



ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ

УДК 658.51+001.895

П.А. ВИТЯЗЬ, акад. НАН Беларуси
Президиум НАН Беларуси, г. Минск

А.А. ДЮЖЕВ, канд. техн. наук; А.А. ШИПКО, д-р техн. наук
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

В статье обобщен опыт работы Объединенного института машиностроения НАН Беларуси по организации научного обеспечения Программы технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств на 2010–2015 годы (далее — Программа). Представлен краткий обзор исследований и разработок, вошедших в отчет НАН Беларуси об итогах научного обеспечения Программы в 2012 году. Сформулированы предложения по дальнейшему развитию научного обеспечения энергоемких технологий машиностроения в 2013–2015 годах.

Ключевые слова: научное обеспечение, машиностроение, энергосбережение, комплексные целевые научно-технические программы, энергоемкие технологии

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 июня 2010 г. № 882 «О внесении изменений и дополнений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31 октября 2007 г. № 1421 на Национальную академию наук Беларуси возложена организация научного обеспечения Программы технического переоснащения и модернизации литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств на 2010–2015 годы. Приказом Национальной академии наук Беларуси от 12.08.2010 № 97 головным институтом в части организации научного обеспечения Программы определен Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси. Научное обеспечение осуществляется в рамках профильных государственных комплексных целевых научно-технических программ, выполняемых в 2011–2015 годах, а также прямых хозяйственных договоров между организациями о создании научно-технической продукции. Организацию таких работ наш Институт ведет при взаимодействии с Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь, Министерством промышленности Республики Беларусь, Министерством образования Республики Беларусь, Министерством энергетики Республики Беларусь, Государственным военно-промышленным комитетом Республики Беларусь, другими заинтересованными органами

государственного управления. Ежегодно сводный отчет по научному обеспечению Программы НАН Беларуси представляет Департаменту по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь для последующего представления Совету Министров Республики Беларусь.

За прошедший период НАН Беларуси и Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси проделан большой объем работ по организации научного обеспечения Программы: определены головные организации по литейному, металлургическому, термическому и гальваническому производствам; составлен Координационный план всех исследований и разработок ответственных организаций, работающих по тематике вышеназванных производств; к работам подключено более 50 подразделений НАН Беларуси, университетов, отраслевых организаций; государственная подпрограмма научных исследований «Металлургия» полностью пересмотрена и теперь все ее задания направлены на научное обеспечение Программы; образована новая подпрограмма «Гальванические технологии». Данному вопросу посвящены два заседания Президиума НАН Беларуси, многочисленные совещания в Госстандарте, Минпроме, НАН Беларуси, Объединенном институте машиностроения. Ряд сообщений о ходе научного обеспечения сделан на белорус-

ском промышленном форуме, на конференциях «Литье и металлургия» и других, в газетах и научных журналах.

Таким образом, поручение Совета Министров Национальной академии наук Беларуси об организации научного обеспечения Программы можно считать выполненным. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 568 от 28 июня 2013 г. постановления Совета Министров, которыми была утверждена Программа, признаны утратившими силу. Все практические мероприятия Программы, контроль за выполнением которых осуществляло Министерство промышленности Республики Беларусь, также утратили силу, поскольку они входят составной частью в ежегодно утверждаемую отраслевую программу энергосбережения.

При этом остается исключительно важным продолжение и усиление работ по созданию отечественных энергоэффективных образцов техники и технологий, направленных на техническое переоснащение и модернизацию литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств страны.

В настоящей статье содержится краткий обзор исследований и разработок, вошедших в отчет НАН Беларуси об итогах научного обеспечения Программы в 2012 году, подготовленный Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси по материалам организаций НАН Беларуси, университетов, отраслевых организаций — участников ее научного обеспечения. Кроме того, здесь сформулированы предложения по дальнейшему развитию научного обеспечения энергоемких технологий машиностроения в 2013–2015 годах.

В 2012 году рабочей группой НАН Беларуси, состоящей из представителей Объединенного института машиностроения НАН Беларуси, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», ОАО «БМЗ», Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Белорусского государственного технологического университета подготовлена аналитическая информация о результатах научного обеспечения видов производств, дана современная характеристика их технического уровня, сформулированы задачи на ближайшую перспективу. Институтами, университетами, отраслевыми организациями страны создан целый ряд новых образцов техники и технологий, позволяющих существенно снизить энергоемкость производства, повысить его технический уровень и качество производимой продукции.

