



МЕТАЛЛУРГИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ БЕЛАРУСИ

**итоги и перспективы
научного обеспечения**

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Объединенный институт машиностроения

МЕТАЛЛУРГИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ БЕЛАРУСИ:

**итоги и перспективы
научного обеспечения**

Сборник статей

Под редакцией академика Е. И. Маруковича
и доктора технических наук, профессора А. А. Шипко

Минск
«Беларуская навука»
2016

Металлургия в машиностроении Беларуси: итоги и перспективы научного обеспечения : сб. статей / Нац. акад. наук Беларуси, Объединенный институт машиностроения ; под ред. Е. И. Маруковича и А. А. Шипко. – Минск : Беларуская навука, 2016. – 371, [1] с. – ISBN 978-985-08-2039-6.

В сборнике представлены статьи руководителей и сотрудников ведущих организаций страны, работающих в различных научно-технических направлениях металлургии в машиностроении – литейно-металлургическом, термическом, кузнечно-прессовом, гальваническом переделах. Кратко рассказано о содержании и организации научного обеспечения технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других видов энергоемких производств. Дана характеристика состояния и направлений развития вышеназванных видов производств. Приведены краткие итоги научного и кадрового обеспечения технологического развития энергоемких металлургических производств. Охарактеризованы отечественные образцы новой техники и технологий. На примере государственной научной подпрограммы «Металлургия» показаны итоги ряда научных исследований, направленных на создание научных и технологических основ таких работ.

Материалы сборника рассчитаны на специалистов металлургического профиля, работающих в научных организациях, университетах, на предприятиях и занимающихся вопросами проведения исследований, создания и внедрения разработок, оборудования литейно-металлургического, термического, кузнечно-прессового, гальванического профиля. Они будут полезны исполнителям заданий профильных государственных программ, студентам и аспирантам при выборе направлений исследований и подготовке отчетных документов.

Р е ц е н з е н т ы :

доктор технических наук, академик А. П. Ласковнев
доктор технических наук, доцент В. Л. Басинюк



6 августа 2016 года исполняется 80 лет со дня рождения крупнейшего ученого с мировым именем, основателя многих направлений научных исследований в области машиностроения, материаловедения и металлургии в машиностроении академика П. А. Витязя.

Пётр Александрович родился в 1936 г. в д. Первомайская Березовского района Брестской области. После окончания (1960 г.) Белорусского лесотехнического института имени С. М. Кирова (в настоящее время – Белорусский государственный технологический университет) он защитил кандидатскую (1970 г.) и докторскую (1983 г.) диссертации. Долгое

время работал директором НИИ порошковой металлургии, вице-президентом и первым заместителем Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси.

Широчайшая эрудиция и бесконечное трудолюбие позволили Петру Александровичу Витязю стоять у истоков развития отечественной порошковой металлургии, импульсных и алмазных технологий, создания газотермических покрытий, сверхтвёрдых, композиционных и наноматериалов, функциональной керамики, различных технологий металлургических процессов. Как один из руководителей Президиума НАН Беларуси П. А. Витязь много сил отдал организации внедрения разработок Академии, строительству завода порошковой металлургии, участков газотермических покрытий, завода по производству взрывчатых веществ, полигона для испытаний автотракторной техники, завода горячего цинкования, многочисленных участков получения новых материалов широкого диапазона.

Пётр Александрович руководит многими государственными научными и научно-техническими программами, включая программы Союзного государства, комплексом материаловедческих и технологических программ, является главным редактором сборников трудов и журналов, председателем и членом координационных и научно-технических советов различного уровня. П. А. Витязь – член ряда международных академий наук, Заслуженный деятель науки БССР (1991 г.). Среди его учеников – 11 докторов и 22 кандидата технических наук. Им лично или при его руководстве разработано более 80 новых техноло-

гий и материалов, издано 35 монографий, опубликовано около 700 научных статей и материалов докладов, получено около 200 авторских свидетельств и патентов. Научные работы ученого обладают высоким потенциалом и известны в международных научных кругах. За вклад в развитие отечественной науки и новых технологий П. А. Витязь получил множество наград: Государственную премию БССР (1980 г.), Премию Совета Министров СССР (1987 г.), Премию НАН Беларуси и Сибирского отделения РАН им. академика В. А. Коптюга (2002 г.), Премию академий наук Украины, Беларуси и Молдовы (2007 г.), ордена «Дружбы народов» (СССР), Отечества II и III степени (Республика Беларусь), медали «За доблестный труд» (СССР), Франциска Скорины (Республика Беларусь), «За сотрудничество» (к 10-летию Союза Беларуси и России).

Новой для П. А. Витязя сферой деятельности с 2007 г. стало руководство программой прикладных научных исследований «Металлургия», а затем – одноименной подпрограммой государственной программы научных исследований «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении», которая теперь полностью перестроена им под научное обеспечение проблемы переснащения и модернизации литейных, термических, гальванических, кузнечно-прессовых и других энергоемких производств, представленных в машиностроении нашей страны сотнями цехов и участков.

Сегодня к этой работе подключено более 50 подразделений институтов, университетов, отраслевых организаций. Уже сейчас мы можем говорить о создании и расширении производства целого ряда отечественных образцов новой техники и технологий в литейно-металлургическом, термическом и гальваническом производствах: стальных заготовок деталей прокатного оборудования, полученных электрошлаковым переплавом; чугунных изделий массового производства, изготовленных методом непрерывно-циклического намораживания; свинцовых лент для элементов радиационной защиты методом непрерывного литья; литейного оборудования, термических и нагревательных печей; теплоизоляционных и огнеупорных материалов; установок для поверхностной и объемной термообработки; теристорных генераторов индукционного нагрева; гальванических линий хромирования, цинкования, анодирования; оборудования для очистки сточных вод; технических продуктов утилизации гальванического шлама; упрочняющих покрытий и наномодифицированных смазок для узлов литейно-металлургического оборудования и др.

Сотрудники Объединенного института машиностроения НАН Беларуси – головной организации – исполнителя государственной программы научных исследований «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении», участники этой программы и всего научного обеспечения металлургии в машиностроении сердечно поздравляют Петра Александровича Витязя с 80-летним юбилеем и желают ему новых творческих успехов, благополучия, неиссякаемой энергии, крепкого здоровья и долголетия.

