгот и преференций. С этой целью разработан соответствующий проект Указа Президента Республики Беларусь.

Интеллектуальное производство и инновационные материалы

Индустрия 4.0 характеризуется тем, что в качестве дизайнера и инженера практически любого продукта выступает потребитель. Теперь по его запросам можно непосредственно контролировать и управлять, а также изменять производственный процесс. В основе зарождающихся новаций лежит массовая компьютеризация и глобализация Интернета. Дальнейшее развитие производства аналитики связывают с машинным обучением и искусственным интеллектом. Сочетание робототехники и 3D-печати с Интернетом вещей в Глобальной сети и искусственным интеллектом уже сегодня позволяет создать полностью автоматизированные фабрики. Процессы сборки изделий и самосборки структур материала реализуются на разных уровнях: от атомарного моделирования макромолекул и наноструктур до послойного синтеза крупных сооружений.

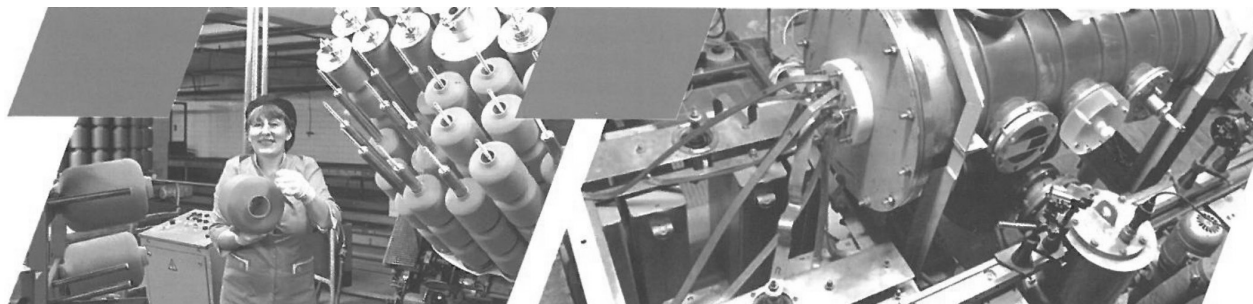
В НАН Беларуси уже разработано и серийно выпускается такое инновационное оборудование, в частности привод источника плазменной резки реализован в качестве многокоординатного манипулятора технологического комплекса плазменного раскроя материала (ГНПО «Центр»

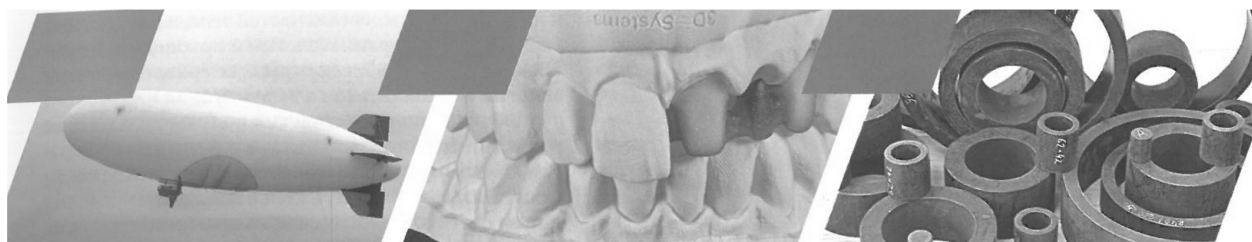
НАН Беларуси). Экструдерная система для полимерной печати управляет температурой процесса в зависимости от применяемого материала и его армирующих наполнителей (ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси). Для производства и контроля изделий в технологическом комплексе радиоэлектронного производства используется атомносиловой микроскоп, позволяющий путем индентирования и наносверления контролировать микросхемы и устранять их дефекты (совместная разработка НПО «Планар» и ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси).

В новых материалах и технологиях заинтересованы практически все отрасли промышленности, начиная от железнодорожной и автотранспортной и заканчивая аэрокосмической и атомной. Научные организации Отделения физико-технических наук НАН Беларуси стремятся к тому, чтобы соответствовать запросам индустрии и бизнеса, развивать в общем русле с лучшими мировыми достижениями фундаментальные и прикладные исследования. Яркое тому подтверждение – обзор наиболее значимых задач, которые ставят перед собой организации Отделения на среднесрочную перспективу.

Научные исследования и разработки в НПЦ НАН Беларуси по материаловедению будут нацелены на получение новых материалов, обладающих заранее заданными свойствами, и их применение в различных областях современной техники и технологий. Для электроники будут создаваться многослойные пленочные структуры на основе переходных металлов, обладающие гигантским магниторезистивным эффектом; несобственные мультиферроики с особыми электрическими свойствами; новые радиационные технологии с использованием ускорителя электронов.

В солнечной энергетике будут востребованы многослойные периодические наноструктуры взаимодействующих квантовых точек германия в кремнии и высокоэффективные светодиоды для инфракрасной области спектра на их основе, а также тонкопленочные солнечные элементы на





основе многокомпонентных полупроводников со структурой халькопирита и кестерита. Будут разработаны метаматериалы для прецизионных фотонных устройств – магнитоплазмонные кристаллы, представляющие собой металлodieлектрические гетероструктуры, содержащие слои магнитных диэлектриков с нанесенными на них перфорированными нанослоями золота.

Машиностроение получит обрабатывающий инструмент с применением композиционного материала на основе нанопорошков кубического нитрида бора; особый сверхтвердый материал – алмаз, армированный нанотрубками/нановолокнами, для изготовления уникального режущего и шлифовального инструмента, а также технологии нанесения наноконпозиционных сверхтвердых износостойких покрытий на инструмент, детали машин и механизмов.

Суперконденсаторы на основе графеноподобного углерода, разрабатываемые в НПЦ, найдут широкое применение в электроавтотранспорте. Новые магнитомягкие наномодифицированные композиционные материалы заменят дорогостоящую ламинированную сталь при производстве ряда электротехнических изделий.

Для ракетно-космической и специальной техники будут развиваться технологии формирования покрытий большой площади на основе магнитомягких слоев, обладающих высокой эффективностью защиты радиоэлектронных изделий от электромагнитного излучения и проникающей радиации.

Навигация получит магнитоуправляемые наноструктурные сенсоры на основе мультислойных структур с чередующимися слоями из ферромагнитных и диэлектрических пленок.

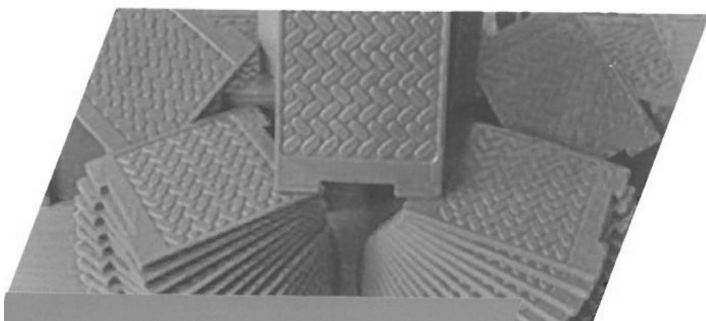
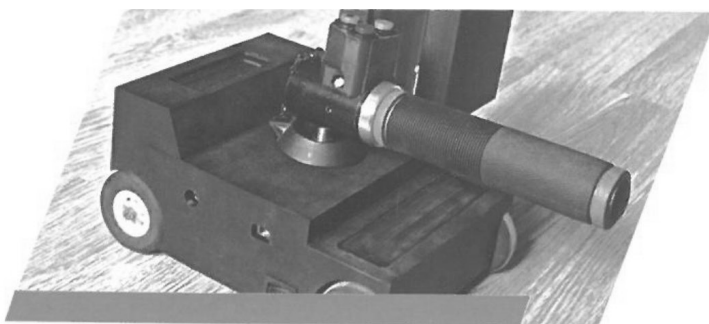
Специалисты НПЦ по материаловедению работают над созданием локализованных плазмонных наноструктур для усиления рамановского рассеяния света и повышения чувствительности рамановских спектрометров, использующихся для анализа веществ в биологии, медицине, экологии, пищевой промышленности. Планируется развивать технологии роста монокристаллов высокотемпературных сверхпроводников, полу-

проводников, мультиферроиков, алмаза, нелинейнооптических кристаллов, разрабатывать методы управления когерентной и диссипативной динамикой твердотельных спиновых и сверхпроводниковых кубитов, NV-центров в алмазе, создавать программные комплексы оптимизации технологических процессов в производстве интегральных схем.

На базе Физико-технического института НАН Беларуси ведутся разработки по новому научному направлению «Наноматериаловедение», основу которого составляют создание и исследование тонких пленок, нанопорошков, нанокристаллических материалов различной природы, таких как особо чистая керамика, композитные металлокерамические материалы, и других наноматериалов с большой поверхностной энергией, обеспечивающих создание уникальных монокристаллических структур, обладающих сегнетоэлектрическими, магнитными и другими свойствами.

Причем нередко новый материал предполагает поиск новой технологии его синтеза. Например, для получения высокочистых частиц металлов и керамики нанометрового диапазона размеров частиц высокую эффективность показывает метод горения растворов, активно разрабатываемый в ФТИ. С его помощью получают наноразмерные оксидные, бескислородные и композиционные наноматериалы с различными физическими и химическими свойствами. Они находят все более широкое применение в качестве высокоэффективных катализаторов, люминофоров для светодиодной и лазерной техники, порошков для аддитивных технологий, адсорбентов, магнитных материалов, высокопрочных био- и бронекерамических материалов, применимых для создания высокоэффективных элементов индивидуальной защиты человека, для замены и лечения поврежденных частей тела, изготовления эндопротезов в травматологии и ортопедии, разработки новых пломбирочных материалов в стоматологии и имплантатов в хирургии.

