

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

УДК 621.74

ВКЛАД РАБОТНИКОВ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА БНТУ В СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И.А. ИВАНОВ, д-р техн. наук, **Б.М. НЕМЕНЁНОК**, д-р техн. наук
Белорусский национальный технический университет

В статье систематизированы результаты первых научно-исследовательских работ, проведенных на механико-технологическом факультете (МТФ) БНТУ, по изучению возможности создания белорусской горно-металлургической отрасли, которые выполнялись по заданию Главного технического управления Министерства черной металлургии СССР и Министерства высшего и среднего специального образования БССР. Описывается участие преподавателей и научных работников МТФ в освоении мощностей I-й очереди Белорусского металлургического завода (БМЗ), основные фундаментальные и основополагающие результаты исследований, выполненных на базе Комплексной научно-производственной лаборатории «Проблемы металлургического производства». Обсуждаются результаты выполненных работ по совершенствованию системы подготовки кадров для отечественной металлургической отрасли, начиная с момента создания в мае 2000 года кафедры «Металлургические технологии», в рамках учебно-научно-производственного объединения «БГПА–БМЗ», до настоящего времени. Дан обширный перечень монографий, справочников и учебников, изданных работниками факультета по теоретическим и практическим аспектам металлургического производства.

Ключевые слова: структура факультета, кафедры, белорусская руда, окатыши, разработки, металлургический завод, металлургическая теплотехника, награды.

**CONTRIBUTION OF WORKERS OF THE MECHANICAL
AND TECHNOLOGICAL FACULTY OF BNTU
TO THE FORMATION AND DEVELOPMENT
OF METALLURGICAL PRODUCTION
IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

I.A. IVANOU, Dr. of Engineering Sciences, Professor, **B.M. NEMENENOK**,
Dr. of Engineering Sciences, Professor
Belarusian National Technical University

The results of the first research works carried out at the Faculty of Mechanics and Technology (MTF) of BNTU to study the possibility of creation a Belarusian metallurgical industry, which were carried out on the task of the Main Technical Department of the USSR Ministry of Ferrous Metallurgy and the Ministry of Higher and Secondary Special Education of the BSSR are systematized in this article. The participation of teachers and researchers of the MTF in the development of the industrial capacities of the 1st line of the Belarusian Metallurgical Plant (BMP), the main fundamental and fundamental results of research carried out on the basis of the Integrated Scientific and Production Laboratory «Problems of Metallurgical Production» are described. The results of the work performed to improve the educational system for the domestic metallurgical industry are discussed since the establishment in May 2000 of the Department of Metallurgical Technologies, within the framework of the educational-scientific-production association «BSPA-BMP», up to the present. An extensive list of monographs, reference books and textbooks published by the faculty members on theoretical and practical aspects of metallurgical production is given.

Keywords: *faculty structure, departments, Belarusian ore, pellets, developments, metallurgical plant, metallurgical heat engineering, awards*

В период формирования машиностроительного комплекса Советского Союза Белоруссии отводилась роль большого сборочного конвейера с развитым заготовительным производством, в том числе и с литейным или «малой металлургией». В республике насчитывалось около 160 литейных участков и цехов, а также специализированный литейный завод «Центролит» в г. Гомель. Необходимость подготовки кадров для металлургического комплекса стимулирова-

ла более 60 лет назад создание в Белорусском политехническом институте (ныне Белорусский национальный технический университет) механико-технологического факультета (МТФ) [1, 2]. Факультет был создан в 1958 году, выделившись из механического факультета БПИ. В его развитие и становление огромный вклад внесли деканы А.М. Дмитриевич (1958–1964), В.С. Пашенко (1964–1976), Б.В. Бабушкин (1976–1985), В.М. Королев (1985–2003), Н.И. Иваницкий (2003–2013), И.А. Иванов (2013– настоящее время) [1, 2].

Достижения факультета неразрывно связаны с именами известных ученых, организаторов высшего технического образования, академиков В.П. Северденко, О.В. Романа, А.В. Степаненко, П.А. Витязя, профессоров В.И. Беляева, Е.И. Бельского, Л.С. Ляховича, Д.Н. Худокормова, Л.Г. Ворошнина, Д.М. Кукуя, Л.А. Исаевича, В.И. Тутова, Е.Б. Ложечникова и др. За многолетнюю историю факультета подготовлено около 13000 инженеров, более 830 научных сотрудников, из них 65 докторов и более 300 кандидатов технических наук. Среди выпускников факультета три академика и один член-корреспондент НАН Беларуси: академики – А.В. Степаненко, А.А. Михалевич, Е.И. Марукович, член-корреспондент Ф.И. Пантелеенко [1, 2].