Выполнение исследований и разработок ведется в рамках государственных научно-технических программ (подпрограмм): «Технологии литья», «Ресурсосбережение», «Технологии машиностроения», «Станки и инструменты», а также подпрограмм научных исследований «Металлургия» и «Материалы в технике». Результаты выполненных работ обсуждены на семинарах, конференциях,

выставках (Белорусский промышленный форум «Белпромэнерго», конференция «Современные методы и технологии создания и обработки материалов», Международная специализированная выставка «Мир металла», XX Международная научно-техническая конференция «Литейное производство и металлургия» и др.).

В подготовленный Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси по материалам организаций республики отчет НАН Беларуси о научном обеспечении энергоемких производств в 2012 году включены следующие примеры отечественных разработок.

По направлению литейно-металлургических производств. Институтом технологии металлов НАН Беларуси разработаны экологически чистая ресурсосберегающая технология и оборудование получения отливок из железоуглеродистых сплавов по газифицируемым моделям, которые внедрены на предприятии ООО «Спецлит», г. Могилев. Организовано производство отливок. Применение литья по газифицируемым моделям взамен широко используемого литья по выплавляемым моделям позволяет сократить расход дорогостоящих формовочных материалов до 10 раз, электроэнергии — в 2–3 раза и трудоемкость — в 3–4 раза. Себестоимость отливок в 1,5–2 раза меньше.

На базе разработанной этим институтом ресурсо- и энергосберегающей технологии изготовления деталей для нефтедобывающего оборудования в институте организовано экспортоориентированное производство деталей с повышенными механическими свойствами. Предприятиям республики (ООО «Агростеп», г. Минск; ОАО «Калинковичский РМЗ», г. Калинковичи; ОАО «ТБЗ Брасловский», Витебская обл.; УЧНПП «Технолит», г. Могилев; ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит») и России (ООО «Детали машин», Пермский край) в 2012 году поставлены партии деталей на сумму около 600 млн руб.

Расширен выпуск комплектующих деталей для средств радиационной защиты из лома свинца, что позволяет значительно сократить импорт свинца в республику. Предприятиям республики (ОДО «Тиса», г. Молодечно; УП «Атомтех», г. Минск; ООО «Металлоблэз», г. Молодечно) в отчетном году поставлено свинцовых изделий на сумму свыше 2,5 млрд руб.

ОАО «БЕЛНИИЛИТ» в рамках прямых хозяйственных договоров, а также государственной научно-технической подпрограммы «Технологии литья» для ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» разработаны и изготовлены два смешанно-готовительных комплекса для приготовления сырой песчано-глинистой формовочной смеси, а также опытный образец линии по производству мелких стержней. Разработана и внедрена новая энергосберегающая технология и оборудование для организации участка по производству

стержней повышенной прочности и пониженной газотворной способности из холодно-твердеющих смесей (ХТС) для чугунного литья номенклатуры ОАО «Бобруйский машиностроительный завод». Это позволяет с минимальными капитальными затратами осуществить замену устаревших моделей технологического литейного оборудования для изготовления стержней и внедрить современные технологии ХТС, существенно повышающие качество изготавливаемых песчаных стержней и получаемых с их применением отливок. Внедрение данного проекта позволяет также уменьшить затраты на формовочные и связующие материалы, снизить брак стержней на 2,0–2,5 % и отливков на 25–30 %, снизить потребление электроэнергии на 20–25 %. Вихревые смесители, входящие в состав автоматизированных смесеприготовительных комплексов для приготовления сырой песчано-глинистой формовочной смеси, по сравнению с катковыми имеют более высокую (в 1,5–2,0 раза) производительность и обеспечивают повышение качественных характеристик формовочной песчано-глинистой смеси: газопроницаемости в 1,2–1,5 раза; прочности на 10–15 %; уплотняемости на 15–20 %.

Совместно с ОАО «Лидский литейно-механический завод» этим институтом проведены испытания созданной опытной оснастки для промышленного производства литых заготовок изложниц, литых заготовок вставок, крышек и замков специальными методами литья (центробежное литье и др.), а также изготовлен комплект опытной биметаллической оснастки со сменными вставками из точнолитых заготовок и выполнен их монтаж на десятипозиционной карусельно-кокильной машине для производства моторных гильз Д-245. Стойкость оснастки повышена в 2–3 раза по сравнению с традиционной оснасткой из песчано-глинистых форм.