В ближайшие десятилетия получают дальнейшее развитие комбинированные вакуумные технологии, обеспечивающие «точечное» управле-



ние свойствами исходного материала на небольшую глубину или за счет создания пленок из других материалов. В основе разработок будут лежать результаты новейших фундаментальных исследований в области физики взаимодействия мощных потоков энергии с конденсированными средами, неравновесной термодинамики и инженерии поверхностей. Такие технологии широко представлены сейчас в тематике научных разработок ФТИ НАН Беларуси. Здесь создаются аддитивные технологии, а также технологии, управляющие составом формируемого материала на стадии выращивания, которые позволят получать цельные и готовые к использованию изделия сразу с требуемым градиентом механических, электрических, магнитных и других свойств, обеспечивающих уникальный набор эксплуатационных характеристик.

В планах Института технической акустики НАН Беларуси – разработка ультразвуковых аддитивных технологий изготовления деталей и конструкций. Развитие физического материаловедения позволит создать композиционные мультиферроики с гигантским значением магнитоэлектрического эффекта и материалы с аномально высокими значениями диэлектрической проницаемости (более 105) и термостабильностью. Наиболее известным видом мультиферроиков на сегодняшний день являются сегнетомагнетики. Их важнейшее свойство – возможность управления магнитными и полярными параметрами с помощью электрического и магнитного полей.

Кроме того, тематика исследований Института ориентирована на создание новых современных технологий для машиностроительного комплекса, энергетики, приборостроения, производство изделий медицинского назначения. Среди перспективных направлений – разработка высокоэффективных процессов и устройств обработки материалов, новых функциональных материалов для повышения качества выпускаемой продукции, снижения себестоимости и повышения уровня безопасности производств с использованием мощного ультразвука. Для решения этих задач обра-

зован Республиканский центр ультразвуковых технологий.

В Институте тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси активно ведутся фундаментальные исследования в области теплофизики, физики плазмы, горения и взрыва, химической физики, гидро- и газодинамики, нанотехнологий, численного моделирования физико-химических и энергообменных процессов, мембранных технологий, синтеза новых материалов.

В качестве ключевых тем выделены: развитие высокоскоростных методов оптической диагностики фемтосекундного разрешения, необходимых для разработки двигательных и энергетических систем нового поколения; создание новых видов топлива; изучение гиперзвукового движе-

Отделения физико-технических наук НАН Беларуси стремятся к тому, чтобы соответствовать запросам индустрии и бизнеса, развивать в общем русле с лучшими мировыми достижениями фундаментальные и прикладные исследования

ния тел в химически реагирующих газах с целью проектирования двигателей и понимания процессов в проточной части гиперзвуковых летательных аппаратов.

Перспективны разработки новых методов структурно-фазовой модификации поверхностных свойств различных материалов, позволяющие улучшать эксплуатационные характеристики конструкционных и инструментальных сталей, твердых и легких сплавов, полупроводников, недоступных для других способов обработки. Продолжатся фундаментальные исследования по созданию научных основ получения высокотемпературных керамических материалов двойного и специального назначения с уникальными характеристиками, а также работы, связанные со следующим поколением материалов для синтеза мелкодисперсных порошков тугоплавких соединений и их применения в высокотехнологичных производствах, в том числе на основе аддитивных технологий. Особое внимание будет уделено разработке новых физико-математических моделей для численного описания процессов переноса энергии и вещества в системах со стохастической структурой, на микро- и мезомасштабах, в том числе в областях, недоступных для экспериментальных измерений, развитию принципов

получения энергонасыщенных компрессионных плазменных потоков в квазистационарных ускорителях нового поколения. Использование таких систем важно для решения ряда задач управляемого термоядерного синтеза (инжекция плазмы в магнитные ловушки), для ускорения макрочастиц в вакууме.

ИТМО работает над совершенствованием линейки оптического оборудования нового поколения для создания автоматизированных производств высококачественных прецизионных оптических изделий из стекла, нелинейных оптических кристаллов, металлов, полупроводниковых материалов. Планируется организовать выпуск особо ответственных изделий, включая детали крупногабаритной астрооптики, и экспортировать их на международный рынок.

В качестве нового направления определены комплексные исследования по разработке диагностических и терапевтических методов борьбы с наиболее распространенными заболеваниями.

Работы над новыми, в том числе импортозамещающими материалами различного функционального назначения ведутся в Институте химии новых материалов. Это полимеры, катализаторы, красители, материалы для ИТ-индустрии, 3D-печати и др. В их числе технология комплексной переработки углеводородного сырья (высоковязких тяжелых нефтяных остатков, битумов, угля) и биомассы (древесные отходы, водоросли) с использованием разработанных нанокатализаторов, которая позволит достичь 100%-ной глубины переработки сырой нефти, уменьшить ее расход, а также получить кислород- и азотсодержащие продукты для нефтехимического синтеза.

На основе лесохимического сырья планируется создать наукоемкие импортозамещающие материалы для фармацевтики и медицины, электроники, полиграфии, металлообработки, целлюлозно-бумажной, полимерной и шинной промышленности, а также технологии глубокой переработки скипидара и канифоли с использованием природных алюмосиликатов.

Будут получены мультислойные полифункциональные наночастицы биологически активных веществ (БАВ) со структурой ядро/оболочки, в котором ядро – магнитные наночастицы (НЧ), функционализированные БАВ, а оболочки – НЧ Au, Ag, CeO_2 и биосовместимые полимеры, содержащие активные группы для связывания БАВ. На

основе природных, синтетических и искусственных полимеров пролонгированного действия и целевой доставки будут созданы тонкопленочные материалы с необходимыми свойствами, которые найдут применение в качестве защитных и смазочных покрытий в прецизионных узлах трения и микроэлектромеханических системах; в качестве носителей мезенхимальных стволовых клеток; для модификации поверхности с целью придания ей необходимой смачиваемости, шероховатости, бактерицидности.

Значительно увеличить пропускную способность существующей оптоволоконной инфраструктуры систем телекоммуникации позволят жидкокристаллические материалы с отрицательной дисперсией двулучепреломления и их текстурированная ориентация новыми высокочувствительными фотоориентантами, разрабатываемые в ИХНМ.

В Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого интенсивно ведутся исследования и разработки в области управления структурными элементами на молекулярном и наноуровне, создания материалов с заданными структурой и функциональными свойствами. Они востребованы всеми отраслями отечественной промышленности, поскольку обладают уникальными прогнозируемыми характеристиками. Учеными Института созданы композиты на основе полиалкилентерефталатов, в том числе стеклоармированные, которые применяются в электротехнической отрасли. Технологии получения модификаторов ударной вязкости и ударопрочных материалов на базе алифатических полиамидов, трубок для пневмосистем используются в автотракторном секторе; ингибированные и эластичные композиции, полимерные материалы триботехнического назначения, в том числе смесевые и самосмазывающиеся, — в машиностроении.

Согласно прогнозам, в ближайшие годы будут востребованы композиты с электретыми, магнитными свойствами, обладающие эффектом структурной памяти, радиопрозрачностью,

высокими оптическими характеристиками, восприимчивые к передаче оптической и магнитной информации, направленно изменяющие свои свойства при воздействии лазерного и ионизирующего излучения.

Ученые ИММС включились в процесс разработки таких материалов, а также занимаются технологиями изготовления эластомеров, наращивают объемы производства продукции на их основе, расширяют ассортимент ПМК конструкционного назначения на базе отечественных термопластов, полимерных смесей и огнестойких композитов. Бурное развитие nanoиндустрии подтолкнуло исследователей к созданию технологий полимерных нанокомпозитов, в их числе углеродные наноматериалы и органоглины. Институт планирует заняться разработкой аддитивов и организацией на их основе малотоннажных производств функциональных добавок-совместителей для полимерных смесей, модификаторов ударной вязкости, пластификаторов, стабилизаторов, антипиренов, стекловолоконных и углеродных наполнителей, технологических смазок. В планах исследования по разработке биodeградируемых смазочных материалов на основе растительного сырья и жиров животного происхождения, пластичных композитов, в том числе высокотемпературных из побочных продуктов нефтепереработки. Большое внимание будет уделено технологии производства антифрикционных фторопластовых композитов группы «Флувис», расширению номенклатуры и объемов их выпуска для химической и нефтегазовой промышленности, лазерной технологии получения волокнисто-пористого фторопласта-4 «Грифтекс» и фильтрующих элементов на их основе.

Обнаруженный в Институте механики металлополимерных систем эффект синергетического упрочнения термопластичных полимеров будет использован для создания полимерных композитов конструкционного назначения с рекордными характеристиками (упругость не менее 25 ГПа, механическая прочность до 300 ГПа) и управ-



ляемой реологией расплавов. Развитие данного направления позволит создать новые суперударопрочностные, теплопроводные, высокомодульные и атмосферостойкие, огнестойкие безгалогенные, суперизносостойкие и прочие композиты специального назначения для кабельной продукции. Особого внимания заслуживает планируемая разработка теплопроводных материалов, остро востребованных в микроэлектронике, светодиодной технике и других современных технологиях.

Приоритетным направлением научной деятельности коллектива Института порошковой металлургии НАН Беларуси является исследование технологий и создание оборудования для соединения материалов различными способами, обеспечивающими при формировании изделия сплавы с заданными свойствами, нанесение покрытий, наплавку, применение нанотехнологий и др.