В настоящее время структура факультета включает в себя кафедры и научно-исследовательские лаборатории. Выпускающие кафедры непосредственно связаны с подготовкой инженеров для литейно-металлургического комплекса: «Металлургия черных и цветных сплавов» (заведующий – доктор технических наук, профессор Б.М. Немененок), «Машины и технология литейного производства» (заведующий – доктор технических наук, доцент С.Л. Ровин), «Материаловедение в машиностроении» (заведующий – доктор технических наук, профессор В.М. Константинов), «Машины и технология обработки металлов давлением» (заведующий – доктор технических наук, профессор Томило В.А.), «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов» (заведующий – член-кор. НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор Ф.И. Пантелеенко). В состав факультета входит также общеобразовательная кафедра «Охрана труда» (заведующий – доктор технических наук, профессор А.М. Лазаренков).

С первых дней существования факультета научно-исследовательская деятельность его сотрудников была направлена на совершенствование существующих технологических процессов в малой металлургии.

После открытия в начале 70-х годов прошлого столетия в Белоруссии Околовского месторождения железных руд на кафедре «Литейное производство черных и цветных металлов» (ныне «Металлургия черных и цветных сплавов») под руководством д.т.н., профессора Худокормова Д.Н. начались работы по изучению возможности создания собственной горно-металлургической отрасли в республике [3]. В 1971 году по заданию Главного технического управления Министерства черной металлургии СССР коллектив специалистов МТФ БПИ (д.т.н., проф. Д.Н. Худокормов, к.т.н., доц. О.Ф. Корякова, к.т.н., доц. В.М. Королев, инж. И.Ю. Сапонько) провел научно-исследовательскую работу «Исследование возможности получения металлизированных окатышей для нужд литейного производства» совместно с Криворожским научно-исследовательским институтом МЕХАНОБРЧЕРМЕТ Главного технического управления Министерства черной металлургии СССР. Результатом проведенных исследований была разработка принципиальной технологической схемы осуществления способов металлизации окатышей из железорудного концентрата как твердым, так и газообразным восстановителем во вращающихся и шахтных печах с последующим получением из них чугунных отливок. Далее с 1973 по 1975 годы по заданию Министерства высшего и среднего специального образования БССР были проведены исследования по теме «Разработка металлургической схемы переработки железных руд белорусского месторождения», которые под руководством профессора Д.Н. Худокормова осуществил коллектив работников факультета в составе к.т.н. В.М. Королева, к.т.н. О.Ф. Коряковой, ст. инж. И.Ю. Сапонько совместно с научными работниками института МЕХАНОБРЧЕРМЕТ к.т.н. И.Н. Докучаевой, к.т.н. А.А. Пинчук и заведующим лабораторией В.Ф. Бернадо. Получение магнетитового концентрата для производства металлизированных окатышей осуществлялось с использованием электромагнитной сепарации [3].

Для получения неофлюсованных окатышей в составе шихты, кроме магнетитового концентрата, полученного из белорусской

ильменит-магнетитовой руды, вводился бентонит Даш-Салахлинского месторождения в количестве 0,5 %. Химический состав белорусского концентрата следующий, %: Fe_{общ} – 66,3; FeO – 30,4; Fe₂O₃ – 61,0; SiO₂ – 2,7; Al₂O₃ – 2,1; CaO – 0,08; MgO – 0,38; MnO – 0,12; Na₂O – 0,39; K₂O – 0,75; S – 0,019; TiO₂ – 0,17; P₂O₅ – 0,019; CO₂ – 0,17; прочие – 1,7. Состав бентонита включал, %: Fe_{общ} – 3,0; Fe₂O₃ – 7,6; SiO₂ – 60,55; Al₂O₃ – 15,3; CaO – 3,04; MgO – 3,27; MnO – 0,086; Na₂O – 2,73; K₂O – 0,38; прочие – 7,04 [3].

Для снижения содержания серы, перед процессом восстановления полученные окатыши подвергались упрочняющему обжигу в окислительной атмосфере на лабораторной установке, где время и температура соответствовали режиму обжига окатышей на промышленной конвейерной машине. Обожженные при температуре 1300 °С окатыши характеризовались крупнозернистой структурой, прочностью на раздавливание 1200–500 Н/окатыш и содержанием серы 0,029 %. Таким образом, степень удаления серы составила 92,3 %.

Восстановление полученных малосернистых окатышей производилось в лабораторной трубчатой вращающейся печи. В качестве восстановителя применялся торфоккок, полученный в Институте торфа АН БССР и антрацит Шахтенской обогатительной фабрики. Основные технологические показатели получения и восстановительного обжига окатышей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технологические показатели получения окатышей [3]

Восстановитель	Связующая добавка	Температура восстановления, °С	Время металлизации, ч	Содержание, %				Степень металлизации, %
				Fe _{общ}	Fe _{мет}	FeO	S	
Торфоккок	Бентонит, 0,5 %	1050	2	83,6	63,8	25,9	0,010	75,7
Антрацит	То же	1050	3	83,6	71,1	15,0	0,022	89,5

В результате дальнейших исследований было установлено, что белорусская природно-легированная железная руда относится к разряду легкообогащаемых и позволяет получать сверхбогатые магнетитовые концентраты с содержанием железа 67–69 %, при-

годные для производства металлизированных окатышей. Степень металлизации после восстановления в лабораторной трубчатой вращающейся печи составила 76–90 %. Содержание серы в металлизированных окатышах можно снижать за счет использования низкосернистого восстановителя.