*Генеральный директор Объединенного института
машиностроения НАН Беларуси С. Н. Поддубко*

ПРЕДИСЛОВИЕ

На Международной научно-технической конференции «Инновации в машиностроении – 2015» в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси отмечалось, что среди основных направлений развития отечественного машиностроения (карьерной, тракторной, сельскохозяйственной, автомобильной техники, двигателестроения) важное значение имеет технологическое переоснащение литейно-металлургических, термических, гальванических, кузнечно-прессовых производств, действующих на предприятиях машиностроения и представляющих собой металлургические переделы.

Металлургия нашей страны характеризуется двумя основными направлениями развития. Первое из них представлено Белорусским металлургическим заводом, расположенном в г. Жлобине. Завод специализируется на выплавке и внепечной обработке электростали из лома черных металлов, прокатке блюмов и кругов, производстве бесшовных труб и проволоки различного назначения. Комплексная модернизация действующего производства и ввод в эксплуатацию новых производственных мощностей позволит заводу в ближайшие годы достичь объемов выплавки стали 3 млн т и увеличить долю выпускаемой продукции с высокой добавленной стоимостью. Среди мероприятий Программы инновационного развития завода: наращивание мощности прокатного производства; закупка подъемно-транспортного и сортировочного оборудования, оборудования сортировки и измельчения металлолома; модернизация участка резки металлолома; строительство новой установки обжига известняка производительностью 400 т/сут.; модернизация дуговой сталеплавильной печи с внедрением кислородных технологий; строительство комплекса внепечной обработки; реконструкция машины непрерывного литья заготовок и пылегазозащитных систем. Планируется обеспечить в полном объеме потребности ОАО «Речицкий метизный завод» и машиностроения нашей республики в катанке малого диаметра, производить арматуру периодического и гладкого профиля, прутки высокой точности, сортовой прокат из качественных и высококачественных высокоуглеродистых и легированных сталей. В результате

реализации данного проекта завод полностью уйдет от продажи литой заготовки и перейдет на производство продукции с более высокой добавленной стоимостью. При этом наиболее значимым мероприятием является ввод в эксплуатацию второго сортопрокатного цеха с объемом производства до 700 тыс. т продукции в год. Особенностью Программы развития является создание комплекса для производства специальных сталей, что продиктовано: возрастающим дефицитом металлолома, который используется в качестве исходного сырья; повышением рисков нового производства с большими объемами выпускаемой продукции; высокой прибыльностью продукции из специальных и нержавеющей сталей; меньшим объемом капитальных затрат, требующихся для организации производства; возможностью использования существующих на заводе мощностей для получения конечной продукции.

Вторым направлением развития металлургического комплекса Беларуси являются наиболее энергоемкие производства машиностроительных предприятий страны, такие как литейные, термические, гальванические, кузнечно-прессовые и др. Такие металлургические производства в той или иной степени присутствуют практически на всех крупных промышленных предприятиях Беларуси, в первую очередь на ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания, ОАО «Минский завод отопительного оборудования», ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЛИТЕЙНЫЙ ЗАВОД «ЦЕНТРОЛИТ», ОАО «Могилевский металлургический завод» и других, на которых в больших или меньших масштабах применяются технологии металлургии, литья, термического, кузнечно-прессового и смежных производств. В общем на предприятиях Беларуси функционирует около 300 цехов и участков литейно-металлургического, термического и гальванического производств.

С созданием в 2012 г. холдинга «Белорусская металлургическая компания» (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 июня 2012 г. № 538) вопросы модернизации и развития этих видов производств напрямую коснулись и Белорусского металлургического завода как управляющей компании холдинга.

Задачей НАН Беларуси, поставленной в 2007 г. Правительством Республики Беларусь постановлением № 1421, является организация научного обеспечения переоснащения и модернизации металлургических производств, а именно принятой этим постановлением Программы технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств страны. Впоследствии постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26 июня 2013 г. № 568 работы технического переоснащения и модернизации производства, а также их научное обеспечение были сосредоточены в рамках отраслевых программ энергосбережения.

Вопросам научного обеспечения технологического развития этих видов производств и посвящены статьи настоящего сборника. В первой статье названы основные организационные мероприятия такого обеспечения, включая

решения Правительства, НАН Беларуси, Министерства промышленности Республики Беларусь, Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь; раскрыто современное состояние вопроса, сформулированы предложения по дальнейшему его развитию.

Важной составляющей научного обеспечения является подготовка инженерных кадров Белорусским национальным техническим университетом, Белорусским государственным технологическим университетом, Гомельским государственным техническим университетом имени П. О. Сухого. Описанию перечисленных вопросов в основном и посвятили свои статьи ученые-авторы из упомянутых университетов.

В сборнике приводится описание отечественных технологий и оборудования, тематически направленных на модернизацию и техническое обеспечение литейных, термических, гальванических, кузнечно-прессовых производств. Многие из них нацелены на импортозамещение и готовы к широкому использованию в производстве. Кроме этого в статьях сборника упомянуты новые научные результаты, в частности – подпрограммы «Металлургия» государственной программы научных исследований «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении», головной организацией которой является Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси.

Мы выражаем надежду, что сборник статей «Металлургия в машиностроении Беларуси: итоги и перспективы научного обеспечения» заинтересует не только представителей институтов и университетов, отраслевых организаций – участников научного обеспечения, но и работников производства, непосредственно занимающихся его переоснащением и модернизацией; даст импульс наращиванию отечественных импортозамещающих разработок в области металлургических переделов предприятий металлургии и машиностроения нашей страны; послужит дополнительным материалом при обучении студентов, магистрантов и аспирантов на профильных кафедрах университетов.