В задачи ученых входят также исследования и разработка новых керамических материалов и изделий из них на основе карбидо-кремниевых соединений, создание новых композиционных фрикционных материалов для передаточных и тормозных узлов современных машин, получение сферических порошков различного назначения, в том числе и для 3D-технологий. Ведется работа по созданию роботизированных комплексов и технологий для формирования газотермических высокопрочных и плотных покрытий из нано-, микро- и аморфных порошков, включающих металлы, сплавы, керамики, исследуются закономерности формирования заданной структуры новых пористых материалов – стеклоглестера, капиллярных структур мини- и контурных тепловых труб, а также технологий получения магниевых сплавов с высокими эксплуатационными свойствами для литья под давлением.

Контроль состояния объектов

Беларусь обладает развитым промышленным комплексом, производящим высокотехнологическую продукцию, неизменными характеристиками которой должны быть качество и безопасность. В этом научном направлении комплексные работы ведет Институт прикладной физики НАН Беларуси. Новые технологии ставят новые задачи и требуют новых методов неразрушающего контроля и технической диагностики мониторинга технического состояния сложных и потенциально опасных объектов промышленности, энергетики, строительства. Ожидается, что дальнейшее развитие получат методы, ориентированные на ви-

зуализацию внутренней структуры исследуемых объектов посредством рентгеновского, микроволнового и терагерцового излучения и ультразвука, а также их совместного применения для увеличения разрешающей способности томографов до микро- и наноразмеров.

В ИПФ разрабатываются методы томографии сложных технических изделий с применением вычислительной диагностики, реконструкции динамических изображений внутренней структуры нестационарных объектов с приложениями для технической и медицинской томографии, исследуются новые физические принципы рентгеновской томографии, изучаются вопросы повышения достоверности выявления дефектов современных конструкционных и новых материалов (композитов, керамики, углепластиков и др.), имеющих сложную конфигурацию, неоднородное внутреннее строение. Планируется создать отечественный промышленный рентгеновский томограф для трехмерной визуализации, дефектоскопии и размеромерии изделий для строительной отрасли и медицины. В числе разработок – портативный радар для цифрового представления внутренней структуры строительных конструкций, обнаружения различных дефектов, неоднородностей (инородные диэлектрические и металлические включения, арматура, сейфы, тайники).

Большой интерес представляют собой технологии замкнутого цикла на основе микроволновой и рентгеновской 3D-томографии, которые предполагают создание САЭ-образа объекта, его полный контроль в виртуальном режиме, определение различных дефектов (сплошности и геометрических), что в целом обеспечивает замкнутый автоматизированный производственный цикл и получение высококачественного изделия.

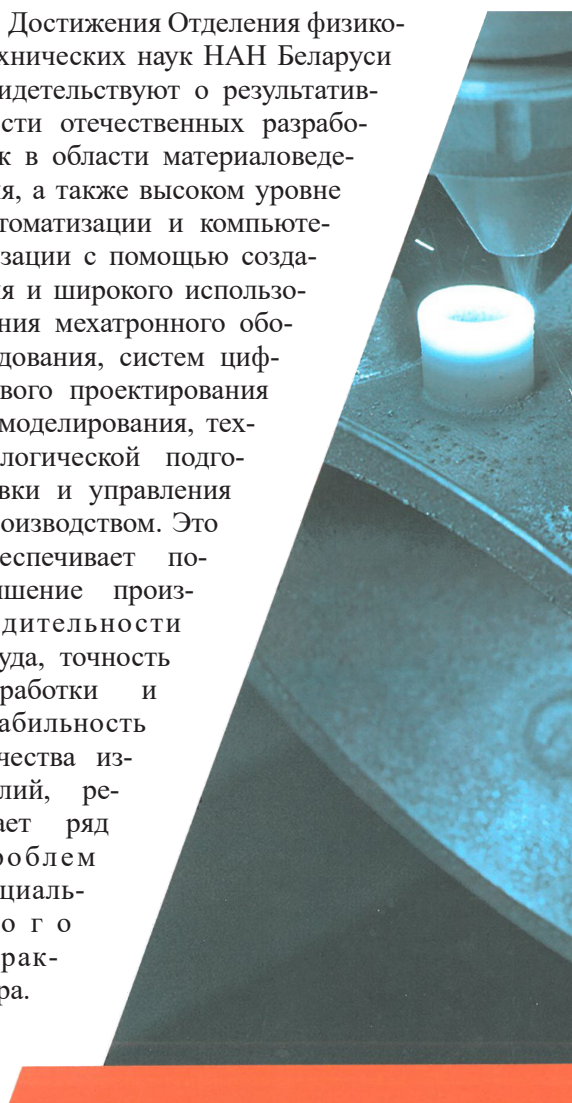
Сотрудниками ИПФ НАН Беларуси создана система автоматического мониторинга строительных конструкций, обеспечивающая более высокую по сравнению с зарубежными аналогами достоверность оценки остаточного ресурса за счет использования новых алгоритмов прогнозирования состояния конструкций по результатам многосенсорных измерений. Она внедрена на знаковых столичных объектах – Минск-Арена, Чижовка-Арена, Центр фристайла, высотные здания «Парус» и «Грин-Сити».

Перспективная задача – развитие систем непрерывного мониторинга для объектов различной природы на основе автономных беспроводных датчиков, в том числе на базе технологии са-

мовосстанавливаемых распределенных сетей. В качестве примера можно привести систему вибродиагностики энергетического оборудования, не требующую прокладки новых или дополнительных коммуникаций, с датчиками, питающимися за счет преобразования энергии механических колебаний в электричество. В ИПФ разрабатываются методики и алгоритмы для получения и обработки динамических изображений объектов в реальном времени, реконструкции трехмерных изображений и др. Планируется применять их для биомедицинских исследований, для мониторинга состояния ионосферы с реконструкцией полей концентрации электронов над территорией республики на основе данных высокоорбитальных спутниковых систем, что даст возможность повысить устойчивость радиосвязи, достоверность прогнозирования природных явлений; в военно-промышленной отрасли.

Таким образом, состояние и перспективы развития компьютеризированного производства, материалов позволяют говорить о формировании концепции «цифровой фабрики», в которой аддитивные и нанотехнологии являются определяющим звеном системы, включающим развитые подсистемы: 3D-проектирования и управления производством и потреблением, начиная от моделирования изделия, материалов и компонентов в соответствии с новыми технологическими возможностями и заканчивая получением и эксплуатацией функционально ориентированной продукции.

Достижения Отделения физико-технических наук НАН Беларуси свидетельствуют о результативности отечественных разработок в области материаловедения, а также высоком уровне автоматизации и компьютеризации с помощью создания и широкого использования мехатронного оборудования, систем цифрового проектирования и моделирования, технологической подготовки и управления производством. Это обеспечивает повышение производительности труда, точность обработки и стабильность качества изделий, решает ряд проблем социального характера.





НАУКА КАК МИССИЯ ЧЕЛОВЕКА ВО ВСЕЛЕННОЙ

Сергей Гапоненко,

*председатель Научного совета Белорусского республиканского фонда
фундаментальных исследований, академик*

Наука зародилась в древние времена как проявление естественного интереса человека к устройству окружающего мира. Впоследствии она стала реальной производительной силой, изменившей наш быт и образ жизни. Сегодня в массовом сознании наука ассоциируется прежде всего с повышением комфортности нашего существования, новыми лекарствами, средствами связи и транспорта, устройствами для развлечений. Роль науки как деятельности по исследованию Вселенной, включая и изучение самого человека, и постижение гармонии Природы, и построение согласованной научной картины мира в виде своеобразного интеллектуально-культурного кода и его трансляция последующим поколениям, а возможно, и передачи или обмена с внеземными цивилизациями, если таковые существуют, в последние десятилетия все больше и больше уходит в тень. На данном этапе развития принципиально важным представляется массовое осознание роли научной деятельности как особой миссии человечества. Мир прекрасен в своей гармонии, удивителен в своем разнообразии и бесконечен по своему содержанию. Есть очень высокая вероятность, что *Homo Sapiens* – вообще единственные создания в природе, которые способны построить правильную картину природы и передать ее новым поколениям для уточнения и дополнения. И в этом контексте общество должно адекватно оценивать роль ученых и место науки в жизни.

Познание – исключительная миссия, которая могла бы оправдать вред, наносимый окружающей среде человеком. Простое улучшение усло-

вий жизни людей за счет ухудшения существования для других представителей биоты не может снять вину за негативные последствия нашей деятельности. Понятие геоэтики как концепции ответственного, разумного, бережного отношения к Земле, включая ее недра и природные богатства, восходящее к выдающемуся российскому ученому В.И. Вернадскому, фактически должно эволюционировать в космоэтику. Мы обязаны «чувствовать» ответственность за познание мира и построение его научной картины, за передачу обобщенного знания другим поколениям *Homo Sapiens* и, возможно, другим разумным существам во Вселенной, за сохранение существующего биоразнообразия и за поиски биообъектов за пределами земной цивилизации.

Сколько стоят фундаментальные исследования?

Современная система финансирования науки устроена так, что приоритетом становится не постижение мира, а использование знаний для удовлетворения человеческих потребностей. Лишь незначительная доля из общего «кошелька», направленная на научные исследования и разработки, расходуется непосредственно на фундаментальные работы, нацеленные на получение новых знаний вне зависимости от их возможной полезности.

Обременительны ли такие исследования для кошельков налогоплательщиков?