Для РУП «Минский тракторный завод» ОАО «БЕЛНИИЛИТ» изготовлены и поставлены: смеситель и установка смесеприготовления модели П1881, стержневая машина усовершенствованной конструкции для изготовления стержней массой до 90 кг по Амин-процессу, а также комплект узлов и механизмов для модернизации стержневых машин в количестве трех единиц. Гомельскому литейному заводу «Центролит» поставлена дробелитейная машина производительностью 200 кг изделий в час, а ОАО «СтанкоГомель» — вибростол. Дробелитейная машина предназначена для изготовления дробы для собственных нужд. Вибростол — для получения качественных форм и стержней из ХТС малыми сериями при изготовлении новых изделий. Производительность — 50–60 форм в час.

Гомельским государственным техническим университетом им. П.О. Сухого разработаны технические проекты по модернизации вагранок РУП «МТЗ» (г. Минск) и ОАО «Вистан» (г. Витебск), на-

правленные на улучшение экологических характеристик процесса плавки чугуна, сокращение вредных выбросов до санитарных норм. Для внедрения в чугунно-литейных цехах предприятий республики предложена разработанная и апробированная конструкция высокотемпературного рекуператора для вагранок, обеспечивающего подогрев дутья до 600–650 °С и за счет этого сокращение расхода кокса на 30 %.

Этим университетом завершено изготовление и монтаж установки высокотемпературного подогрева шихты в сталелитейном цехе РУП «Белозерский завод «Энергомаш» (г. Белозерск Брестской обл.), ведется подготовка к вводу в эксплуатацию. Установка обеспечивает сокращение удельных затрат электроэнергии на 160–200 кВт/ч на 1 т сплава.

В рамках научно-инновационного взаимодействия между УО «ГГТУ им. П.О. Сухого» и ГП «Гомельский завод литья и нормалей» выполнены работы по оптимизации вариантов технического перевооружения стержневого и формовочного участков цеха высокопрочного чугуна, направленные на снижение энергопотребления, улучшение условий труда. Университетом разработаны технико-экономическое обоснование и паспорта инвестиционных проектов технологической реконструкции участков. Заводом заключены договоры и осуществляется поставка необходимого оборудования.

Физико-техническим институтом НАН Беларуси совместно с Бобруйским машиностроительным заводом разработаны Технические условия на сплавы, принятые к изготовлению в электродуговой печи постоянного тока ДППТУ-6, подписан акт освоения технологии производства сплавов в новом плавильном агрегате. По расчетам, выполненным на заводе, экономия ресурсов на 1 т литья составляет 1 млн руб в ценах на конец 2012 года и обеспечивается за счет снижения себестоимости сплавов с высоким содержанием хрома, улучшения их качества — в первую очередь; уменьшения количества вредных примесей и достижения высокого уровня механических характеристик в сравнении с показателями сталей, выплавленных в дуговых печах переменного тока. Это повышает эксплуатационную стойкость насосного оборудования за счет большей износостойкости деталей проточной части насосов. При программе освоения 1700 т годовой экономический эффект составит 1,7 млрд руб.

Белорусским национальным техническим университетом разрабатываются теоретические основы и технологии получения низколегированного ваграночного чугуна за счет использования металлосодержающих отходов катализаторов. В соответствии с планом работ изготовлено 250 кг брикетов, содержащих 80 % оксида меди, образующегося в качестве отхода при травлении медных плат. Брикеты использовали для проведения промышлен-

ленной плавки на заводе «Строммашина» (г. Могилев) с целью легирования ваграночного чугуна медью. Анализ полученных результатов показал, что отходы травильного производства (~ 100 т) могут быть использованы для легирования чугуна медью с целью повышения марки чугуна. Для внедрения разработки необходимо организовать сушку отходов и изготовление брикетов в промышленных масштабах.