Последующими испытаниями [4–6] в производственных условиях было установлено, что:

- применение металлизированных железорудных окатышей в составе шихты позволяет повысить качество чугуна, выплавляемого в вагранках и дуговых электрических печах;

- использование в составе шихты 20 % окатышей не затрудняет процесс плавки в вагранке, однако расход ферросилиция и кокса при этом возрастает на 10–15 и 5–10 % соответственно;

- введение окатышей в шихту способствует снижению содержания вредной примеси (хрома на 30–50 %) и повышению пластических свойств чугуна;

- ввод в шихту до 45 % окатышей при производстве чугуна в дуговых электрических печах не затрудняет процесс плавки, а продолжительность плавления, расход электроэнергии и угар элементов не отличаются от соответствующих показателей при работе на традиционной шихте;

- низкое содержание в окатышах вредных примесей и карбидообразующих элементов делает целесообразным применение их при производстве чугуна с шаровидным графитом.

В качестве основных недостатков было установлено увеличение расхода шлакообразующих при плавке в ДСП в 2–3 раза, а при ваграночной плавке количество шлака увеличилось на 6–7 % от массы жидкого металла.

В результате проведенных исследований были подготовлены и успешно защищены две кандидатские диссертации: в 1979 году – И.Ю. Сапонько по теме «Исследование и разработка технологического процесса производства высококачественных чугунных отливок с применением металлизированного железорудного сырья» и в 1981 году – О.А. Белым по теме «Исследование и разработка технологии плавки чугуна в вагранке с использованием металлизированного железорудного сырья».

Предложенный вариант комплексного использования минеральных ресурсов Беларуси, включающий в себя переработку магнетитового концентрата, выделенного в процессе обогащения титано-магнетитовых руд с применением малозольного фрезерного торфа и последующее получение высококачественного губчатого железа без затрат дефицитного восстановителя – кокса, заслуживает особого внимания при рассмотрении проблем создания горно-металлургической отрасли с точки зрения реалий сегодняшнего дня [3]. Принимая во внимание ввод в эксплуатацию атомной электростанции в Республике Беларусь, появление более дешевого источника энергии, развитие бескоксовых внедоменных способов реализации металлургических процессов открывает новые перспективы промышленной разработки белорусских месторождений железных руд [3, 7].

В решении проблемы развития металлургии и промышленного использования железных руд Беларуси необходимо учесть опыт и результаты исследований ученых МТФ БНТУ.

Важной вехой в истории Беларуси является решение ЦК КПСС и Минчермета СССР о строительстве Белорусского металлургического завода в г. Жлобине. 10 сентября 1982 года на будущей стройке был заложен «первый камень». Первая очередь завода была сдана в эксплуатацию в ноябре 1984 года, когда федеральный канцлер Австрии Зиновац Ф. и заместитель председателя Совета министров СССР Архипов И.А. официально подписали акт приемки-сдачи в эксплуатацию Белорусского металлургического завода. С 1985 года на Белорусский металлургический завод были направлены первые выпускники МТФ, закончившие специальности «Литейное производство черных и цветных металлов», «Металловедение, технология и оборудование термической обработки металлов», «Машины и технология обработки металлов давлением».

Практически с вводом в эксплуатацию БМЗ появилась и белорусская научная школа «Энерго- и ресурсосбережение в теплотехнологиях металлургического и машиностроительного производства» [8], создателем которой явился д.т.н., профессор В.И. Тимошпольский. В это время были заключены первые хозяйственные договоры по усовершенствованию режимов нагрева металла в нагревательной печи стана 320/150 Белорусского металлургического завода при освоении I очереди завода. В период с 1984 по

1986 год проведены первые экспериментальные исследования технологии нагрева стали, положенные в основу усовершенствования режимов нагрева рядовых марок сталей (Ст.3, Ст.5, Ст.6, Ст.10 и др.), а также низколегированных марок сталей. На основании проведенных НИР разработана технологическая инструкция по нагреву непрерывнолитых заготовок в нагревательной печи непрерывного мелкосортно-проволочного стана (ТИ-840-П-01-85, изменение № 1, 1986 г.).