Бытует мнение, что фундаментальная наука – чрезвычайно дорогое удовольствие, роскошь,

которую могут позволить себе только очень богатые государства. Действительно, значительная (но не основная!) часть таких работ выполняется крупными международными коллаборациями ученых в виде так называемых мегапроектов. Обычно в качестве аргумента дороговизны приводят именно их высокую стоимость. Обратимся к конкретным фактам. Стоимость создания адронного коллайдера – крупнейшего международного научного проекта на рубеже XX-XXI вв. – оценивается в 13 млрд долларов. Много это или мало? По сравнению с бюджетом небольшого государства стран третьего мира – много, а со стоимостью создания космического челнока (шаттла) – в 15 раз меньше. Эта гигантская, на первый взгляд, сумма незначительна даже по отношению к затратам на исследования и разработки в области информационных технологий. К примеру, фирма «Интел» – производитель компьютерных компонентов и других электронных устройств – ежегодно вкладывает в науку сумму,

такую функцию выполняют фонды фундаментальных исследований.

Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований: четверть века адресной поддержки ярких ученых

Мы гордимся тем, что Фонд, созданный в 1991 г., в период тяжелой экономической ситуации в СССР, стал первой на пространстве СНГ организацией целевой поддержки смелых научных идей. Сегодня каждый третий проект БРФФИ – молодежный. Фонд прочно вписался в общую систему финансирования исследований и разработок и стал важным элементом инфраструктуры, сформированной для выявления и поддержки одаренных ученых. Ежегодно научный совет Фонда выделяет около 300 новых грантов на проведение двухлетних циклов фундаментальных исследований. И это при том, что 25 лет назад занятие наукой в нашей стране для многих казалось совершенно безнадежным и бесперспективным делом, потому что ее финанси-

Фонд прочно вписался в общую систему финансирования исследований и разработок и стал важным элементом инфраструктуры, сформированной для выявления и поддержки одаренных ученых

рование сжалось до недопустимо низких размеров, а молодежь устремилась в более прибыльные сферы. В научной сфере остались самые стойкие. За прошедшие годы белорусская наука не просто выжила, а активно развивается, взаимодействует со многими отрасля-

ми реального сектора экономики. Многие ученые стали организаторами наукоемких предприятий, создали и возглавили новые научные и производственные компании, центры и объединения.

В отечественной науке уверенно трудится новое молодое поколение исследователей. Это стало возможным благодаря поддержке государства, вниманию руководителей научных школ, слаженной эффективной системе выявления и развития одаренной научной элиты. Важно, что в стране созданы и постоянно совершенствуются условия для раскрытия талантов. Сегодня группа молодых ученых, а именно – младший научный сотрудник, аспирант и магистрант, собравшись вместе и написав проект, содержащий оригинальную научную идею, может получить грант БРФФИ. Наряду с чисто белорусскими проектами Фонд поддерживает и международные. Совместно с Российским фондом фундаментальных исследований проведено два молодежных конкурса. Ценность идей заявителей беспристрастно оценивается экспертным сообществом без скидок на неопытность и незрелость. Система поддержки научной молодежи приносит

равную стоимости всего многолетнего проекта по строительству адронного коллайдера. Если оценить средства, потраченные этой компанией на создание современных процессоров с момента появления первых персональных компьютеров, то они окажутся выше десятка мегапроектов, направленных на познание мира.

Таким образом, даже масштабнейший международный проект в области фундаментальных исследований сильно недотягивает по стоимости до серьезных технических новаций. Подавляющее же большинство теоретических работ выполняется весьма небольшими группами ученых, как правило, в содружестве и кооперации с коллегами из разных стран. Для развития таких исследований важно иметь гибкую инфраструктуру, позволяющую быстро организовать небольшие по масштабам проекты для создания благоприятных условий ярким, талантливым, не всегда «громким», не всегда амбициозным, не всегда предприимчивым ученым. Особенно важна такая поддержка для молодых исследователей, не имеющих «административных» ресурсов. На пространстве СНГ, включая Россию и Беларусь,

свои плоды. Появились новые научные лидеры, генерирующие прорывные идеи, объединяющие вокруг себя талантливых молодых людей.

Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований постепенно превратился в основной инструмент поддержки международного сотрудничества ученых. Каждый второй проект Фонда – международный. Ежегодно объявляются десятки различных двухсторонних конкурсов с участием зарубежных организаций и фондов. Кроме того, каждый год проводится конкурс поддержки проектов, выполняемых белорусскими учеными с участием коллег из других стран. В 2017 г. впервые объявлены конкурсы совместно с Евразийской ассоциацией поддержки научных исследований, Национальным фондом естественных наук Китая, Комитетом по науке и технологиям Турции.

Высокие технологии вырастают из высокой науки

Ученые, познающие мир, часто похожи на чудаков-аскетов, одержимых своими идеями, отказывающих себе в определенных благах и удовольствиях ради служения науке. На практике оказывается, что именно исследователи в конечном счете помогают сделать нашу жизнь более комфортной, легкой и продолжительной.

Фундаментальные исследования – это первая и самая дешевая фаза инновационного процесса

Многочисленные примеры возникновения прорывных технологий позволяют утверждать, что высокие технологии вырастают из высокой науки. Однако бессмысленно спрашивать у ученых, какую пользу могут принести их исследования. Ответ всегда будет неверным, потому что ни один ученый, получающий новые знания, не может знать, «чем слово наше отзовется». Знал ли Фарадей о развитии электротехнической промышленности? Предвидел ли Максвелл создание радиосвязи и телевидения? Планировали ли создатели первых ЭВМ, что в XXI в. Компьютерные планшеты станут культовыми гаджетами школьников младших классов? Прогнозировали ли создатели первых лазеров, что самым массовым их применением станет просмотр мульти-

ков детьми на DVD-проигрывателях? Ожидал ли Циолковский появления глобальной GPS-навигации?

Сегодня много говорят о нанотехнологиях. Возьму на себя смелость утверждать, что большинство заявленных прогнозов не станут главным результатом их применения. Быстрее, легче, эффективнее, дешевле, компактнее – это то, что принесут нанотехнологии в технику. Но это «механический» прогноз, который просто соответствует банальному развитию всех технических отраслей. Если мы считаем нанотехнологии базовым, прорывным направлением в науке, мы должны ожидать от них чего-то большего. Возможно, для обозначения этого большего еще нет слов, но представляется совершенно ясным, что искать следует на стыке понятий био-когно-инфо. Дело в том, что самым отличительным признаком нанотехнологий является манипуляция атомами, молекулами и нанокристаллами, соединение кристаллов с молекулами, полупроводниковых структур с биоструктурами и даже, возможно, живого с неживым. Именно здесь и зарождается главное применение нанотехнологий.

Для мировой науки последних десятилетий характерен перенос центра тяжести исследований с направлений, связанных с познанием мира и построением его научной картины, на направления, удовлетворяющие запросы человечества в области качества жизни, здоровья, средств передвижения и коммуникаций. Фундаментальные исследования – это уже не просто удовлетворение любопытства ученых, а скорее – первая и самая дешевая фаза инновационного процесса. Поэтому наряду с секциями естественных и гуманитарных наук в БРФФИ работают секции технических, аграрных, медико-фармацевтических и социальных наук. Прикладные результаты, полученные математиками, могут создать основу новых фундаментальных идей в информатике; исследования, кажущиеся прикладными для биолога, становятся базовыми для медиков; достижения в области теоретической физики дают старт новым разработкам в технике и машиностроении. Связь наук, преемственность идей, неразрывность поколений – залог постоянного прогресса и в познании мира, и в развитии технологий на благо человека.

Основные показатели состояния и развития науки

	2011	2012	2013	2014	2015	2016 ¹⁾
Число организаций, выполнявших научные исследования и разработки, единиц	501	530	482	457	439	431
Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, человек	31 194	30 437	28 937	27 208	26 153	25 942
из них:						
исследователи	19 668	19 315	18 353	17 372	16 953	16 879
из них имеют ученую степень:						
доктора наук	741	719	703	671	648	631
кандидата наук	3 150	3 071	2 946	2 867	2 822	2 813
Численность обучающихся в аспирантуре (адъюнктуре), человек	5 779	5 456	5 265	4 900	4 932	5 090
Внутренние затраты на научные исследования и разработки, млрд, рублей, 2016 год - млн. рублей						
в фактически действовавших ценах	2 081,9	3 537,8	4 372,3	4 073,1	4 495,4	475,3
в процентах к валовому внутреннему продукту	0,68	0,65	0,65	0,51	0,50	0,50
Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников по виду деятельности «Научные исследования и разработки» ²⁾ , тыс. рублей, 2016 год - млн. рублей	2 661,6	4 913,8	6 824,6	7 937,5	8 875,0	1 008,0
Инвестиции в основной капитал по виду деятельности «Научные исследования и разработки» ⁴⁾ , млрд, рублей, 2016 год - млн. рублей	361,8	630,6	810,2	753,6	1 656,1	328,3
Индексы инвестиций в основной капитал по виду деятельности «Научные исследования и разработки» ²⁾ , в процентах к предыдущему году; в сопоставимых ценах	95,6	98,3	103,5	81,4	194,2	175,0
Ввод в эксплуатацию основных средств по виду деятельности «Научные исследования и разработки» ³⁾ , млрд, рублей, 2016 год - млн. рублей	310,6	741,9	513,9	666,2	842,4	599,3
Рентабельность реализованной продукции, товаров, работ, услуг по организациям с основным видом деятельности «Научные исследования и разработки» ²⁾ , процентов	27,0	19,1	23,9	26,1	19,1	34,9

¹⁾ Стоимостные показатели приведены с учетом деноминации (уменьшение в 10 000 раз).

²⁾ Данные представлены по ОКРБ 005-2011.