БНТУ разработана математическая модель процесса ведения плавки в среднечастотных индукционных плавильных системах и осуществлена проверка ее адекватности. Выполнен анализ влияния параметров энергетического режима и конструктивных параметров печи на расплавление шихты с целью минимизации удельного количества энергии, затраченной на выплавку металлов. Полученные результаты компьютерного моделирования, натуральных и лабораторных исследований позволяют рассчитать эмпирические зависимости тепло- и массопереноса в объеме печи и на границе раздела тигель-шихта, тем самым определить кинетические параметры процесса расплавления и интенсивность процесса в целом. Рассчитан процесс нагрева шихты в тигле. Результаты работ будут использованы при создании эффективных отечественных среднечастотных индукционных плавильных систем на примере печей емкостью 50 кг и освоении технологического процесса плавки сплавов черных и цветных металлов на предприятиях машиностроения и металлургии.

Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси с учетом изменяющихся условий производства ниппелей отопительных радиаторов на ОАО «Минский завод отопительного оборудования» обеспечено бесперебойное функционирование автоматизированной линии контроля и автоматической разбраковки по обрабатываемости необточенных отливок ниппелей из ковкого чугуна КЧ 30-6. Обеспечено повышение достоверности сортировки ниппелей по структуре (примерно на 20 %) и повышение надежности сортировки. Эксплуатация линии повысила рентабельность производства ниппелей, позволила в 50 % случаев отказаться от замены чугунных ниппелей на импортные стальные.

ОАО «УПНР» продолжило модернизацию дуговых сталеплавильных печей на предприятиях республики путем внедрения шкафов управления с пультами сталевара, которые являются локальным средством автоматизации электрического режима дуговой сталеплавильной печи с электромеханическим приводом перемещения электродов. За период 2010–2012 года ОАО «УПНР» были изготовлены и поставлены шкафы управления РУП «Минский тракторный завод», ОАО «Бобруйский машиностроительный завод», ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Мозырский машиностроительный завод», ОАО «Белоозерский электромеханический завод».

По направлению термических производств. Филиал ЗАО «Атлант» — Барановичский станкостроительный завод, Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси согласно «Плану разработки опытных образцов энергоэффективного печного оборудования на 2010–2012 годы», утвержденному Первым заместителем Премьер-министра Республики Беларусь В.И. Семашко, в 2011–2012 году спроектировано и изготовлено более десятка энергосберегающих печей, коэффициент полезного действия которых не менее 45 %. Потребление электроэнергии и природного газа при этом снижается на 30–60 %. Эксплуатируются такие печи на белорусских заводах ОАО «МЗОР», ОАО «Минский завод «Калибр», Бобруйском заводе тракторных деталей и агрегатов и др.

Институтом тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси разработан и изготовлен экспериментальный образец первого отечественного эндогенератора производительностью до 10 Нм³/ч по эндогазу. В настоящее время проводятся испытания эндогенератора. Эндогенератор предназначен для использования в системах защитной атмосферы для операций печной термообработки металлов, а также для использования в операциях цементации и нитроцементации. Разработан и изготовлен экспериментальный образец системы подготовки защитной атмосферы (основной компонент атмосферы — азот) для использования данной системы при термообработке металла в электропечах сопротивления. В настоящее время проводятся испытания системы.

По-прежнему актуальной для предприятий проблемой является расширенное использование токов высокой частоты для нагревательного и термического оборудования. Имеющийся на минских автомобильном и тракторном заводах, в Национальной академии наук Беларуси (Физико-технический институт, НПЦ по механизации сельского хозяйства, Объединенный институт машиностроения) опыт создания индукционного оборудования позволяет считать, что в республике есть все возможное для организации современного производства такого технологического оборудования, создания соответствующих ресурсосберегающих технологий.

Созданный в Физико-техническом институте НАН Беларуси Научно-исследовательский центр «Индукционных технологий и проблем термической обработки» специализируется на разработке и изготовлении высокочастотных генераторов в модульном исполнении с частотой от 2,4 кГц до 66 кГц и мощностью до 250 кВт, автоматизированных установок индукционного нагрева для термообработки и нагрева под деформацию металлов и сплавов, вспомогательного оборудования, систем управления индукционным термическим оборудованием на базе современных промышленных контроллеров, сертификации, монтаже и наладке оборудования индукционного нагрева. Физико-техничес-