По мере вхождения в проблему энерго- и ресурсосбережения начаты исследования режимов затвердевания и охлаждения непрерывнолитых заготовок сечением 125×125 мм на БМЗ (совместно с научной школой профессора Самойловича Ю.А., ВНИИМТ, г. Свердловск (ныне НИИМТ, г. Екатеринбург). Первые опыты на МНЛЗ-1, 2 БМЗ проведены в 1985 г. На основании экспериментально-теоретических исследований выполнена оптимизация режимов непрерывного литья по минимальному отклонению глубины жидкой лунки слитка от металлургической длины МНЛЗ, а также теплотехническое обоснование условий совмещения непрерывной разливки стали и ее нагрева в единый технологический процесс путем организации режимов горячего посада заготовок в нагревательную печь. В результате разработана технологическая инструкция «Непрерывная разливка стали на МНЛЗ» (ТИ-840-С-02-87, 1987 г.).

Следует отметить, что при выполнении отмеченных НИР, удалось достигнуть рекордных показателей работы печи стана 320/150 (удельный расход условного топлива 35–37 кг у.т/т, производительность 200 т/ч), не имеющих аналогов в мировой практике эксплуатации печей мелкосортных станом и аналогичной конструкции [8].

В 1988 г. совместным приказом Министерства черной металлургии СССР, Академии наук БССР и Белорусского политехнического института за № 47-П от 12.07.1988 г. создана Комплексная научно-производственная лаборатория «Проблемы металлургического производства» (КНПЛ ПМП) общей численностью 70 человек, которая базировалась в лабораторных аудиториях Белорусского политехнического института, Физико-технического института АН БССР (г. Минск), Института технологии металлов (г. Могилев) и на производственных площадях БМЗ. У истоков создания лаборатории стояли крупные белорусские ученые в области технологии и обору-

дования металлургического производства, академики Национальной академии наук Беларуси (НАНБ), директор Института технологии металлов (г. Могилев), академик НАНБ Анисович Г.А., директор Физико-технического института Астапчик С.А., бывший вице-президент АН БССР академик Степаненко А.В., ректор БПИ Чачин В.Н., а также бывший директор Белорусского металлургического завода, заслуженный металлург Российской Федерации Тихоновский М.Г. Основой для создания лаборатории (заведующий д.т.н., профессор Тимошпольский В.И.) явились, прежде всего, материально-техническая база БМЗ и научный потенциал БПИ, Института технологии металлов, а также ряд успешно выполненных хозяйственных договоров БПИ с БМЗ (и, в первую очередь, х/д № 332/85 «Теплофизический и теплотехнический анализ процессов затвердевания, охлаждения и нагрева непрерывнолитых заготовок на БМЗ»).

Спектр научных исследований, проводимых лабораторией, самый разнообразный: выплавка и внепечная обработка стали, непрерывная разливка, кристаллизация, затвердевание и охлаждение, нагрев и термообработка, оптимизация теплотехнологических процессов, прокатка, энергоэкологические исследования. При этом используются современные методы исследований: термометрирование слитков и заготовок на технологических этапах от разливки до выдачи на прокат в нагревательных и термических печах различных конструкций; физико-математическое моделирование процессов выплавки, охлаждения и нагрева; методы математической физики и термомеханики; современный арсенал знаний в области теории и технологии металлургического производства.

Отметим основные фундаментальные и основополагающие результаты исследований.

Впервые в теории выплавки стали в сверхмощных электродуговых печах разработана комплексная физико-математическая модель тепловой работы, которая включает подплавление шихты на остатке расплава («болоте») – дополнительном интенсификаторе тепловыделения с учетом теплоты фазового перехода. С целью устранения недостатков, выявившихся при освоении технологии выплавки с ДСП-100 БМЗ (высокая температура выпускаемого металла, продолжительные межплавочные простои и др.), проанализировано около 500 плавов, проведен ряд экспериментов по определению оптимальной массы «болота». Дан комплексный анализ входящих в основные энергетические уравнения динамических характеристик плавки:

теплоты шлакообразования, теплоты экзотермических реакций, электрических параметров дуг и др. Исследовано влияние способов и удельной массы начальной завалки на энерготехнологические параметры плавки. Рассмотрены и некоторые специальные вопросы технологии выплавки стали: процессы плавления порошковой проволоки при вводе в жидкую сталь; физико-химическое моделирование обезуглероживания металлической ванны переменной массы. Разработана и внедрена в условиях БМЗ технология выплавки стали под «пенистыми» шлаками, позволяющая значительно улучшить технико-экономические показатели работы ДСП. Усовершенствована технология внепечной обработки на циркуляционном вакууматоре [8].

Одним из серьезных направлений исследований являлась разработка новых шихтовых материалов с целью снижения расхода тепловой и электрической энергии, повышения выхода годного в 100-т ДСП БМЗ. В ходе разработок сотрудниками лаборатории совместно со специалистами БМЗ получены новые шихтовые материалы, а также при их использовании и новые составы высокоуглеродистых и штамповых марок сталей (получены авторские свидетельства на изобретения).