³⁾ Данные представлены по ОКРБ 005-2006, за 2016 год - по ОКРБ 005-2011.

Число организаций, выполнявших научные исследования и разработки, по областям и г.Минску
(единиц)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Республика Беларусь	501	530	482	457	439	431
Области и г.Минск:						
Брестская	30	28	26	26	27	31
Витебская	26	27	26	23	23	26
Гомельская	38	36	34	32	35	30
Гродненская	21	22	19	16	16	17
г.Минск	329	356	320	307	277	264
Минская	37	40	39	36	40	43
Могилевская	20	21	18	17	21	20

**СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА И
РЕМОНТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА
ТРАНСПОРТЕ**

Материалы 18-го Международного
научно-технического семинара,
10–16 февраля 2018 г.,
г. Брно, Чешская Республика

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
ВАЛОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ НАПЫЛЕНИЕМ**

*Брусило Ю.В. Национальный авиационный университет, Киев,
Соловых Е.К., Катеринич С.Е., Гонець Р.А.*

Центральноукраинский национальный технический университет, Кропивницкий, Украина

Большинство деталей двигателей эксплуатируются до предельно допустимого износа. В Украине, в условиях сложившейся экономической ситуации немаловажным фактором является перерасход дорогостоящих запасных частей, в том числе импортного производства, из легированного металла для замены изношенных деталей. Анализ износа деталей двигателей показал, что в первую очередь существует потребность в восстановлении поверхностей наиболее востребованных и часто выходящих из строя деталей, таких как распределительные валы. Восстановление распредвалов сдерживается ограниченным применением современных способов восстановления ответственных деталей двигателей. Использование традиционных методов восстановления деталей (наплавки или плазменного напыления) не удовлетворяет запросам ремонтных производств (не обеспечивают необходимого качества деталей, трудоемки, энергоемки и экономически нецелесообразны). Поэтому, разработка и внедрение малозатратных технологических процессов восстановления и упрочнения распредвалов двигателей, изыскание новых и усовершенствование существующих ме-

тодов их ремонта и восстановления, которые базируются на последних научных исследованиях в области нанесения защитных покрытий, является актуальной задачей. Решение этой задачи обеспечит снижение расхода дорогостоящих материалов и энергозатрат процесса восстановления при повышении его производительности с гарантией высоких показателей надежности отремонтированных изделий.

Одним из основных направлений повышения долговечности и ресурса двигателей является усовершенствование низкозатратных технологических процессов восстановления их распредвалов в сочетании с использованием наиболее доступных и дешевых материалов, обеспечивающих снижение расхода дорогостоящих материалов и энергозатрат процесса восстановления при повышении его производительности с гарантией высоких показателей надежности отремонтированных изделий. Использование восстановленных деталей позволяет снизить расходы автотранспортных предприятий на запасные части. Разнообразие действующих сил и условий эксплуатации распредвалов определяет большой разброс в значе-

ниях износа их рабочих поверхностей, на ремонт которых приходится 60 % существующих разработанных технологических процессов восстановления, среди которых все большее внимание уделяется электродуговому напылению (ЭДН). Технологичность, простота, высокая производительность, низкая стоимость и универсальность ЭДН обратили на себя внимание учёных и производителей. Огромный вклад в развитие ЭДН внесли исследования ученых Украины и стран СНГ: К.А. Ющенко, В.С. Ивашко, В.Э. Барановского, А.С. Прядко, Ю.С. Коробова, М.М. Студента и др. Использование технологических процессов ремонта с применением прогрессивных технологий и оборудования для ЭДН поможет сделать ремонтное производство двигателей транспортных предприятий рентабельным, обеспечит его сменно-запасными деталями. Ремонт составляет основу эксплуатационной надежности и включает не только восстановление геометрических размеров распределителей двигателей, но и повышение их эксплуатационных характеристик, в том числе – износостойкости. Таким образом, повышение износостойкости, долговечности и надежности распределителей двигателей является конечной целью разработки технологических процессов восстановления и ремонта.

Целью настоящих исследований является разработка технологии восстановления распределительных валов автомобильных двигателей путем нанесения покрытий методом электродугового напыления и исследование свойств полученных покрытий.

В качестве объектов исследования были выбраны распределительные валы с ЭДН – покрытия из проволоочной стали 40X13. Диаметр проволоки \varnothing 2,0 мм. Выбор сталей мартенситного класса 40X13 для износостойких покрытий обусловлен их способностью к структурно-фазовым аустенитно-мартенситным превращениям.

Для нанесения покрытий использовали электродуговой аппарат АДН-8 для активированного электродугового напыления (АДН), разработанный в ГНУ «ОИМ НАН Беларуси». В основе работы установки лежит процесс плавления проволок электрической дугой и распыление металла высокоскоростной

струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси. Достоинство используемой аппаратуры – работа камеры сгорания на пропано-воздушной смеси, что снижает окисление напыляемого металла и выгорание легирующих элементов. Напыленное покрытие характеризуется прочностью сцепления вдвое выше, чем при традиционном ЭДН, что позволяет деталям с такими покрытиями работать в экстремальных условиях.

Исследование микроструктуры проводилось на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия). Измерение микротвердости проводилось на микротвердомере «Micromet-II». Количественный стереологический анализ пористости покрытий проводился на автоматическом анализаторе изображения «Mini-Magiscan» фирмы «Joyce Loebel», Англия, по программе «Genias 26»..

В результате исследований разработан технологический процесс восстановления распределителей ЭДН, который состоит из следующих операций: подготовка проволоки; очистка детали; дефектация детали; предварительная мехобработка; дробеструйная обработка; контроль напыленных поверхностей; мехобработка покрытий. При разработке технологии восстановления распределителей двигателей принимались во внимание конструкция вала, свойства материалов вала и покрытия, размеры покрытия, допустимый нагрев и т.д. Сущность процесса ЭДН заключается в плавлении проволоки электрической дугой и распылении расплавленного металла струей, образованной продуктами сгорания пропано-воздушной смеси, с дальнейшим транспортированием потока частиц расплавленного металла к восстанавливаемой поверхности вала (рис. 1).



Рис. 1. Процесс восстановления распредела электродуговым напылением

Основные физико-механические свойства полученных покрытий, представлены в табл. 1 и на рис. 2–3. Лабораторные и стендовые испытания распредвалов показали, что износостойкость их восстановленных поверхностей в 2,5–5,0 раза выше, чем поверхностей, восстановленных по традиционной технологии ЭДН и в 1,5–1,7 раза – по сравнению с новыми валами (табл. 2–3). Срок службы распредвалов с покрытиями (рис. 4) увеличился в 2,5–3,0 раза.

Таблица 1

Характеристики стальных покрытий ЭДН

Наименование характеристики, азмерность	Значение
Микротвердость, МПа	HV 800
Контактные нагрузки, МПа	до 100 при нали- чии ударов
Степень окисления покрытия, %	до 3
Прочность сцепления, МПа	60–70
Толщина покрытия, мм	0,5–4,0
Термическое разупрочнение	не происходит

Таблица 2

**Физико-механические свойства
восстановленных валов**

Деталь	Мате- риал	Прочность сцепления, МПа	Среднее значение износа, мм
Распредвал новый	сталь 45	–	0,05–0,15
Распредвал восстановленный		220	0,01–0,02

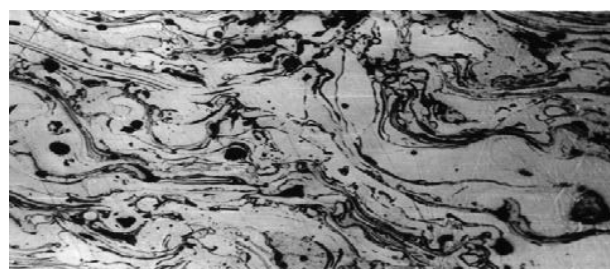


Рис. 2. Исследования микротвердости полученного покрытия

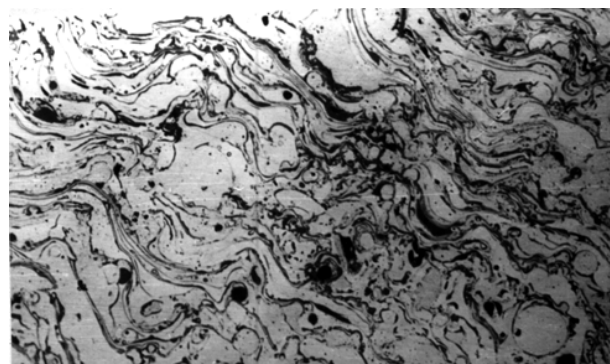


Пористость ЭДН-покрытий		
Класс	Описание	% площади
1	Поры	6.29%
2	Основа	93.71%

а



б



в

Рис. 3. Гистограммы пористости (а) и микроструктура ЭДН-покрытий (б, в) ×250

Выводы

На основании исследований разработаны технологическая инструкция для восстановления распредвала и практические рекомендации по использованию разработанной технологии восстановления на ремонтных предприятиях. Разработанная технология восстановления распредвалов двигателей расширила номенклатуру восстанавливаемых деталей и позволила восстанавливать не только распредвалы двигателей, но и распредвалы любых средств транспорта, а также организовать участки восстановления деталей на ремонтных предприятиях.



а



б

Рис. 4. Восстановленный (а) распредел 14-04-20-1 двигателя Д-160.111-1 и после мехобработки (б)

СБОРНЫЕ ТОКАРНЫЕ РЕЗЦЫ С РИФЛЕННЫМИ ВСТАВКАМИ ИЗ ПСТМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бурыкин В.В.