*Директор Института технологии металлов
НАН Беларуси, академик Е. И. Марукович,
заведующий лабораторией металлургии
в машиностроении Объединенного института
машиностроения НАН Беларуси, доктор
технических наук, профессор А. А. Шипко*

ПРОГРАММНОЕ, ОРГАНИЗАЦИОННОЕ И КАДРОВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛИТЕЙНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ, ТЕРМИЧЕСКИХ, КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ, ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ: ИСТОРИЯ ВОПРОСА И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

А. А. Шипко

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Беларусь

14 июня 2007 г. вышла в свет Директива Президента Республики Беларусь № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства», в которой, в частности Совету Министров (далее – Совмин) Республики Беларусь и Национальной академии наук Беларуси (далее – НАН Беларуси), было поручено разработать и до 1 ноября 2007 г. утвердить Программу технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств на 2007–2010 годы (далее – Программа). В Мероприятиях Совмина Республики Беларусь от 31 августа 2007 г. № 1122 по реализации Директивы внесение в Совмин Республики Беларусь проекта Программы было поручено НАН Беларуси, Министерству промышленности (далее – Минпром) Республики Беларусь, концерну «Белнефтехим», Государственному военно-промышленному комитету (далее – Госкомвоенпром) Республики Беларусь, Государственному комитету по стандартизации (далее – Госстандарт) Республики Беларусь. От НАН Беларуси вопросами формирования Программы руководили инициаторы ее создания – Председатель Президиума НАН Беларуси, доктор экономических наук, профессор М. В. Мясникович и его заместитель, доктор технических наук, профессор В. И. Тимошпольский. Утверждена она была постановлением Совмина Республики Беларусь 31 октября 2007 г. № 1421 (впоследствии до 2012 г. – в редакции Постановления Совмина Республики Беларусь от 9 июня 2011 г. № 882). Программа состояла из двух основных частей: текстовой, в которой был дан анализ состояния литейных, термических и гальванических производств предприятий страны, проанализирован их технико-экономический и экологический уровень; а также программной, содержащей задания предприятиям Минпрома Республики Беларусь и другим органам госуправления по модернизации и замене устаревшего оборудования.

Мы не будем описывать состояние технологий и оборудования выше-названных видов производств, приведенное в Программе редакции 2007 г. В дальнейшем эти сведения были дважды актуализированы специалистами

ОАО «БЕЛНИИЛИТ», Института тепло- и массообмена (далее – ИТМО) имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Белорусского государственного технологического университета (далее – БГТУ), например [1–3], других организаций и проанализированы авторами последующих статей настоящего раздела сборника. Анализ же выполнения второй части Программы, связанной с конкретными заданиями предприятиям по замене оборудования, не входит в задачи настоящей работы.

Здесь рассматриваются вопросы научного обеспечения, которые в Программе фактически отражены не были, кроме одной мобилизующей фразы: «Научное сопровождение Программы осуществляется Национальной академией наук Беларуси в рамках государственных комплексных целевых научно-технических программ (далее – ГКЦНТП) “Машиностроение” и “Энергетика”».

С целью поэтапной организации работ по научному обеспечению Программы Президиум НАН Беларуси и Минпром Республики Беларусь в конце 2007 – начале 2008 г. издали ряд распорядительных документов, включая совместное постановление Президиума НАН Беларуси и Минпрома Республики Беларусь № 11/4 от 25 января 2008 г., которым, в частности, определены головные организации научного обеспечения по видам производств. Бюро Президиума НАН Беларуси, в свою очередь, приняло решение о включении в государственные программы фундаментальных и прикладных исследований новых заданий только при условии их соответствия задачам научного сопровождения государственных народно-хозяйственных программ.

Дальнейшей организации неотложных работ научного обеспечения по видам производств были посвящены три межведомственных совещания в Президиуме НАН Беларуси у Первого заместителя Председателя Президиума П. А. Витязя, который после принятия Программы вместе с главным институтом по программе «Металлургия» – Объединенным институтом машиностроения (далее – ОИМ) НАН Беларуси – возглавил работы по организации ее научного обеспечения:

– по вопросам переоснащения и модернизации парка нагревательных печей (участники: ИТМО имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, ОИМ НАН Беларуси, ОАО «Минский автомобильный завод» (далее – ОАО «МАЗ»), ОАО «Автомобильный завод» Минпрома Республики Беларусь, РУП «БЕЛТЭИ» (далее – БЕЛТЭИ), Белорусский национальный технический университет (далее – БНТУ)), на котором, в частности, было предложено создать специальную государственную научно-техническую программу, сориентированную на научное обеспечение Программы;

– по переоснащению литейно-металлургических производств (участники: ОАО «Минский завод отопительного оборудования, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», БНТУ, Институт технологии металлов (далее – ИТМ) НАН Беларуси, ОАО «Минский тракторный завод» (далее – ОАО «МТЗ»), ОИМ НАН Беларуси), на котором была образована координационная рабочая группа и принято решение о формировании задания по мониторингу оборудования литейных производств;

– по модернизации и переоснащению гальванических производств (участники: ОАО «Авторемпромпроект», Институт порошковой металлургии (далее – ИПМ) НАН Беларуси, Физико-технический институт (далее – ФТИ) НАН Беларуси, ИТМО имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минпром Республики Беларусь, ОАО «Управление пуско-наладочных работ» (далее – УПНР) Минпрома Республики Беларусь, ООО «Стеклопласт», ОАО «Проектный институт «БелГПИ» (г. Витебск) (далее – БелГПИ), Госстандарт Республики Беларусь, ОИМ НАН Беларуси, БНТУ, учреждение БГУ «НИИ физико-химических проблем» (далее – НИИ ФХП БГУ)), на котором также была образована рабочая группа по координации исследований и разработок.

Многочисленные совещания по вопросам организации выполнения Программы проводились в этот период в Госстандарте Республики Беларусь под председательством Первого заместителя Председателя Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь В. В. Назаренко и в Минпроме Республики Беларусь под председательством Первого заместителя Министра промышленности Республики Беларусь И. И. Демидовича.

Значительный импульс в развитии работ научного обеспечения был дан поручением Премьер-министра Республики Беларусь С. С. Сидорского во время рабочей поездки в Гродненскую область 5 сентября 2008 г.: «Госстандарту, НАН Беларуси, Минпрому, Минэнерго, Госкомвоенпрому до 10 октября 2008 г. внести в установленном порядке для рассмотрения на заседании Президиума Совета Министров Республики Беларусь материалы по вопросу о ходе реализации Программы».