кий институт НАН Беларуси и Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси выполняют проект по созданию комплекса автоматизированного оборудования для замены газовой печи для нагрева заготовок под последующую деформацию в кузнечном цехе ОАО «МАЗ». Технико-экономические расчеты показали, что замена газового нагрева на индукционный обеспечивает повышение КПД нагрева с 30–40 % (КПД печи) до 95–97 % (КПД комплекса), снижение расхода энергоносителей в 3,8 раза. Кроме того, будет достигнуто повышение качества нагрева за счет исключения обезуглероживания и угара металла. Полная автоматизация технологии нагрева и подачи заготовок позволяет увеличить производительность труда не менее чем на 20 %. Окупаемость комплекса оборудования составит около 3 лет. В 2013 году запланирован запуск комплекса на ОАО «МАЗ» с объемом выпуска деталей до 400 000 в год. В настоящий момент в связи с полной модернизацией кузнечного цеха ОАО «МАЗ» имеется потребность в изготовлении 4 подобных комплексов. Заинтересованность во внедрении данных комплексов выражают также РУП «МТЗ» и ПО «Гомсельмаш».

Второй проект предусматривает создание комплексной автоматизированной установки для поверхностной закалки и отпуска деталей в термическом цехе ОАО «МАЗ». Установка будет выполнена на современной элементной базе (транзисторные модули взамен машинных генераторов). Экономия электроэнергии при внедрении составит до 20 000 кВт/ч в год за счет высокого КПД установки (97 %) по сравнению с машинным генератором (60–70 %), а также исключения потребления на холостом ходу. Срок окупаемости установки 2,5–3 года. В 2013 году по данной технологии будет выпускаться около 140 000 деталей в год на сумму около 40 млн долл. Интерес во внедрении подобных установок выразили более 20 предприятий Министерства промышленности (ОАО «МАЗ», РУП «МТЗ», ПО «Гомсельмаш», ОАО «МЗОР», СИТОМО, ОАО «Гидромаш» и др.).

В направлении создания генераторов индукционного нагрева работает также Научно-практический центр по механизации сельского хозяйства НАН Беларуси. Этим центром разработаны и изготовлены опытные образцы транзисторных генераторов мощностью 60 и 100 кВт частотой 66 кГц, предназначенных для замены ламповых генераторов; опытные образцы закалочных трансформаторов для транзисторных генераторов частотой 66 кГц, мощностью 60 и 100 кВт. Разработан, изготовлен и прошел испытания блок автоподстройки частоты для транзисторных генераторов, позволяющий получить наиболее рациональный энергетический режим работы преобразователя. В 2012 году внедрены три среднечастотных транзисторных генератора для индукционного нагрева (РУП «МТЗ») и два высокочастотных 60 кВт,

66 кГц (ОАО «Бобруйскмаш»; ОАО «Минский моторный завод», филиал г. Столбцы). На ТРУП «Брестское отделение Белорусской железной дороги» внедрен транзисторный генератор мощностью 30 кВт для нагрева подшипников колесных пар железнодорожных вагонов.

По направлению гальванических производств. Белорусским государственным технологическим университетом (БГТУ) завершена разработка технологии нанесения композиционных электрохимических покрытий никель–алмаз с применением импульсного электролиза. Технология позволяет изготавливать алмазный режущий инструмент как для промышленности, так и для стоматологии (шлифовальные, отрезные круги, головки, сверла, стоматологические боры и т. п.). При этом достигнуты в 5–10 раз более высокие скорости осаждения покрытия, его толщина увеличена до 400 мкм. В настоящее время данная технология внедряется на НПО «Система». На этом же предприятии проходят производственные испытания созданная в БГТУ технология получения электрохимических покрытий на основе никеля, в том числе композиционных никель–алмазных, позволяющих проводить технологический процесс при температуре на 20–30 °С ниже по сравнению с существующими.

Разработаны также технологии нанесения композиционных электрохимических покрытий на основе железа и хрома с включением наноструктурированного углерода. Железные покрытия имеют микротвердость до 950 НВ, обладают существенно увеличенными коррозионной стойкостью, адгезией к стальной основе и отличаются отсутствием растрескивания в результате снижения внутренних напряжений. Разработанная технология нанесения покрытий на основе хрома на автомобильные шток-амортизаторы позволяет осаждать хром толщиной 20 мкм и более с меньшими в 2 раза энергетическими затратами, повышенной до 1120–1250 НВ микротвердостью, коэффициентом сухого трения до 0,05–0,07 и коррозионной стойкостью в камере соленого тумана свыше 160 ч.