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

Учитывая специфические структуру и свойства труднообрабатываемых материалов, а также особенности макрогеометрии деталей, особое место при проектировании лезвийного инструмента приобретают его конструктивные мероприятия по креплению режущих пластин из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ). Если конструкция инструмента с механическим креплением пластин технически неосуществима, то применяют паяный инструмент из ПСТМ, оснащенный сменными вставками или блоками. Наличие подложки позволяет повысить прочность режущих элементов, уменьшить толщину слоя ПСТМ, осуществлять пайку пластины непосредственно к вставке или блоку.

Максимально возможное использование материала режущей пластины, постоянство положения вершины резца на линии центров токарного станка и высокая надежность крепления режущей пластины в инструменте при точении деталей из труднообрабатываемых материалов достигается с применением технологичной сборной

конструкции резца (рис. 1).

Сборная конструкция инструмента [1] спроектирована с выдвижным режущим блоком в виде прямого параллелепипеда, не только для повышения надежности крепления, периода стойкости и ресурса режущей пластины из ПСТМ, но и для применения многократной переточки токарного резца. Он состоит из блока 1 с напаянной режущей поликристаллической пластиной 2, закрепленного в державке 3, опоры 4 закрепленной двумя винтами 5 и прихвата 6 с крепежным 7 и дифференциальным 8 винтами.

Режущий блок изготовлен с рифлями на боковой опорной стороне, для сопряжения с соответствующими рифлями на главной задней поверхности державки и опорой под углом подъема к основной плоскости инструментальной системы координат, закрепленной винтами к державке. Шаг рифли P и угол подъема τ конструкции резца подбираются по отношению $P = h/\text{tg}\tau$, где h – допустимая величина фаски износа режущей пластины по задней поверхности.

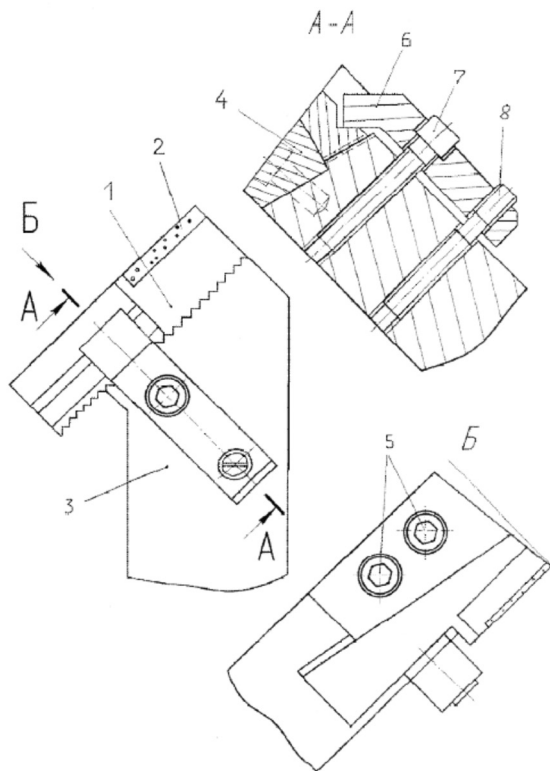


Рис. 1. Сборный проходной резец с разрезом А-А и видом Б:

- 1 – блок; 2 – режущая пластина; 3 – державка;
4 – опорная пластина; 5 – винт; 6 – прихват;
7 – крепежный винт; 8 – дифференциальный винт

В поперечном сечении режущий блок представляет собой четырехгранник с двумя опорными плоскостями под углами в поперечном и продольном направлениях к основной плоскости и рифленой в направлении к основной плоскости под прямым углом. Третья задняя поверхность блока под углом к плоскости резки содержит напаянную режущую пластину в вертикальном по ширине и горизонтальном по длине положении. Четвертая сторона после передней поверхности с режущей пластиной имеет уступ с прямым желобом под углом 45° к основной плоскости для сопряжения с прихватом. Прихват имеет Г-образную нажимную часть под сопряжения с желобом режущего блока, ступенчатое отверстие под крепежный винт и резьбовое отверстие под дифференциальный винт.

Режущий блок с напаянной режущей пластиной вставляется на опору, закрепленную двумя винтами к уступу державки с соответствующими углами для того, чтобы контактные и рифленые поверхности режущего блока и державки совпали. После чего четвертая сторона совмещается с

крепежным прихватом, дифференциальным винтом регулируют высоту прихвата и затягивают крепежным винтом. Сущность разработки определяется возможностью перестановки режущего блока после заточки с подъемом режущей кромки к основной плоскости за счет специальной опоры и рифленого сопряжения с державкой. Заточка режущего блока выполняется по передней и вспомогательной задней поверхностям алмазным кругом. Регулирование прихвата по высоте подъема режущего блока осуществляется с помощью дифференциального винта. В процессе работы резца жесткость крепления режущего блока усиливается действием составляющих силы резания. Высокая жесткость инструмента при точении труднообрабатываемых материалов способствует повышению его виброустойчивости, и, как следствие, качества обработанной поверхности изделий и уменьшению поломок режущих пластин. За счет возможности многократной переточки режущей пластины повышается ресурс инструмента.

Проходной резец, оснащенный блоком с пластинами из ПСТМ при точении автомобильных деталей, восстановленных напылением покрытиями твердостью HRC 50–60 из порошков ПГ-10-01, ПГСР-3, ПГСР-4 и проволоки Нп-65Г с последующим их оплавлением, стабильно обеспечивает заданную точность, шероховатость и не снижает твердость обработанной поверхности. Так, при обработке штоков подвески за счет повышения скорости резания до 1,6–2,0 м/с инструмента с технологической заточкой производительность возросла в 2–3 раза при стойкости режущей кромки 90–120 мин. Проверка разработанного инструмента показала надежное закрепление режущей пластины и хорошую работоспособность в эксплуатации.

Путем технологического упрощения выполнения сопряжения вставки с державкой и конструктивного исключения промежуточных элементов (сборочных единиц) усовершенствована конструкция проходного резца с рифлеными поверхностями вставки [2], что повысило жесткость крепления вставки и ресурс инструмента из ПСТМ. У проходного резца контактные поверхности вставки с продольным глухим пазом под винт имеют соответствующие рифленые сопряжения в продольном направлении с державкой и поперечном направлении с прихватом Г-образной формы, причем державка выполнена с поперечным открытым пазом под сопряжения с опорой прихвата.

На рис. 2 изображен резец с рифлеными поверхностями вставки, который состоит из державки 1, вставки 2 с напаянной режущей пластиной 3 из ПСТМ, прихвата 4 и винта 5 для крепления вставки. Державка имеет поперечный паз для упора, прихват и резьбовое отверстие под винт. Для взаимодействия со вставкой в начале державки выполнены продольные рифли. Вставка с продольными рифлями на опорной поверхности со стороны державки и поперечными рифлями со стороны прихвата имеет паз для прохода винта. Прихват Г-образной формы имеет соответствующее отверстие под винт.

Длина C паза должна превышать рабочую длину B стачивания режущей пластины. Для увеличения усилия прижима вставки плечи относитель-

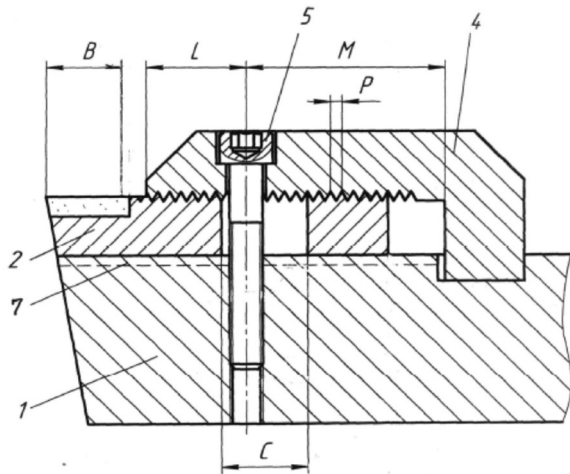


Рис. 2. Резец с рифлеными поверхностями вставки:
1 – державка; 2 – вставка; 3 – режущая пластина;
4 – прихват; 5 – винт

Литература

1. Патент на корисну модель № 95948. Прохідний збірний різець / Ю.Г. Кравченко, Ю.О. Мельнійчук, В.В. Бурикін; Заявка № u201408634 від 30.07.2014; Опуб.12.01.2015 // Промислова власність. – 2015.– Бюл. № 1.
2. Патент на корисну модель № 114548. Резец с рифлеными поверхностями вставки / Ю.Г. Кравченко, Ю.О. Мельнійчук, В.В. Бурикін; Заявка № u201609747 від 22.09.2016; Опуб.10.03.2017 // Промислова власність. – 2017.– Бюл. № 3.

тельно расположения крепежного отверстия прихвата выполняются с отношением $L:M = 1:2$. Для обеспечения достаточной прочности продольных и поперечных рифленых сопряжений шаг рифлей P должен приниматься больше $0,5$ мм; рифленые поверхности державки и прихвата должны пройти поверхностную гартовку.

Для надежности крепления вставки винт должен иметь как можно больший диаметр (не менее $M5$) и высокую прочность (объемная закалка прочной стали). При регулировании выдвигения вставки сначала раскручивается винт и снимается прихват. В свободном положении вставка после переточки располагается симметрично, на рифленые поверхности державки с выдвигением через поперечные рифли до нужного вылета над державкой. Затем вставка закрепляется прихватом с соблюдением совпадения сопряженных поперечных рифлей и окончательно крепится винтом.