Для подготовки таких материалов со стороны НАН Беларуси в Президиуме НАН Беларуси под председательством П. А. Витязя было проведено очередное межведомственное совещание (участники: Министерство энергетики (Минэнерго) Республики Беларусь, Госкомвоенпром Республики Беларусь, Институт энергетики НАН Беларуси, БЕЛТЭИ, ИТМО имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Госстандарт Республики Беларусь, ИПМ НАН Беларуси, БНТУ, ФТИ НАН Беларуси, Минпром Республики Беларусь, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», БелГПИ, Государственный комитет по науке и технологиям (далее – ГКНТ) Республики Беларусь, Министерство образования (Минобразования) Республики Беларусь, ОИМ НАН Беларуси). Были сформулированы поручения о разработке концепций научного сопровождения Программы, создании Координационного плана исследований и разработок по соответствующей тематике, формированию отраслевых программ, созданию на ОАО «Атлант» мощностей по производству печного оборудования, продлению срока действия государственной программы научных исследований (далее – ГПНИ) «Металлургия». Впервые было предложено сформировать новый раздел Программы «Научное обеспечение».

В ходе подготовки к заседанию Совмина Республики Беларусь был разработан Координационный план исследований и разработок. В НАН Беларуси проработан Перечень из более чем 100 научно-технических проблем 32 пред-

приятый Минпрома Республики Беларусь, в результате чего установлены творческие контакты по 60 направлениям сотрудничества. Проведенный анализ показал, что в ГКЦНТП «Машиностроение», «Энергетика», «Химические продукты и технологии», «Материалы» включено 54 задания по развитию научных направлений, связанных с модернизацией и переоснащением литейных, металлургических, термических, гальванических производств. 25 работ выполнялось в рамках прямых хозяйственных договоров. Предложения НАН Беларуси к заседанию Президиума Совмина Республики Беларусь были представлены Госстандарту Республики Беларусь 2 октября 2008 г. (письмо № 26-02/4341), а им – в Совмин Республики Беларусь.

Своим протоколом № 37 от 11 ноября 2008 года Президиум Совмина Республики Беларусь согласился с предложением НАН Беларуси о включении в Программу дополнительного раздела по вопросам научного обеспечения с внесением соответствующих предложений в Совмин Республики Беларусь до 1 марта 2009 г. Формирование такого раздела возглавила головная организация по государственной программе «Металлургия» – ОИМ НАН Беларуси. Были сформулированы запросы заинтересованным органам государственного управления, организациям НАН Беларуси, университетам страны с предложениями сообщить сведения о научно-техническом потенциале по профилю Программы, направлениях проводимых исследований и разработок, выполняемых и планируемых к выполнению заданиях программ и договоров, условиях и объемах их финансирования, необходимости создания новых структур и подразделений, предложениях по корректировке Программы.

Сформулированный в результате обработки полученной информации на 85 стр. раздел Программы «Научное обеспечение» был представлен Председателем Президиума НАН Беларуси М. В. Мясниковичем в Совмин Республики Беларусь (письмо НАН Беларуси от 27 февраля 2009 г. № 25-02/993).

Формирование такого раздела позволило в значительной степени упорядочить и расширить объемы научно-исследовательских, опытно-конструкторских и производственно-технических работ по тематике литейно-металлургических, термических, гальванических направлений; улучшить организацию работ научного сопровождения. Уже в конце 2010 г. мы сообщали о достигнутых результатах научного обеспечения [4].

Начиная с февраля 2008 г., НАН Беларуси ежегодно направляла Департаменту по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь отчеты о ходе научного обеспечения Программы. В них содержались наиболее значимые мероприятия научно-организационного характера; примеры разработок научных учреждений, университетов, научно-производственных организаций по созданию отечественных образцов новой техники и технологий; сформулированные предложения по дальнейшей организации работ. В 2009 г. (постановление № 61) и в 2011 г. (постановление № 7) вопрос о ходе и задачах научного обеспечения Программы был рассмотрен на заседаниях Президиума НАН Беларуси.

Вопросы импортозамещения, создания и организации производства отечественных образцов литейно-металлургического, термического, гальванического оборудования неоднократно ставились на семинарах и совещаниях, проводимых Первым заместителем Премьер-министра Республики Беларусь В. И. Семашко на ОАО «МТЗ», ОАО «МАЗ», ОАО «БЕЛАЗ» и других организациях республики. Постепенно проблема перестала казаться неразрешимой.

28 сентября 2010 г. в ходе рассмотрения на заседании Совмина Республики Беларусь вопроса «О ходе выполнения в первом полугодии 2010 г. требований Директивы Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 “Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства”» Госстандарту совместно с НАН Беларуси, Минпромом Республики Беларусь, Министерством сельского хозяйства и продовольствия (далее – Минсельхозпрод) Республики Беларусь, Министерством транспорта и коммуникаций (далее – Минтранс) Республики Беларусь, Минэнерго Республики Беларусь, Госкомвоенпромом, концернами «Белнефтехим» и «Беллесбумпром» было поручено представить в Правительство Республики Беларусь аналитическую информацию о степени технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств.

В ходе выполнения данного поручения Совмина Республики Беларусь ОИМ НАН Беларуси была подготовлена на 14 страницах Аналитическая информация о ходе научного обеспечения Программы, в которой кроме краткой характеристики достигнутых за период с 2008 г. результатов работ были обозначены их перспективы в 2011–2015 гг. Намеченные в аналитической информации мероприятия впоследствии расширили объемы работ научного обеспечения. Так, важным событием для научных учреждений страны, занимающихся тематикой гальванических производств, стала новая подпрограмма научных исследований «Гальванические технологии и оборудование» (головная организация – БГТУ) [5]. Учреждениями и организациями республики выполнено и продолжает выполняться около 30 проектов, целями которых являются разработка и внедрение эффективных технологий и оборудования для: нанесения гальванических, химических и конверсионных покрытий; очистки сточных вод и вентиляционных выбросов; утилизации и переработки гальванических шламов и отходов производства, обеспечивающих снижение энергетических и материальных затрат; снижения воздействия гальванических производств на окружающую среду; решения проблем импортозамещения. На основе мониторинга гальванических производств разработаны предложения по выводу из производства энергозатратных, устаревших гальванических линий и поэтапной замене оборудования, созданного силами отечественных производителей.