Исследованы процессы нагрева непрерывнолитых заготовок в подогревательных печах и термической обработки сортового проката в колодцах контролируемого охлаждения. В результате разработана технологическая инструкция ТИ 840-П2-01-91. Внедрение в действующее производство режимов нагрева заготовок в подогревательной печи стана 850 позволило снизить удельный расход топлива на 24–26 кг у.т/т, в колодцах замедленного охлаждения при термообработке конструкционных сталей – более чем в два раза [8].

В 1992–1994 гг. в условиях БМЗ при участии сотрудников КНПЛ ПМП и специалистов БМЗ освоено промышленное производство (технология выплавки, разливки и нагрева) новых марок сталей: 50ХГФА (ГОСТ 14959-79), высокоуглеродистой стали (70-80) для производства специальных видов проволоки (ГОСТ 15598-70, 9298-75).

Целью всех проводимых исследовательских работ являлось, прежде всего, объединение и обобщение с помощью экспериментально-теоретической базы самостоятельных теплотехнологических операций (например, выплавка, внепечная обработка, разливка, нагрев, прокатка на двух станах) с точки зрения физики и математики в единый теплотехнологический процесс с последующей комплексной оптимизацией как по совокупности кри-

териев, так и в рамках строгой оптимизации и последующей адаптацией на реальных объектах [8].

Несомненными достижениями лаборатории и научных сотрудников следует признать то, что в условиях крупных и новейших металлургических агрегатов удалось достигнуть большого практического применения, а также получить новые теоретические результаты для металлургических теплотехнологий в целом. Сюда следует причислить такие модели, как физико-математическая модель выплавки, разливки по условиям термической прочности твердой корочки металла и наиточнейшего затвердевания, сопряженные математические модели нагрева и прокатки, математические модели, основанные на принципе строгой оптимизации по наиболее существенному критерию качества для конкретного процесса (метод магистральной асимптотической оптимизации): по минимуму окалинообразования, расхода топлива, обезуглероживания и т.д. [8].

Неопрровержимым достижением лаборатории является также и то, что в условиях промышленного производства проведено около полусотни экспериментов с целью выявления реальной картины, разработки и уточнения математических моделей, разработки и усовершенствования действующих (паспортных) технологий, предложенных фирмой «Фест-Альпине».

Внедрение оптимального режима нагрева кордовых марок сталей в нагревательной печи стана 320/150 позволило снизить удельный расход условного топлива и окалинообразование соответственно на 3–5 кг у.т/т и 2–3 кг/т в зависимости от производительности прокатного стана.

Внедрение разработанных режимов нагрева в печи стана 850 БМЗ позволило снизить удельный расход топлива на 3–5 кг у.т/т, окалинообразование на 6 кг/т, сократить выход брака в готовом прокате на 2 кг/т [8].

При проведении комплексных теоретических и экспериментальных исследований режимов и технологии выплавки, разливки, нагрева и прокатки полосовой стали 50ХГФА внесены изменения в технологические инструкции ТИ 840-С-20-90 «Внепечная обработка углеродистой и легированной конструкционной стали» (изменение № 1, 1994г.), ТИ-П2-01-91 «Производство заготовки и сортового проката на стане 850» (изменение № 9, 1994 г.), отработаны рабочие режимы разливки и нагрева непрерывнолитых заготовок.

Выполнены энергоэкологические исследования печей станов 850 и 320/150 БМЗ, разработана методика, определения энергоэкологи-

ческих характеристик горелочных устройств. Выданы рекомендации по замене горелочных устройств и применению кислорода для обогащения воздушного дутья в нагревательных печах станов 320/150 и 850 [8].

С целью дальнейшего развития металлургической отрасли страны, совершенствования системы подготовки инженерных кадров для промышленного комплекса Республики Беларусь и укрепления научно-технических связей науки с производством в мае 2000 года создается кафедра «Металлургические технологии» в рамках учебно-научно-производственного объединения «БГПА – РУП «БМЗ». Возглавил кафедру д.т.н., профессор В.И. Тимошпольский. Первыми преподавателями кафедры стали И.А. Трусова, С.М. Кабишов, Г.А. Румянцева и специалисты РУП «БМЗ» (А.Б. Стеблов, В.В. Филиппов, В.А. Маточкин), создан филиал кафедры на РУП «Белорусский металлургический завод». В последующем для педагогической деятельности были привлечены молодые специалисты: П.Э. Ратников, С.В. Корнеев, Д.В. Менделев.

Кафедра начала подготовку специалистов в рамках специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка» по следующим специализациям:

1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных сплавов»;

1-42 01 01-02 02 «Металлургическая теплотехника и печи»;

1-42 01 01-02 03 «Организация металлургического производства» и направлению специальности 1-42 01 01-03 «Промышленная безопасность».

С 2008 года кафедру возглавила д.т.н., профессор И.А. Трусова. В связи с реорганизацией учебных подразделений БНТУ, с 30 июня 2017 года кафедра «Металлургические технологии» и «Металлургия литейных сплавов» были объединены в кафедру «Металлургия черных и цветных сплавов» под руководством д.т.н., профессора Б.М. Неменёнка. В состав объединенной кафедры вошли д.т.н., проф. И.А. Трусова и к.т.н., доценты С.В. Корнеев, П.Э. Ратников, Г.А. Румянцева.