Этим университетом проведено обследование очистных сооружений гальванических цехов (участков) предприятий Республики Беларусь. Выполнен анализ практики очистки сточных вод и обезвреживания отработанных технологических растворов. Определены возможные причины неудовлетворительной работы очистных сооружений. Составлена база данных по технологиям и оборудованию очистки сточных вод гальванического производства. Проведены исследования процессов обработки медь-, цинк- и никельсодержащих отработанных технологических растворов с целью перевода металлов в соединения, пригодные для использования. Выполнен анализ вариантов отведения и очистки сточных вод с учетом максимального вовлечения в хозяйственный обо-

рот шламов и осадков. Разработаны рекомендации по улучшению экологических характеристик гальванического производства на основе совершенствования технологических схем очистки сточных вод и максимального вовлечения в хозяйственный оборот шламов и осадков.

Совместно с НИИ ФХП БГУ завершено проведение мониторинга гальванических производств. Мониторинг гальванических производств показал, что 72,4 % гальванических линий можно считать морально и физически устаревшими поскольку находятся в эксплуатации 16 и более лет, оборудованием среднего возраста можно считать 17,24 % и только 10,35 % — новым оборудованием, эксплуатирующимся менее 10 лет. При этом определены основные задачи и направления развития гальванических производств.

В рамках научно-организационного сопро­вождения Программы в БГТУ проведен Республиканский научно-технический семинар «Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий». В работе семинара приняли участие 45 технологов, главных инженеров из 30 промышленных предприятий Республики Беларусь. На семинаре было представлено 43 доклада по актуальным проблемам разработки современных технологий нанесения гальванических покрытий, создания нового и модернизации действующего гальванического оборудования, создания альтернативных процессов нанесения защитных, декоративных и функциональных покрытий, эффективных способов переработки, утилизации и регенерации сточных вод, шламов гальванических производств и технологий очистки воздуха, мониторинга и технико-экономического анализа гальванического производства.

Научно-исследовательским институтом физико-химических проблем БГУ в рамках хозяйственных НИР разработаны методы получения светопоглощающих покрытий на изделиях из сплава алюминия (АМг2М) и инвара, а также золотых покрытий толщиной 0,25–0,28 мкм на основании корпусов интегральных схем с использованием окислительно-восстановительных химических реакций, протекающих в растворах. На базе института для НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «Интеграл» и НКУ «Космос» ОАО «Пеленг» изготовлены 29 изделий со светопоглощающими покрытиями, а для ОАО «Коралл» — 600 корпусов интегральных микросхем. Общий объем хозяйственных работ составил 121,7 млн руб.

Институт по договорам осуществлял поставки борсодержащей композиции для электролитов никелирования, авторский надзор и научно-техническое сопровождение разработанных ранее технологий, используемых в производстве однослойных электрохимически осажденных покрытий никель—бор вместо золота и серебра при изготовлении

печатных плат, контактов изделий спецтехники (ОАО «Минский часовой завод», ЧУП «ЭНВА» ООО БелТИЗ (г. Молодечно), РУП «Молодечненский радиозавод «Спутник», РУП ДП «Зенит» (г. Могилев) и др.); двухслойных покрытий никель—бор/золото (ОДО «Диатроник»; трехслойных электрохимически осажденных покрытий никель—бор/медь/никель—бор (ОАО «БелОМО «Минский механический завод им. С.И. Вавилова»); композиционных покрытий никель—алмаз—ультрадисперсный алмаз (ОАО «Планар», УП «КБТЭМ-СО»); технологии получения голографических матриц (ЗАО «Голографическая индустрия») и др. Объем заключенных хозяйственных договоров с предприятиями республики составил 27,8 млн руб., а объем выпущенной и реализованной продукции в соответствии с планами освоения — 6,425 млн долл. США и 414,1 млн руб.

ООО «Стеклопласт» (г. Гродно) в 2012 году было произведено и поставлено на ОАО «Кобринский инструментальный завод «СИТОМО»; ОАО «Витебский завод электроизмерительных приборов»; ОАО «ВолМет» 3 гальванические линии на общую сумму 13,74 млрд руб. На общую сумму более 2 млрд руб. произведена модернизация гальванического оборудования на ОАО «Кузнечный завод тяжелых штамповок» ПО «БелавтоМАЗ»; РУП «Могилевлифтмаш»; УП «Барановичское отделение Белорусской железной дороги» и на других предприятиях республики.