На научное обеспечение литейных производств направлены все задания подпрограммы государственной научно-технической программы «Технологии и оборудование машиностроения», «Технологии литья» (головная организация – ОАО «БЕЛНИИЛИТ»). В 2011–2015 гг. в рамках подпрограммы развивалось новое направление, связанное с компьютерными технологиями для проекти-

рования оборудования, технологической оснастки и моделирования процессов литья. В этом институте получила развитие научная школа по разработке новых технологий, проектированию и изготовлению современного технологического оборудования для литейного производства.

Интересам научного обеспечения технического переоснащения энергоемких производств также посвящены задания государственных научно-технических программ «Технологии машиностроения», «Новые материалы и технологии», «Энергобезопасность» и других, а также программ научных исследований «Материалы в технике», «Высокоэнергетические технологии» и др.

Полностью под нужды научного обеспечения в 2009–2011 гг. поэтапно построена подпрограмма научных исследований «Металлургия». Ее тематика расширена. Кроме литья и металлургии в чистом виде в ней появились разделы по технологиям и оборудованию термического производства, а также по технологиям обработки металлов давлением. По последнему разделу выполнен мониторинг кузнечно-прессовых технологий и оборудования предприятий Республики Беларусь, определены потребности в модернизации и замене оборудования, организации производства определенных типов оборудования в нашей стране. В рамках этой подпрограммы выполнены комплексные задания по созданию и производству литейных, теплоизоляционных и огнеупорных материалов; разработке энергосберегающих технологий термообработки, в частности противоблоксного отжига конструкционных сталей; созданию печного оборудования и оборудования индукционного нагрева; замене высоколегированных хромоникелевых сталей на экономнолегированные и др. [6, 7].

Ряду заданий подпрограммы «Металлургия» немало внимания было уделено Президиумом НАН Беларуси (головная организация – ОИМ НАН Беларуси). Так, по вопросам создания отечественных теплоизоляционных материалов 12 августа 2011 г. (протокол № 37) у П. А. Витязя состоялось межведомственное совещание (участники: ОИМ НАН Беларуси, ФТИ НАН Беларуси, Министерство архитектуры и строительства (далее – Минстройархитектуры) Республики Беларусь, ИПМ НАН Беларуси, Минский завод шестерен, Минский завод колесных тягачей (далее – МЗКТ), ОАО «МТЗ», ОАО «МАЗ», Обольский керамический завод), посвященное вопросам их производства. По итогам совещания проведены структурные исследования огнеупоров, составлен перечень таких материалов с указанием их эксплуатационных характеристик, включены соответствующие задания в ГПНИ «Металлургия». Для Председателя Президиума НАН Беларуси подготовлена актуальная информация о возможности замены закупаемых за рубежом футеровочных материалов, составлен перечень опытного модернизируемого печного оборудования для применения отечественных теплоизоляционных материалов, принят ряд других организационно-технических мероприятий. Часть информации опубликована нами в работе [8]. Дальнейшее развитие деятельности по огнеупорам началось при подготовке материалов Совмину Республики Беларусь, которым Поручением № 07/312-264 от 10 июля 2014 г. (п. 2.2) НАН Беларуси, Минпрому Республики Беларусь

и Минстройархитектуры Республики Беларусь было дано задание совместно рассмотреть вопрос о более широком использовании при модернизации печного оборудования отечественных теплоизоляционных материалов, производимых с использованием местного сырья и вторичных ресурсов и о результатах его рассмотрения доложить Совмину Республики Беларусь. Поручение было выполнено 10 сентября 2014 г. (письмо № 26-02/4091, подписанное В. Г. Гусаковым). Было предложено продолжить работы по созданию и внедрению отечественных теплоизоляционных и огнеупорных материалов в рамках государственных научных и научно-технических программ, инновационных проектов с подключением университетов, институтов НАН Беларуси, предприятий Минпрома Республики Беларусь и Минстройархитектуры Республики Беларусь; определить организации, специализирующиеся на выпуске отечественных огнеупорных материалов; организовать сбор, сортировку и поставку заинтересованным организациям вторичных огнеупоров. Первый заместитель Премьер-министра Республики Беларусь В. И. Семашко согласился с предложениями НАН Беларуси.

Много внимания в рамках мероприятий научного обеспечения Программы было уделено вопросам расширения работ по созданию и внедрению технологий и оборудования индукционного нагрева. По одному из заданий подпрограммы «Металлургия» ФТИ НАН Беларуси проведен мониторинг его использования на предприятиях нашей республики [9].

В ходе выполнения поручений Первого заместителя Премьер-министра Республики Беларусь В. И. Семашко, данных 2 мая 2012 г. по результатам посещения ФТИ НАН Беларуси, данным институтом подготовлена аналитическая записка на 100 листах по вопросам расширенного использования технологий и оборудования индукционного нагрева в рамках мероприятий, предусмотренных Программой, в которой отражены вопросы мониторинга 60 предприятий Минпрома Республики Беларусь, наличия и технического состояния индукционного оборудования. В результате анализа подготовлено 55 мероприятий, связанных с заменой и модернизацией индукционного литейного и термического оборудования, запланированных на более чем 35 промышленных предприятиях. Даны предложения по реализации этих мероприятий с использованием технологий и оборудования индукционного нагрева производства ФТИ НАН Беларуси. Определена потребность промышленных предприятий в индукционном оборудовании до 2015 г. и составлен график выпуска указанного оборудования с указанием источников финансирования и порядка взаимной кооперации. На ежегодно проводимой международной конференции в ФТИ НАН Беларуси определены направления развития этих технологий в нашей стране. Опубликована брошюра [10].