Для повышения квалификации специалистов металлургического профиля на факультете организована II ступень получения высшего образования через магистратуру по специальностям 1-42 80 01 «Металлургия», 1-42 81 01 «Металлургические технологии повы-

шения конкурентоспособности продукции», а с 2019 года открыта специальность 1-42 80 01 «Инновационные технологии в металлургии» с очной и заочной формами обучения.

В рамках научного сотрудничества БМЗ и факультета в период с 1987 года по настоящее время осуществляется подготовка научных кадров высшей квалификации. Под научным руководством профессоров факультета А.В. Степаненко, В.И. Тимошпольского, И.А. Трусовой, А.Н. Чичко сотрудниками БМЗ защищена 1 докторская диссертация (А.Б. Стеблов) и более 10 кандидатских диссертаций (А.П. Фоменко, Ю.В. Дьяченко, В.С. Тимофеев, А.С. Желтков, Ю.В. Феоктистов, А.В. Веденеев, С.В. Терлецкий, А.В. Демин, В.А. Маточкин, В.А. Тищенко, В.В. Филиппов и др.). Ряд сотрудников факультета подготовили кандидатские диссертации по тематике Белорусского металлургического завода, решая для него конкретные технологические задачи.

За успешное выполнение научно-технических разработок в области металлургического производства многие сотрудники факультета были отмечены престижными премиями, наградами и почетными званиями:

1978 г. – Государственная премия БССР (д.т.н., проф. Худокормов Д.Н., к.т.н., доц. Галушко А.М.);

1980 г. – Премия ВЛКСМ (к.т.н. Леках С.Н.);

1984 г. – Премия Ленинского комсомола БССР (к.т.н. Бестужев Н.И., к.т.н. Дорошко С.В., к.т.н. Розум В.А., к.т.н. Слуцкий А.Г., к.т.н. Трибушевский В.Л., инж. Счисленок Л.Л.);

1985 г. – Премия Совета Министров СССР (д.т.н., проф. Тутов В.И.);

1988 г. – Премия Ленинского комсомола БССР (к.т.н. Тимошпольский В.И., к.т.н. Трусова И.А.);

1998 г. – Государственная премия Республики Беларусь (д.т.н., проф. Тимошпольский В.И., к.т.н., доц. Трусова И.А.);

2001 г. – премия Национальной академии наук Беларуси за лучшую научную работу (д.т.н., проф. Тимошпольский В.И.);

2001 г. – За обеспечение досрочного пуска в эксплуатацию и освоение проектных мощностей мелкосортно-проволочного стана 150 РУП «БМЗ» д.т.н., проф. В.И. Тимошпольский награжден орденом Почета, к.т.н., проф. И.А. Трусова медалью «За трудовые заслуги»;

2003 г. – Постановлением Президиума отделения естественных наук РАН и Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности д.т.н., проф. Тимошпольскому В.И. присуждена Золотая медаль им. М.В. Ломоносова;

2004 г. – Почетное звание «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь» (д.т.н., проф. Тимошпольский В.И.);

2005 г. – Премия Национальной академии наук Беларуси им. академика А.В. Лыкова (д.т.н., проф. Тимошпольский В.И., д.т.н., проф. Трусова И.А.);

2007 г. – Почетное звание «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь» (д.т.н., проф. Трусова И.А.).

Результаты научных исследований сотрудников факультета в области металлургического производства нашли свое отражение более чем в 100 авторских свидетельствах СССР, патентах Российской Федерации, Украины и Республики Беларусь; статьях, опубликованных в журналах «Сталь», «Известия вузов. Черная металлургия», «Известия вузов. Энергетика», «Доклады АН БССР», «Известия АН БССР», «Инженерно-физический журнал», «Литье и металлургия»; в докладах на многочисленных международных конференциях и конгрессах.

При спонсорской поддержке БМЗ в БНТУ издается ежеквартальный научно-производственный журнал «Литье и металлургия», где одним из учредителей выступает БМЗ, а специалисты предприятия входят в состав редакционной коллегии. Ежегодно при активном участии работников БМЗ и механико-технологического факультета проводится международная научно-техническая конференция «Литейное производство и металлургия. Беларусь».

С 2001 г. был возобновлен ежегодный выпуск Республиканского межведомственного сборника научных трудов «Металлургия», в котором освещаются материалы в области металлургии, литейного производства черных и цветных металлов и сплавов, материаловедения, металловедения и термической обработки металлов и сплавов.

Результаты исследований в области металлургического производства отражены в ряде монографий, учебников и справочников [9–20].