Белорусским государственным институтом стандартизации и сертификации разработаны и направлены на утверждение в Госстандарт Республики Беларусь следующие государственные стандарты:

- СТБ ISO 14713-1/ОР «Покрытия цинковые. Руководство и рекомендации по защите от коррозии чугунов и стальных конструкций. Часть 1. Общие принципы проектирования и коррозионной стойкости»;
- СТБ ISO 14713-2/ОР «Покрытия цинковые. Руководство и рекомендации по защите от коррозии чугунов и стальных конструкций. Часть 2. Горячее цинкование»;
- СТБ ISO 14713-3/ОР «Покрытия цинковые. Руководство и рекомендации по защите от коррозии чугунов и стальных конструкций. Часть 3. Диффузионное цинкование».

ОАО «УПНР» наращивает объемы выпуска созданных на этом предприятии выпрямителей с промежуточным инвертором для гальванических производств. Выпрямители выполнены на базе современной комплектации, закупаемой у известных мировых производителей, оснащены интеллектуальным микропроцессорным управлением, цифровым отображением информации и принудительным воздушным охлаждением, что обеспечивает более высокий уровень качества и энергоэффективности, чем у зарубежных аналогов, за счет ста-

бильного обеспечения заданных параметров и экономии электроэнергии на 10–15 %. Годовой эффект от внедрения таких изделий — более 1 млн кВт · ч электроэнергии и почти 27 тыс. т воды.

Выпрямители уже отгружены более чем 40 организациям Республики Беларусь различных форм собственности, в том числе таким крупным промышленным предприятиям как РУП «Минский тракторный завод», ОАО «БелОМО — ММЗ им. С.И. Вавилова», РУПП «Бобруйский завод тракторных деталей и агрегатов», ОАО «Минский завод «Калибр», ОАО «Брестмаш», ОАО «Рогачевский завод «Диaproектор», ОАО «Сморгонский завод оптического станкостроения», РУПП «Ольса», ОАО «АГАТ-системы управления», ОАО «588 Барановичский авиаремонтный завод», ОАО «140 ремонтный завод», РУП завод «Могилевлифтмаш», ОАО «БААЗ». Ежегодно объемы отгрузки увеличиваются: 2008 год — 17 ед.; 2009 год — 31 ед.; 2010 год — 49 ед.; 2011 год — 57 ед. По итогам 2012 года произведена отгрузка 95 выпрямителей.

Ряд перспективных работ выполнен с целью создания гальванозамещающих технологий и оборудования. Так, Физико-техническим институтом НАН Беларуси создано уникальное для Беларуси оборудование ионно-плазменного азотирования (ИПА), программно управляемое, с изменяемой геометрией рабочей камеры. На оборудовании реализована энерго-, ресурсосберегающая и экологически безопасная технология упрочнения деталей длиной от десятков миллиметров до 3200 мм с сокращением продолжительности обработки в 2–5 раз, расхода рабочих газов в 20–100 раз, удельных затрат электроэнергии на формирование упрочненного слоя в 2–3 раза по сравнению с традиционным газовым азотированием. По некоторым техническим характеристикам оборудование превосходит мировые образцы, в частности, имеет более низкое удельное энергопотребление на единицу массы упрочняемых изделий.

В рамках прямых хозяйственных договоров выполняются крупные заказы на изготовление и поставку оборудования и технологий ИПА для предприятий промышленности. В 2012 году ФТИ НАН Беларуси проведена полная модернизация двух установок ИПА для ОАО «МАЗ» с разработкой технологий упрочнения. Импортзамещение составило 307 тыс. евро. В 2013 году будет изготовлено оборудование для РУП «Могилевлифтмаш» и ПО «Гомсельмаш».

В декабре 2012 г. ФТИ НАН Беларуси объявлен победителем тендера на изготовление комплекса ИПА для ОАО «БелАЗ» (конкуренты — фирмы PLATEG GmbH и ELTRO GmbH, Германия). Договор будет выполняться в 2013 году. Учитывая стоимость зарубежного аналога, можно утверждать, что освоение разработки позволит обеспечить в 2012–2013 годах импортзамещение на сумму около 2 млн евро.