В 2011–2013 гг. в рамках подпрограммы «Металлургия» БНТУ и ОИМ НАН Беларуси проведен мониторинг кузнечно-прессовых технологий и оборудования предприятий Республики Беларусь. Систематизирована информация об имеющихся на предприятиях производствах и оборудовании различных

видов, его загруженности, энергопотреблении, а также о производителях оборудования, годах его выпуска, техническом состоянии. Показано, что в нашей стране насчитывается более 100 организаций, имеющих кузнечно-прессовые производства. Наиболее значимыми производителями в Минпроме Республики Беларусь являются ОАО «МАЗ», ОАО «МТЗ», ОАО «Кузнечный завод тяжелых штамповок», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов». Номенклатура поковок и штамповок насчитывает более 12 тыс. наименований, их масса составляет от 2 г до 200 кг. Подавляющее большинство кузнечно-прессового оборудования 1970–80-х годов выпуска. Основными производителями кузнечно-прессового оборудования в нашей стране являются ОАО «Кузлитмаш», «АМТинжиниринг» и «Белтехнология и М»:

– наибольшее количество продукции выпускает ОАО «Кузлитмаш»: прессы листогибочные кривошипные, гидравлические, пневматические, комбинированные и др.; ножницы (гильотинные) кривошипные листовые и др.; машины листогибочные, для гибки труб и прутков и др.;

– «АМТинжиниринг» специализируется на проектировании и изготовлении оборудования, разработке технологических процессов в области обработки металлов давлением, осуществляет целевые программы технического перевооружения кузнечных, сборочных, заготовительных и других производств промышленных предприятий;

– «Белтехнология и М» производит станы поперечно-клиновой прокатки; индукционные нагреватели для процессов штамповки, прокатки, ковки, гибки, рубки, закалки и для других целей.

Широко используемые при обработке металлов давлением кривошипные горячештамповочные пресса и горизонтально-ковочные машины необходимо закупать за границей при условии решения вопросов кооперации и вывода из производства невостребованных, устаревших технологий. Нагревательное оборудование (печное и индукционное) также возможно изготавливать силами белорусских производителей (Филиал ЗАО «Атлант» – Барановичский станкостроительный завод, ИТМО имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, ФТИ НАН Беларуси, ОАО «МАЗ» и др.).

В соответствии с Протоколом заседания Президиума Совмина Республики Беларусь от 17 апреля 2012 г. № 12 Минпрому Республики Беларусь, Минэкономики Республики Беларусь, НАН Беларуси, Госкомвоенпрому, Минстройархитектуры Республики Беларусь, Минсельхозпроду Республики Беларусь, Министерству жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, Минтрансу Республики Беларусь, концернам «Белнефтехим», «Беллесбумпром» и «Беллепром» совместно с Госстандартом Республики Беларусь поручено внести в Правительство проект нормативного правового акта об актуализации Программы. Во исполнение поручений Совмина Республики Беларусь по данному вопросу, а также с учетом решения совещания у Председателя Госстандарта Республики Беларусь В. В. Назаренко от 18 апреля 2012 г. ОИМ НАН Беларуси совместно с ОАО «БЕЛНИИЛИТ», ОАО «Белорусский ме-

таллургический завод (далее – ОАО «БМЗ») – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» (далее – «БМК»), ИТМО имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, БГТУ и другими организациями подготовлен проект актуализированного варианта Программы в части научного обеспечения. Исполнители этого проекта были определены на очередном межведомственном совещании у П. А. Витязя 30 апреля 2012 г., протокол № 12 (участники: БЕЛТЭИ, ИТМО имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, ОИМ НАН Беларуси, ОАО «БМЗ», БНТУ, РУП «БелГПИ», ОАО «БЕЛНИИЛИТ», Минпром Республики Беларусь, Госстандарт Республики Беларусь, БГТУ). Проект актуализированного варианта Программы представлен Президиумом НАН Беларуси в Минпром Республики Беларусь (письмо № 26-01/2992 от 15 июня 2012 г.)

Важное значение для активизации научного обеспечения программы имеют научно-организационные мероприятия, проводимые органами государственного управления, институтами и предприятиями. Среди них можно отметить Белорусский промышленный форум, Международную научно-техническую конференцию «Литейное производство и металлургия», семинары на ОАО «МТЗ», международные научно-технические конференции в ФТИ НАН Беларуси и ОИМ НАН Беларуси, Республиканский научно-технический семинар «Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их заменяющих покрытий» в БГТУ.

Многие разработки белорусских ученых экспонировались на выставках в нашей стране, странах СНГ и дальнего зарубежья; их разработчики стали лауреатами многих отраслевых премий и премий имени выдающихся ученых. Коллективу сотрудников ИТМ НАН Беларуси в составе Е. И. Маруковича, В. Ф. Бевзы и А. М. Бодяко за работу «Создание и промышленная реализация принципиально нового метода непрерывно-циклического литья намораживанием высокоизносостойких деталей техники» в 2011 г. присуждена Государственная премия Республики Беларусь. При этом особо следует отметить работу университетов страны по подготовке инженерных кадров для вышеназванных видов производств – БНТУ, Гомельского государственного технического университета (далее – ГГТУ) имени П. О. Сухого, БГТУ, Белорусского государственного аграрно-технического университета, Белорусского государственного университета.

За прошедшее время при координации НАН Беларуси научными организациями НАН Беларуси, университетами Минобразования Республики Беларусь, отраслевыми организациями Минпрома Республики Беларусь выполнены работы, завершённые не только получением новых эффективных научных результатов, но и освоением конкретной продукции, о чем будет сказано в последующих статьях настоящего сборника.

Работы по научному обеспечению нашли всестороннюю поддержку со стороны промышленных предприятий: лидера металлургии страны ОАО «БМЗ –

управляющая компания холдинга «БМК», ОАО «МТЗ», ОАО «МАЗ – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ», ЗАО «Атлант», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД» и др., которые сами располагают сильной научно-технической базой, кадровым потенциалом и без которых невозможно продвижение отечественных исследований и разработок в производство. Эти и другие предприятия собственными силами выполняют много технических мероприятий по реконструкции и модернизации литейно-металлургического оборудования, увеличению использования вторичных энергоресурсов, установлению отечественного литейного оборудования, модернизации термических и нагревательных печей, замене парка машинных преобразователей тока высокой частоты, внедрению оборудования индукционного нагрева.