О высоком качестве подготовки специалистов на факультете свидетельствует тот факт, что два его выпускника, Н.В. Андрианов и А.Н. Савенок, многие годы являлись генеральными директорами ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга – БМК».

Авторы статьи остановились на анализе результатов сотрудничества МТФ БНТУ с ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга – БМК» на этапе его становления. В статье не отражены работы научных сотрудников и преподавателей МТФ в области решения теоретических и практических вопросов литейного производства и развития отечественной «малой металлургии».

Список литературы

1. Пантелеенко, Ф.И. Роль Белорусского национального технического университета в формировании литейно-металлургического комплекса Беларуси / Ф.И. Пантелеенко, А.С. Калиниченко // *Литье и металлургия*, 2010. – № 4. – С. 8–14.

2. Иваницкий, Н.И. Организация подготовки специалистов на механико-технологическом факультете БНТУ / Н.И. Иваницкий // *Литье и металлургия*, 2010. – № 4. – С. 30–32.

3. Первый белорусский чугун / Д.Н. Худокормов [и др.] // *Литье и металлургия*, 2008. – № 3. – С. 140–147.

4. Перспективы применения металлизированных железорудных окатышей для плавки чугуна / Д.Н. Худокормов [и др.] // *Литейное производство*, 1977. – № 5. – С. 3–5.

5. Особенности технологии производства высокопрочного чугуна на основе металлизированного железорудного сырья / Д.Н. Худокормов [и др.] // *Литейное производство*, 1978. – № 6. – С. 7–8.

6. Перспективы применения металлизированных окатышей в литейном производстве / Д.Н. Худокормов [и др.] // *Литейное производство*, 1979. – № 5. – С. 3–5.

7. Тимошпольский, В.И. Развитие металлургического комплекса на базе промышленного освоения железных руд для использования в Республике Беларусь / В.И. Тимошпольский // *Литье и металлургия*, 2007. – № 2. – С. 6–17.

8. Тимошпольский, В.И. Научно-исследовательские работы, направленные на создание энерго- и ресурсосберегающих техноло-

гий на Белорусском металлургическом заводе / В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова // Литье и металлургия, 1999. – № 3. – С. 6–9.

9. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах / В.И. Тимошпольский [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 1992. – 217 с.

10. Промышленные технологии в 5-ти т. / А.П. Несенчук [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 1995–2000.

11. Металлургические печи. В 2-х т. / В.И. Губинский [и др.] – Минск: Белорусская наука, 2007.

12. Тепло- и массообмен. В 2-х т./Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск: БНТУ, 2007.

13. Теплотехнология металлургических мини-заводов / В.И. Тимошпольский [и др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – 158 с.

14. Тимошпольский, В.И. Теплотехнологические основы металлургических процессов и агрегатов высшего технического уровня / В.И. Тимошпольский. – Минск: Навука і тэхніка, 1994. – 295 с.

15. Стальной слиток. В 3-х т. / Ю.А. Самойлович [и др.] – Минск: Белорусская наука, 2000–2001.

16. Теоретические и технологические основы высокоскоростной прокатки катанки / А.А. Горбанев [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 2003. – 287 с.

17. Производство высокоуглеродистой катанки на металлургических агрегатах высшего технического уровня / В.И. Тимошпольский [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2004. – 238 с.

18. Тимошпольский, В.И. Теоретические основы теплофизики и термомеханики в металлургии / В.И. Тимошпольский, Ю.С. Постольник, Д.Н. Андрианов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 560 с.

19. Тимошпольский, В.И. Теоретические основы тепловой обработки стали в трубопрокатном производстве / В.И. Тимошпольский, Ю.А. Самойлович. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 303 с.

20. Тимошпольский, В.И. Современные сталелитейные процессы / В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова. – Киев: Наукова думка, 2019. – 439 с.

References

1. Panteleenko, F.I. *Rol' Belorusskogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta v formirovanii litejno-metallurgicheskogo kompleksa Belarusi* [The role of the Belarusian National Technical University in the formation of the foundry and metallurgical complex of Belarus] / F.I. Panteleenko, A.S. Kalinichenko // *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*, 2010. – No. 4. – P. 8–14.

2. Ivanickij, N.I. *Organizaciya podgotovki specialistov na mekhaniko-tekhnologicheskom fakul'tete BNTU* [Organization of training of specialists at the Faculty of Mechanics and Technology of BNTU] / N.I. Ivanickij // *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*. – 2010. – No. 4. – P. 30–32.

3. Pervyj belorusskij chugun [The first Belarusian cast iron] / D.N. Hudokormov [et al.] // *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*. – 2008. – No. 3. – P. 140–147.

4. Perspektivy primeneniya metallizovannyh zhelezorudnyh okatyshej dlya plavki chuguna [Prospects for the use of metallized iron ore pellets for iron smelting] / D.N. Hudokormov [et al.] // *Litejnoe proizvodstvo = Foundry*. – 1977. – No. 5. – P. 3–5.