Завершая краткий обзор примеров использования отечественных образцов техники и технологий, необходимо особо подчеркнуть острую необходимость решения кадровых проблем энергоемких производств. Решение этой проблемы осуществляется Белорусским национальным техническим университетом, Белорусским государственным технологическим университетом, Гомельским государственным техническим университетом им. П.О. Сухого, Белорусским аграрным техническим университетом и другими университетами страны.

Заключение. Как видно, по всем трем видам производств — литейному, термическому и гальваническому отечественная наука располагает серьезным научным заделом, созданы предпосылки для организации современных производств импортозамещающей техники и технологий.

Вместе с тем, развитие работ на их завершающих стадиях, связанных с организацией выпуска отечественной продукции, требует усиления. В большинстве случаев предприятия страны при техническом переоснащении и модернизации ориентируются на закупки оборудования и технологий за рубежом. Несмотря на то, что в республике имеется необходимый кадровый потенциал и значительный опыт создания современного нагревательного и термического печного оборудования, установок индукционного нагрева и генераторов ТВЧ, гальванических линий и их компонентов, принятие решений по масштабному тиражированию этих разработок с целью удовлетворения потребностей промышленности и возможного экспорта затягивается. Это приводит к высокой цене оборудования единичного производства, ориентации белорусского рынка на более дешевые образцы иностранного производства.

Так, например, по данным Физико-технического института НАН Беларуси для модернизации термических производств ежегодно в республике закупается 30–40 генераторов стоимостью по 30 000 и более долл. Также закупаются комплексы индукционного нагрева, стоимость которых составляет от 250 тыс. до 1 млн долл. США. Создание в республике специализированного производства позволило бы удовлетворить потребность предприятий и ежегодно экономить средства на сумму не менее 3–5 млн долл. США. Подобное оборудование востребовано на внешних рынках, в том числе и на совместных производствах, создаваемых в Индии, Вьетнаме, странах Южной Америки, Казахстане, Туркменистане и др. странах.

По данным Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси общее количество термического и нагревательного оборудования составляет более 1800 единиц (85 % — электрические печи). Средний темп ввода новых электрических печей — 12 шт. в год, газовых — 1–2 шт. в год. Это крайне мало. Необходимо выходить, как минимум, на несколько десятков печей в год. И толь-

ко для сложных агрегатов, которые нецелесообразно производить в республике, возможна закупка за рубежом. Вместе с тем целесообразно продолжить создание опытных образцов печей более сложной конструкции, например, с защитной атмосферой и вакуумных.

Вопрос импортозамещения весьма актуален и для рынка гальванического оборудования. По результатам последнего исследования Белорусского государственного технологического университета и НИИ физико-химических проблем БГУ более 70 % гальванических линий морально и физически устарело. Таких производств в стране более 100. Как видно из приведенных выше отчетных данных, вопросы замены устаревшего оборудования способны решать белорусские производители.

Энергоэффективные разработки, нуждающиеся в расширенном использовании в промышлен-

ности страны (новые технологии литья, теплоизоляционные материалы из местного сырья и вторичных материалов, новые виды защитных функциональных покрытий), выполнены также Институтом технологии металлов НАН Беларуси, Белорусским национальным техническим университетом им. П.О. Сухого, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», НИИ физико-химических проблем БГУ и другими организациями.

При решении важнейшей государственной задачи модернизации и технического перевооружения энергетических производств нужно более решительно выводить из эксплуатации устаревшие затратные технологии и оборудование, решать вопросы кооперации по видам производств, принимать решения по государственной поддержке отечественных производств, способных выпускать новую импортозамещающую продукцию, необходимую для перевооружения.

Vityaz P.A., Djuzhev A.A., Shipko A.A.

Scientific support of the energy-intensive technologies modernization in mechanical engineering

This article summarizes the experience of the Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus on the organization of scientific support for the Technical re-equipment and modernization of the foundry, thermal, galvanic, and other energy-intensive industries for the period 2010–2015. The article gives the brief review of researches and developments that are included in the National Academy of Sciences report on the results of scientific support for the Programme in 2012. The proposals for the further development of scientific support for energy-intensive technologies in engineering 2013–2015 are formed.

Keywords: *scientific software, mechanical engineering, power saving, comprehensive targeted scientific and technical programs, energy intensive technologies*

Поступила в редакцию 04.08.2013.