Особо значимым для металлургической науки является установление творческих связей с ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» [11].

В 2013 г. образован Научно-производственный центр «ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» – НАН Беларуси». Принято положение о центре, сформирован состав его Совета. Цель создания: повышение технического уровня и конкурентоспособности продукции предприятий холдинга «БМК», энергоэффективности действующего производства, эффективности компьютеризации на всех его стадиях; снижение себестоимости продукции. При этом планируется научное обеспечение создания новой продукции предприятий холдинга «БМК»: литой заготовки и проката, металлокорда и крепежа, подшипников и др., а также функциональных материалов, обеспечивающих требуемое качество и конкурентоспособность продукции на мировом рынке. Техническое переоснащение и модернизация литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств путем внедрения отечественных образцов энергоэффективных технологий и оборудования, а также новой зарубежной техники.

Проведено четыре заседания Совета Научно-производственного центра, на которых обсуждены перспективы развития ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» на 2016–2020 годы; вопросы развития литейного производства на предприятиях холдинга до 2020 года. Рассмотрены предложения Института энергетики НАН Беларуси по сотрудничеству с предприятиями холдинга; ход выполнения решения Совета по развитию имеющихся на предприятиях холдинга «БМК» литейных производств с целью увеличения их загрузки и окупаемости, в том числе по развитию литейного производства ОАО «Полесьеэлектромаш» и других предприятий; проанализировано развитие работ по внедрению Методики оценки влияния различных факторов на удельный расход топливно-энергетических ресурсов при выплавке стали; доложены предварительные результаты разработок, выполняемых в интересах предприятий холдинга «БМК» в рамках государственных программ.

С целью расширения состава работ предприятиями холдинга подготовлен Перечень технических, экономических, финансовых и маркетинговых задач,

актуальных для ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» и предприятий, входящих в состав холдинга (всего – 67 проблем).

От институтов НАН Беларуси, ведущих университетов страны, других организаций (БНТУ, ИТМ НАН Беларуси, ФТИ НАН Беларуси, ГГТУ имени П. О. Сухого, ОИМ НАН Беларуси, Научно-практического центра НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства и др.) получено более 40 предложений по решению проблем, изложенных в Перечне, например: изучение процессов кристаллизации кордовых сталей; оптимизация режимов разливки и прокатки шарикоподшипниковой стали; снижение угара шихты в ДСП; оптимизация нагрева заготовок в кольцевой печи трубопрокатного цеха; создание технологии производства прошивных оправок; оптимизация процесса прошивки заготовок и режимов термообработки проволоки на термогальванических агрегатах; разработка способов переработки, утилизации и рециклинга металлургических отходов; защита арматурной стали от атмосферной коррозии; совершенствование технологии производства бесшовных труб нефтегазового сортамента; управление качеством волооченной проволоки; разработка новых критериев изменения свойств катанки и методов латунирования проволоки; внедрение новых способов утилизации стоков; создание подшипниковых узлов повышенной работоспособности; разработка стенда для оценки качества подшипников по виброакустическим характеристикам; нанесение антифрикционных покрытий на детали подшипников; разработка методики расчета шаровых упорнорadiaльных многорядных подшипников; определение зависимости температурных деформаций при шлифовании колец подшипников; разработка технологии изготовления толкателя клапана дизельного двигателя; разработка технологий получения полостей гравюр штампов, технологии упрочнения штамповой оснастки; создание технологии сварки контактного торцевого ключа типа «крест»; освоение производства ножей для копрового цеха; замена бронзовых втулок подшипников скольжения на втулки из силумина; а также на втулки биметаллические; изготовление ножей гидравлических прессножниц путем электрошлакового переплава изношенных; изготовление молотков для шредерного комплекса и др. Об этом мы более подробно рассказывали на Международной конференции «Литье и металлургия в 2013» г. [12], а также на IV заседании Совета Научно-практического центра «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» – НАН Беларуси» в апреле 2016 г.

Таким образом, усилиями Госстандарта Республики Беларусь, НАН Беларуси, Минпрома Республики Беларусь, Минобразования Республики Беларусь, научных организаций и промышленных предприятий, ученых и инженеров-литейщиков, металлургов, термистов и гальваников в нашей стране обозначилась положительная тенденция развития исследований и разработок, направленных на научное и научно-техническое обеспечение литейных, термических и гальванических производств. Получен ряд серьезных научных результатов, как фундаментального, так и прикладного значения. Созданы экспериментальные и опытные образцы оборудования и технологий. Кроме закупок обо-

рудования, которое сегодня нерационально производить в республике, предприятия своими силами проводят техническое перевооружение и модернизацию устаревшего оборудования. Разработаны и выпущены промышленные образцы литейного, термического и гальванического отечественного оборудования. Имеются хорошие перспективы освоить их выпуск и поэтапно расширить его применение в действующем производстве.

Консолидирован труд многих коллективов ученых и инженеров независимо от ведомственной принадлежности в решении своими силами многих вопросов технического перевооружения энергоемких производств. Это движение приобрело необратимый характер и повышает эффективность работы вышеназванных видов производств страны.

В 2013 г. по инициативе Минпрома Республики Беларусь, учитывая, что практически все мероприятия Программы входят составной частью в ежегодную утверждаемую и согласовываемую Департаментом по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь отраслевую программу энергосбережения, Постановлением Совмина Республики Беларусь № 568 от 26 июня 2013 г. Программа утратила силу. Согласовывая проект вышеназванного постановления, Президиум НАН Беларуси отмечал, что считает поручение Правительства об организации научного обеспечения Программы выполненным (постановление Совмина Республики Беларусь № 882 от 9 июня 2011 г.). Это видно из материалов, опубликованных в работах [13–15] и в настоящей статье.