Благодаря рифленным сопряжениям вставки с державкой и прихватом, резец обладает возможностью регулируемого выдвигения вставки после многократной переточки режущей пластины. Надежность ее крепления способствует повышению ресурса инструмента из ПСТМ. Конструкция узла крепления вставки пригодна для проектирования проходных, отрезных и резьбовых видов резцов при снятии больших припусков (до 5 мм на 1 проход).

Дальнейшее повышение эффективности использования потенциально высоких режущих свойств токарных резцов из ПСТМ и определение новых областей их применения возможно лишь на основе всестороннего исследования конструктивных особенностей инструмента, которые базируются на новейших представлениях о закономерностях процесса резания.

УДК 621.867.1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАНГОВОГО ТРАНСПОРТЁРА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ СТРУЖКИ ИЗ ЦЕХА С ЦЕЛЮ СНИЖЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГОЁМКОСТИ

В. Ф. Барышников, Н. М. Федосов

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

Рассмотрены различные конструкции штанговых транспортёров и их сравнительный анализ по металлоёмкости, энергоёмкости и надёжности.

Введение

Для комплексной механизации и автоматизации производственного процесса в металлообрабатывающих цехах большое значение имеет механизация транспортного технологического процесса, каким является транспортирование стружки от оборудования и удаления её из цеха.

Поэтому разработка штангового транспортёра для удаления стружки от станков и из цеха является актуальной задачей, позволяющей значительно упростить конструкцию транспортёра, уменьшить его металлоёмкость и энергоёмкость, а также усовершенствовать технологический процесс уборки стружки за счёт разработки механизмов принудительного перевода рабочих органов и стабилизации их движения.

Штанговые транспортёры для удаления стружки из цеха

Штанговые транспортёры относятся к металлообработке и могут быть использованы для уборки стружки от станков и на участках в металлообрабатывающих цехах.

Известен штанговый транспортёр для перемещения металлической стружки (рис.1), содержащий штангу (3) с закрепленными на ней шипами (9), перемещаемую возвратно-поступательно в направляющих желоба (1) с односторонне направленными шипами (2), расположенными по его контуру в шахматном порядке. С целью

обеспечения устойчивого положения штанги в направляющих, последние выполнены в виде спаренных роликов, прикрепленных к стенке желоба, а к основной штанге жестко прикреплена дополнительная штанга, имеющая длину, соизмеримую с ходом штанги, охватывающая вместе с ней спаренные ролики с двух сторон [1].

На рис. 1 изображен штанговый конвейер для перемещения металлической стружки (фиг. 1 – фронтальный вид, фиг. 2 – вид по стрелке А, фиг. 3 – разрез по Б-Б.)

Недостатками штангового транспортёра является то, что в нем отсутствуют механизмы для устранения зазора между скребком и днищем желоба, и для принудительного перевода скребков из рабочего положения в холостое и наоборот, а также наличие сложного пневматического привода. К тому же он может быть использован для уборки только сливной стружки.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому устройству является скребковый конвейер [2], изображённый на рис. 2, используемый для автоматизации отвода стружки от металлорежущих станков, автоматических линий и транспортировки стружки внутри автоматизированных участков. В конструкции имеется механизм для поджатия скребков к днищу желоба (фиг. 1 – фронтальный вид, фиг. 2 – тяговые цепи, вид А на фиг. 1; фиг. 3 – элемент подвижного крепления скребков к цепям; фиг. 4 – сечение по Б-Б на фиг. 2).

Недостатком данного скребкового конвейера является то, что в качестве тягового органа используется цепь, усложняющая конструкцию

крепления к ней скребков и уменьшающая надежность его работы, а также отсутствует механизм поворота скребков из рабочего положения в холостое и наоборот.

Актуальность задачи по разработке штангового транспортера состоит в упрощении его конструкции, уменьшении металлоёмкости и энергоёмкости, а также в значительном повышении его надежности.

На рис. 3 изображен фронтальный вид предлагаемого штангового транспортера, на рис. 4 сечение по А-А, на рис. 5 сечение по Б-Б.

Данная техническая задача решается тем, что конструкция штангового транспортера, включает желоб, в котором размещены скребки, связанные с тяговым органом и механизм устранения зазора между скребками и дном желоба. Отличия в том, что скребки выполнены с возможностью поворота, а механизм устранения зазора содержит стаканы, смонтированные на торцах валика, в которых установлены пружины, которые через сухари взаимодействуют со скребками находящимися в устойчивом положении, опираясь на штифты, закреплённые в кронштейнах стаканов.

Предложенная конструкция скребкового транспортера значительно упрощает конструкцию механизма устранения зазора между скребками и дном желоба, что приводит к повышению надежности работы конвейера.

Устройство для уборки стружки включает механизм поворота скребков, которое смонтировано в желобе 1, закрытом крышкой 2. Оно содержит штангу 3, на которой с определенным шагом установлены скребки 4 на осях 5. В целях уменьшения металлоёмкости профиль штанги, работающей на растяжение, изготавливается из тонкостенной трубы прямоугольного сечения. Скребки 4 имеют верхнее плечо 6. Штанга 3 опирается на спаренные ролики 7, перемещающиеся по направляющим 8, закреплённых на боковых стенках желоба 1. В правом торце внутри штанги 3 установлен ползун 9, на котором закреплён кронштейн 10, перемещающийся в пазу штанги 3. Кронштейн 10 имеет ход величиной h , ограниченной упорами, закре-

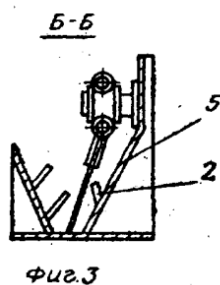
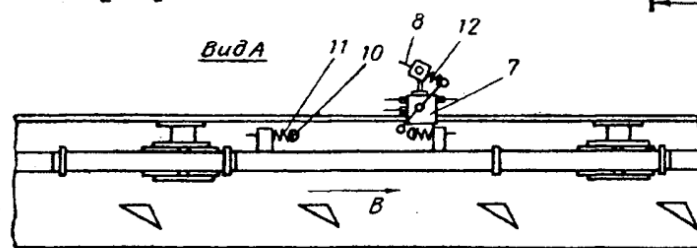
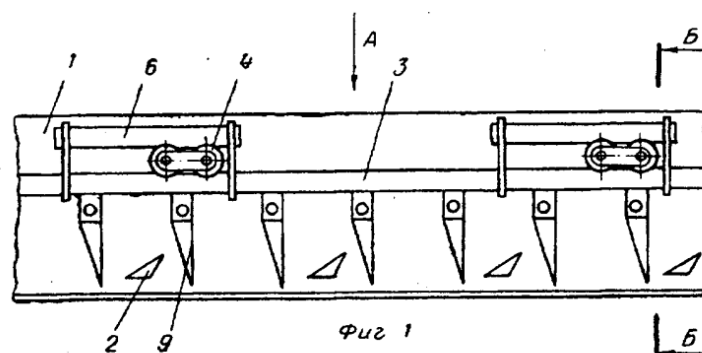


Рис. 1. Штанговый конвейер [1]:

1 – желоб; 2 – крышка; 3 – штанга; 4 – спаренные ролики; 5 – стенка желоба; 6 – штанга дополнительная; 7 – кран управления; 8 – рычажный механизм переключения сжатого воздуха; 9 – штифт штанги; 10 – упор; 11 – пружина; 12 – пружина крана управления

плёнными на крышке 2 желоба 1 (на рис. 3 они не обозначены). К кронштейну крепится тяга 11 с упорами 12 и 13 (для верхнего плеча 6 скребка 4) и пружина растяжения 14, закреплённая на кронштейне 15 штанги 3. Штанга 3 приводится в движение за счет тягового органа 16, закреплённого на ползуне 9. Спаренные ролики 7 и направляющие 8 обеспечивают устойчивое положение штанги 3, что предложено в новой конструкции. Направляющие 8 имеют длину, соизмеримую с ходом штанги h .

Механизм для устранения зазора между скребками и дном желоба устроен следующим образом.