5. Osobennosti tekhnologii proizvodstva vysokoprochnogo chuguna na osnove metallizirovannogo zhelezorudnogo syr'ya [Features of the technology for the production of high-strength cast iron based on metallized iron ore raw materials] / D.N. Hudokormov [et al.] // *Litejnoe proizvodstvo = Foundry*. – 1978. – No. 6. – P. 7–8.

6. Perspektivy primeneniya metallizovannyh okatyshej v litejnom proizvodstve [Prospects for the use of metallized pellets in foundry] / D.N. Hudokormov [et al.] // *Litejnoe proizvodstvo = Foundry*. – 1979. – No. 5. – P. 3–5.

7. Timoshpol'skij, V.I. *Razvitie metallurgicheskogo kompleksa na baze promyshlennogo osvoeniya zheleznyh rud dlya ispol'zovaniya v Respublike Belarus'* [Development of a metallurgical complex based on the industrial development of iron ores for use in the Republic of Belarus] / V.I. Timoshpol'skij // *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*. – 2007. – No. 2. – P. 6–17.

8. Timoshpol'skij, V.I. *Nauchno-issledovatel'skie raboty, napravlennye na sozdanie energo- i resursosberegayushchih tekhnologij na*

Belorusskom metallurgicheskoy zavode [Research work aimed at creating energy and resource saving technologies at the Belarusian Metallurgical Plant] / V.I. Timoshpol'skiy, I.A. Trusova // *Lit'e i metallurgiya = Foundry production and metallurgy*. – 1999. – No. 3. – P. 6–9.

9. *Teplobmen i teplovye rezhimy v promyshlennyyh pechah* [Heat transfer and thermal conditions in industrial furnaces] / V.I. Timoshpol'skiy [et al.]. – Moscow: Vyshejschaya shkola Publ., 1992. – 217 p.

10. *Promyshlennyye tekhnologii v 5-ti t.* [Industrial technologies in 5 volumes.] / A.P. Nesenjuk [and etc.]. – Minsk: Vyshejschaya shkola Publ., 1995–2000.

11. *Metallurgicheskie pechi* [Metallurgical furnaces]. In 2 volumes / V.I. Gubinskiy [et al.]. – Minsk: Belorusskaya nauka Publ., 2007.

12. *Teplo- i massobmen* [Heat and mass transfer]. In 2 volumes / B.M. Hrustalev [et al.]. – Minsk: BNTU Publ., 2007.

13. *Teplotekhnologiya metallurgicheskikh mini-zavodov* [Heat technology of metallurgical mini-plants] / V.I. Timoshpol'skiy [et al.]. – Minsk: Navuka i tekhnika Publ., 1992. – 158 p.

14. *Timoshpol'skiy, V.I. Teplotekhnologicheskie osnovy metallurgicheskikh processov i agregatov vysshego tekhnicheskogo urovnya* [Thermal technology fundamentals of metallurgical processes and units of the highest technical level] / V.I. Timoshpol'skiy. – Minsk: Navuka i tekhnika Publ., 1994. – 295 p.

15. *Stal'noj slitok* [Steel ingot]. In 3 volumes / YU.A. Samojlovich [et al.]. – Minsk: Belorusskaya nauka Publ., 2000–2001.

16. *Teoreticheskie i tekhnologicheskie osnovy vysokoskorostnoj prokatki katanki* [Theoretical and technological foundations of high-speed rolling of wire rod] / A.A. Gorbanev [et al.]. – Minsk: Vyshejschaya shkola Publ., 2003. – 287 p.

17. *Proizvodstvo vysokouglerodistoj katanki na metallurgicheskikh agregatakh vysshego tekhnicheskogo urovnya* [Production of high-carbon wire rod on metallurgical units of the highest technical level] / V.I. Timoshpol'skiy [et al.]. – Minsk: Belorusskaya nauka Publ., 2004. – 238 p.

18. *Timoshpol'skiy, V.I. Teoreticheskie osnovy teplofiziki i termomekhaniki v metallurgii* [Theoretical foundations of thermal physics and thermomechanics in metallurgy] / V.I. Timoshpol'skiy, YU.S. Postol'nik, D.N. Andrianov. – Minsk: Belorusskaya nauka Publ., 2005. – 560 p.

19. Timoshpol'skij, V.I. *Teoreticheskie osnovy teplovoj obrabotki stali v truboprokatnom proizvodstve* [Theoretical foundations of heat treatment of steel in pipe rolling production] / V.I. Timoshpol'skij, YU.A. Samojlovich. – Minsk: Belorusskaya nauka Publ., 2005. – 303 p.

20. Timoshpol'skij, V.I. *Sovremennye stalelitejnye processy* [Modern steelmaking processes] / V.I. Timoshpol'skij, I.A. Trusova. – Kiev: Navukova dumka Publ., 2019. – 439 p.

Поступила 20.07.2020

Received 20.07.2020