Вместе с тем остается исключительно важным продолжение и усиление работ по созданию отечественных энергоэффективных образцов техники и технологий, направленных на техническое перевооружение и модернизацию литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств страны. Минпрому Республики Беларусь, НАН Беларуси, Минобразования Республики Беларусь, другим органам государственного управления нужно продолжить работы по техническому перевооружению и модернизации вышеназванных производств в рамках государственных и отраслевых программ, прямых договоров, при необходимости с докладом Правительству о ходе выполнения вышеназванных работ и их научного обеспечения.

Последние поручения Совмина Республики Беларусь по вопросу перевооружения энергоемких производств и его научного обеспечения датированы 3 мая 2014 г. (поручение № 07/129-80) и 10 июля 2014 г. (поручение № 07/312-264).

В информации, представленной Президиумом НАН Беларуси Совмину Республики Беларусь в январе 2015 г. были сформулированы предложения по дальнейшему развитию работ в области перевооружения вышеназванных производств.

1. Продолжить разработку новых опытных образцов печного термического и нагревательного оборудования, включая печи с защитной атмосферой; наращивание выпуска печного оборудования силами отечественных производителей.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
-------------------	---

ПРОГРАММНОЕ, ОРГАНИЗАЦИОННОЕ И КАДРОВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ

<i>Шипко А. А.</i> Организация научного обеспечения литейно-металлургических, термических, кузнечно-прессовых, гальванических производств: история вопроса и современное состояние	8
<i>Иванов И. А., Константинов В. М., Немененок Б. М., Трусова И. А., Белявин К. Е.</i> Роль механико-технологического факультета Белорусского национального технического университета в развитии литейно-металлургического комплекса Беларуси	22
<i>Одарченко И. Б., Бобарикин Ю. Л., Степанкин И. Н., Ровин Л. Е.</i> Основные итоги учебной и научно-исследовательской деятельности механико-технологического факультета Гомельского государственного университета имени П. О. Сухого в области металлургии и материалообработки	36

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

<i>Мельников А. П., Садоха М. А.</i> Технологии и тенденции развития литейного производства	48
<i>Марукович Е. И., Ильющенко В. М., Короткин Г. П., Барановский К. Э.</i> Ресурсосберегающие и импортозамещающие производства Института технологии металлов НАН Беларуси	60
<i>Садоха М. А., Мельников А. П.</i> Повышение эффективности производства отливок	76
<i>Калиниченко А. С., Рудницкий Ф. А., Николайчик Ю. А., Слуцкий А. Г., Шейнерт В. А., Ровин С. Л.</i> Пути повышения качества отливок и эффективности использования вторичных ресурсов	95
<i>Марукович Е. И., Брановицкий А. М.</i> Перспективные технологии литейного производства	115

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

<i>Клубович В. В., Томило В. А., Левкович В. В.</i> Развитие прогрессивных технологий пластического формообразования деталей машиностроения	123
<i>Исаевич Л. А., Король В. А., Сидоренко М. И., Иваницкий Д. М.</i> Направления развития технологий обработки металлов давлением в Белорусском национальном техническом университете	135

<i>Кожевникова Г. В.</i> Теоретические и технологические основы поперечно-клиновой прокатки заготовок из сталей с ограниченной пластичностью	149
<i>Минько Д. В., Белявин К. Е., Кузнецик О. О.</i> Распределение давления в порошке при электроимпульсном прессовании	162

**СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
ТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА:
ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ, УПРОЧНЕНИЕ**

<i>Гринчук П. С., Синдель А. С., Туркин С. Г., Торопов В. В., Ознобишин А. Н., Якутович Н. В.</i> Парк промышленных печей Республики Беларусь: состояние, перспективы и опыт модернизации	180
<i>Гордиенко А. И., Михлюк А. И., Везера И. И.</i> Перспективы развития технологий и оборудования индукционного нагрева	191
<i>Былицкий В. В., Рудый В. В., Босяков М. Н., Поболь И. Л.</i> Управляемое ионное азотирование шестерен большого диаметра на промышленном оборудовании	208
<i>Марукович Е. И., Ушеренко С. М., Ушеренко Ю. С., Яздани Джавад Х.</i> Легирование и перестройка структуры сталей в объеме твердого металлического тела	222
<i>Шипко А. А., Комаров А. И., Руденко С. П., Сандомирский С. Г.</i> Термическая обработка, упрочнение и контроль железоуглеродистых и алюминиевых сплавов	234

**ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ОБОРУДОВАНИЕ ГАЛЬВАНОПОКРЫТИЙ**

<i>Жарский И. М., Черник А. А.</i> Анализ состояния и вклад Белорусского государственного технологического университета в развитие гальванического производства в Республике Беларусь	251
<i>Цыбульская Л. С., Гаевская Т. В., Перевозников С. С.</i> Процессы электрохимического осаждения функциональных, композиционных, многослойных и градиентных покрытий на детали различного назначения	268
<i>Воробьева Т. Н., Врублевская О. Н.</i> Разработка физико-химических методов подготовки поверхности изделий из сплавов алюминия и цинка под финишные металлопокрытия ..	285
<i>Судас А. А., Крышалович А. К., Тараха А. В.</i> Гальваническое оборудование ООО «Стеклопласт». Автоматическая гальваническая линия никелирования и нанесения покрытия олово-висмут	297

**ПОДПРОГРАММА «МЕТАЛЛУРГИЯ» – ЗАДАНИЯ В ИНТЕРЕСАХ
ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

<i>Витязь П. А., Шипко А. А., Толстой А. В.</i> Исследования и разработки, выполненные в рамках подпрограммы «Металлургия» в 2011–2015 годах	308
<i>Витязь П. А., Шипко А. А., Толстой А. В.</i> Особенности подпрограммы «Металлургия» на 2016–2020 годы	355

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ БЕЛАРУСИ:
итоги и перспективы научного обеспечения**

Сборник статей

Редакторы *Н. Т. Гавриленко, Т. С. Климович*
Художественный редактор *И. Т. Мохнач*
Технический редактор *О. А. Толстая*
Компьютерная верстка *С. Н. Костюк, Л. И. Кудерко*

Подписано в печать 26.07.2016. Формат 70×100¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 30,23. Уч.-изд. л. 25,0. Тираж 100 экз. Заказ 149.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/18 от 02.08.2013. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.

ISBN 978-985-08-2039-6



9 789850 820396