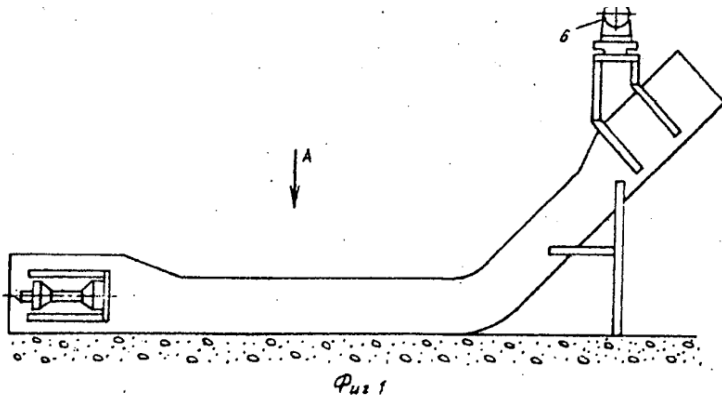
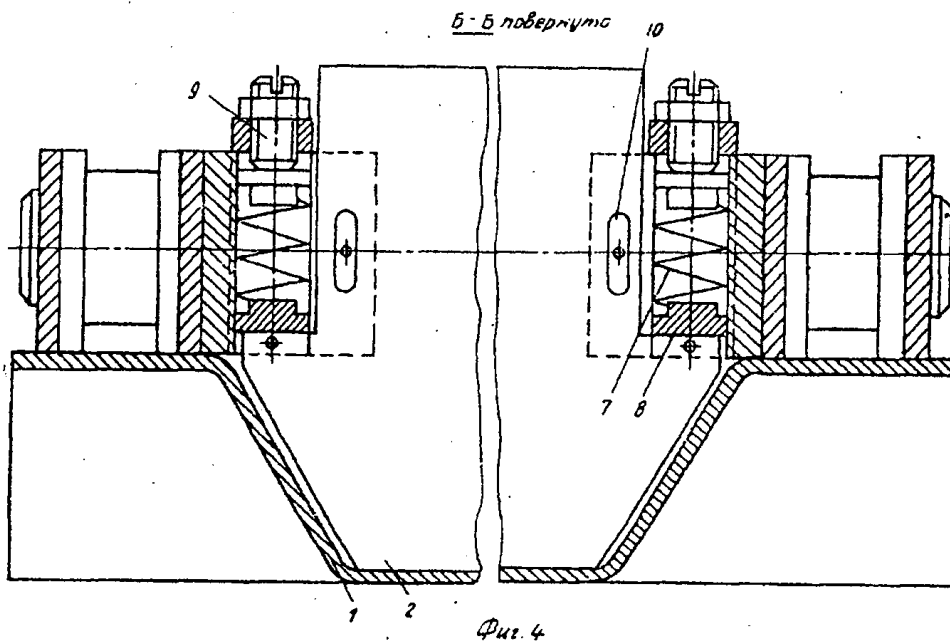
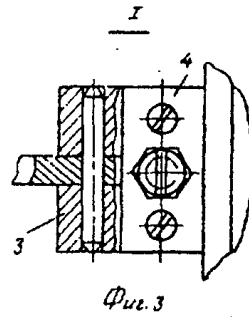
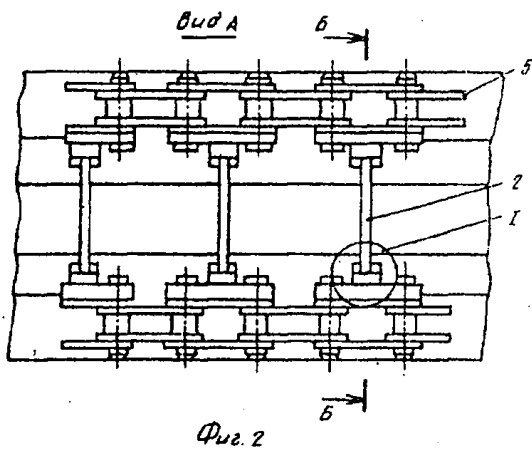


Рис. 2. Скребокый конвейер [2]:
 1 – жёлоб; 2 – скребки;
 3 – направляющие; 4 – щёки;
 5 – тяговые цепи; 6 – приводной механизм; 7 – пружина; 8 – сухари;
 9 – винт регулировочный; 10 – штифты



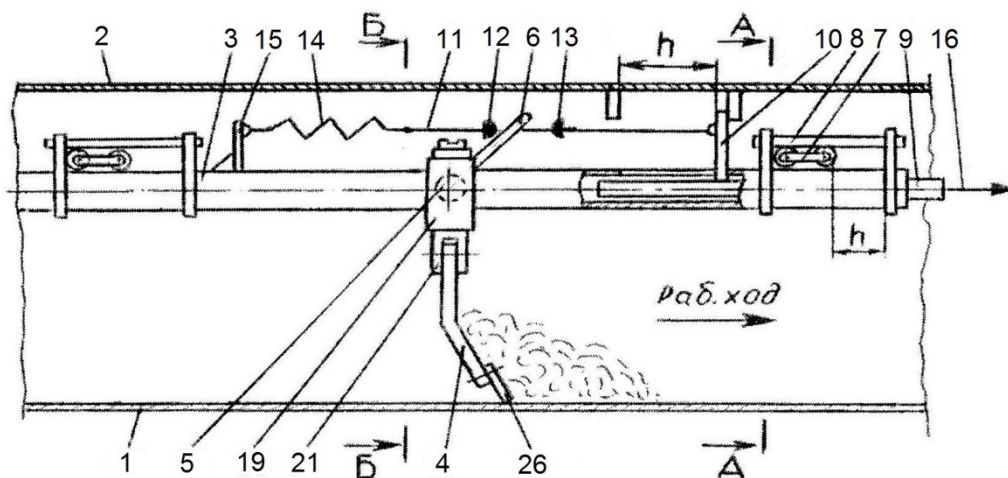


Рис. 3. Фронтальный вид штангового транспортёра

На штанге 3 с определённым шагом установлены валики 17, свободно поворачивающиеся в штанге 3 и зафиксированные от поперечного смещения в штанге стопорными кольцами 18. К торцам валиков 17 смонтированы стаканы 19. В стаканах установлены пружины 20, которые через сухари 21 воздействуют на скребки 4, прижимая их к днищу желоба 1, что исключает возможность образования зазора. В случае отклонения от плоскостности в поперечном сечении на некотором участке, стружка, попадая между скребком 4 и днищем желоба, заставляет скребок приподняться за счёт сжатия пружины 20 и пропустить стружку. Усилия поджима пружин 20 регулируются винтами 22.

К стаканам 19 с внутренних боковых сторон приварены кронштейны 23, в которых установлены штифты 24. Штифты входят в продольные вертикальные пазы скребка 4, удерживая его в сухарях 21 стаканов 19.

При рабочем ходе скребки 4 занимают вертикальное положение, упираясь в упоры 25, установленные на штанге 3. На скребках установлена лента из резинотканевого материала 26, чтобы не было металлического скрежета при трении металла о металл и отсутствовал зазор между скребком и днищем желоба. Скребки 4 в рабочем положении удерживаются в рабочем положении упором 25.

Устройство работает следующим образом:

При рабочем ходе (вправо) ползун 9 сдвигается в штанге 3 на величину h , растягивает пружину 14 и за счёт упоров 12 и 13, установленных на тяге 11, переводит скребок 4 из холостого поло-

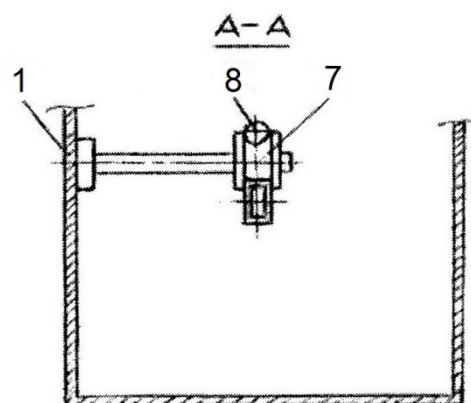


Рис. 4. Сечение по А-А

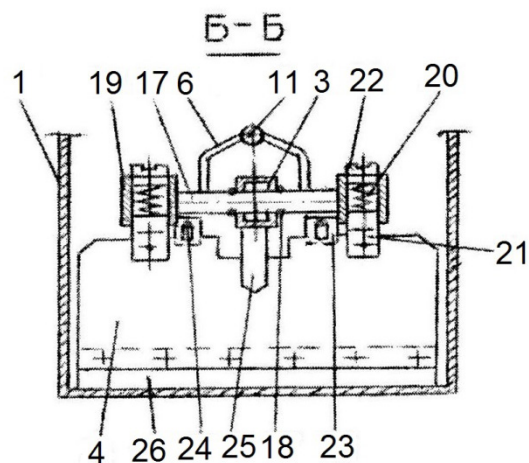


Рис. 5. Сечение по Б-Б

жения в рабочее. При этом скребок 4 упирается в задний упор скребка 25, закреплённый на штанге 3, и перемещает стружку на один ход. При холостом ходе (влево) ползун 9 за счёт пружины растяжения 14 смещается по пазу в штанге 3 влево от упоров, установленных на крышке 2 жёлоба 1, на величину h и переводит скребок 4 из рабочего положения в холостое.

С целью обеспечения устойчивого положения штанги 3 в направляющих 8 установлены спаренные ролики 7, прикреплённые к стенке жёлоба 1. Направляющие 8 имеют длину, соизмеримую с ходом штанги 3.

Механизм для устранения зазора между скребками 4 и днищем жёлоба 1 работает следующим образом. При рабочем ходе штанги 3 (вправо) скребки 4 прижимаются пружинами 20 к днищу жёлоба 1 и перемещают стружку на один ход, копируя погрешности изготовления жёлоба (непараллельность и неплоскостность), что исключает

возможность появления зазора.

В случае попадания стружки между прорезиненной лентой 26, закреплённой на скребках 4, и днищем 1, скребки 4 приподнимаются за счёт поджатия пружин 20 и пропускают стружку.

Заключение

В результате исследования была предложена новая конструкция штангового транспортёра, которая содержит механизм для принудительного перевода рабочих органов из холостого положения в рабочее и наоборот, а также механизмы для стабилизации рабочего хода транспортёра и устранения зазора между рабочими органами и днищем жёлоба.

Предложенная конструкция штангового транспортёра имеет меньшую металлоёмкость, значительно улучшает технологический процесс удаления стружки и уменьшает его энергоёмкость.

Список используемых источников

1. Авторское свидетельство СССР № 384757, МК В 65g 25/08, 1973.
2. Авторское свидетельство СССР № 707861, МК² В 65G 19/22, 1980.
3. Содружество наук. Барановичи – 2013: материалы IX Международной научно-практической конференции молодых исследователей, 23–24 мая 2013 г. : в 2 кн / Мин. образования РБ. УО «Барановичский Государственный Университет». – Барановичи : РИО БарГУ. 2013 – 329 с. (132–133).
4. Спиваковский, А.О., Дьячков, В.К. Транспортирующие машины. / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
5. Красников, В.В. Подъемно-транспортные машины / В.В. Красников. – М.: Колос, 1981. – 264 с.