

8. Сайт ИТМ НАНУ и НК АУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itm.dp.ua>. – Загл. с экрана.

9. Тимошенко, В. И. Воспоминания о работе В. М. Ковтуненко в ДООИМ АН УССР [Текст] / В. И. Тимошенко; интервью, взятое О. А. Губкой 24.09.2015 г.

10. Тимошенко, В. И. Математическое моделирование процессов аэрогазодинамики летательных аппаратов в плотных слоях атмосферы [Текст] / В. И. Тимошенко // Техн. механика. – 2001. – № 1. – С. 82–85.

11. Тимошенко, В. И. О численных исследованиях в ИТМ НАНУ и НК АУ сверхзвукового обтекания тел с крыльями переменной стреловидности [Текст] / В. И. Тимошенко, В. П. Галинский // Техн. механика. – 2001. – № 3. – С. 11–22.

12. Шувалов, В. А. Воспоминания о работе В. М. Ковтуненко в ДООИМ АН УССР [Текст] / В. А. Шувалов; интервью, взятое О. А. Губкой 17.12.2015 г.

Надійшла до редколегії 04.01.2016

УДК 001.378: 330.341.1: 669:187.26

О. П. Лютий

ОАО «Дніпроспецсталь», м. Запоріжжя

ПРІОРИТЕТ УКРАЇНИ У СТВОРЕННІ НАУКОВИХ ЗАСАД Й ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МЕТАЛУРГІЇ ТИТАНУ І ЙОГО СПЛАВІВ

Розглянуто початок досліджень і розробки металургійних процесів, що стосуються титану, в Інституті електросварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук України наприкінці 1950-х рр. Доведено, що для вирішення проблеми необхідні знання, накопичені в процесі створення нових зварювальних технологій. З'ясовано, що з цією метою вперше в світі в інституті застосували енергію електронних променів, дугової плазми, індукційне й електрошлакове нагрівання. Продемонстровано, що кожен із процесів має свої переваги і його застосовують для виробництва високоякісного металу з урахуванням умов експлуатації відповідальних конструкцій.

Ключові слова: історія техніки, металургія, спеціальна електрометалургія, титан, ракетобудування, суднобудування, Інститут електросварювання ім. Є. О. Патона.

Рассмотрены начало исследований и разработка металлургических процессов применительно к титану в Институте электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины в конце 1950-х гг. Доказано, что для решения проблемы понадобились знания, накопленные в процессе создания новых сварочных технологий. Выяснено, что впервые в мире в институте для этих целей применили энергию электронных лучей, дуговой плазмы, индукционный и электрошлаковый нагрев. Показано, что каждый из процессов имеет свои преимущества и применяется для производства высококачественного металла с учетом условий эксплуатации ответственных конструкций.

Ключевые слова: история техники, металлургия, специальная электрометаллургия, титан, ракетостроение, судостроение, Институт электросварки им. Е.О. Патона.

Research and development of metallurgical processes as applied to titanium have been initiated at the Institute of Electric them. EO Paton of the National Academy of Sciences of Ukraine in the late 1950s. To solve the problem needed the knowledge gained in the process of creating a new welding technology. For the first time in the world used the energy of the electron beams, plasma arc, induction heating and electroslag. Each of the processes has its advantages and is used for the production of high quality metal, taking into account the operating conditions of critical structures.

Key words: history of technology, metallurgy, special electrometallurgy, titanium, aviation building, rocket building, shipbuilding, E.O. Paton Electric Welding Institute.

Постановка проблеми. З набуттям Україною незалежності, зі зміною політичних і економічних орієнтирів виникла об'єктивна необхідність у чіткому визначенні внеску країни в сучасний світовий науково-технічний прогрес, пріоритету, тобто першості у створенні нової технології, розділу чи галузі техніки. Відомо, що більшість нових ефективних технологій створювали для виробництва озброєння й інформація про конкретні роботи і виконавців обмежена. Проте в другій половині ХХ ст., у так званій період гонки озброєнь, було винайдено чимало оригінальних технічних рішень, створено нові технології та матеріали. Особливо це стосується тих провідних наукоємних виробничих технологій сучасності, у розвитку яких саме українським вченим і винахідникам належить вагомий внесок. Так, діяльність Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України зі створення спеціальної електрометалургії виробництва матеріалів з особливими якостями, зокрема титану і його сплавів, в історію світової металургії не занесено.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історію винайдення і освоєння титану почали досліджувати порівняно недавно, оскільки цей метал і його сплави застосовують у промисловому масштабі тільки з середині минулого століття. Причому навіть дані відносно відкриття і початкової стадії освоєння титану наводять із розбіжностями. У багатьох джерелах указано, що ще в 1790-х рр. англієць У. Грегор і незалежно від нього німець М. Г. Клапрот відкрили в мінералі рутилі новий елемент, названий титаном. У металевому стані титан у природі не зустрічається, але займає 10-те місце за поширеністю в багатьох регіонах Земної кулі у вигляді піску або руди: у рутилі, ільменіті, перовськіті та інших мінералах і в морських глинистих осадах [3]. Але деякі дослідники вважають, що описаний ним осадок – це тільки оксид металу і що перший зразок металевого титану вдалося виділити з оксиду в 1825 р. хіміку Й. Я. Берцеліусу (Швеція). Однак його спосіб був настільки складним, а сам титан виявився настільки хімічно активним, що визначити його «металеві» властивості і йому не вдалося. Історики науки США намагаються довести, що в 1910 р. американський хімік М. Хантер перший отримав декілька грамів справжнього металевого титану. Незабаром голландці А. Ван Аркел та І. де Бур, застосувавши технологію термічного розкладання парів йодиду титану (TiI_4), нарешті отримали чистий титан. Цей вартісний спосіб у даний час застосовують для отримання невеликих кількостей титану дуже високої чистоти (до 99,99). Було встановлено, що титан – легкий міцний метал сріблясто-білого кольору. Температура його плавлення – $1660^{\circ}C$, точка кипіння – $3260^{\circ}C$. Він існує у двох модифікаціях: α -Ti і β -Ti, щільність яких відповідно дорівнює 4,505 і $4,32 \text{ г/см}^3$. Низка фізико-хімічних властивостей титану, насамперед висока питома міцність (відношення міцності до питомої ваги), значна корозійна стійкість у багатьох агресивних середовищах, хороша оброблюваність тиском та інші цінні технологічні властивості робили його незамінним жодним іншим металом. Але для масового промислового виробництва це було занадто дорого, тому ніхто не бачив перспектив його застосування [3].

Тим часом людство увійшло в новий етап науково-технічного прогресу. У другій половині минулого століття різко ускладнилися режими роботи техніки нового покоління. Ракети, атомні електростанції, потужні турбіни, нові класи кораблів тощо працювали за надвисоких тиску й ударах, високих або, навпаки, дуже низьких (криогенних) температурах й інших екстремальних навантажень. Для виробництва нової техніки металознавці й металурги почали створювати спеціальні типи сталей. Були потрібні сплави, міцніші за сталь, жаростійкі й криогеностійкі, нержавіючі і такі, що не розчиняються в агресивних середовищах, не руйнуються від динамічного навантаження. Максимально відповідали цим вимогам титан і його сплави.

У дослідженнях із металургії титану майже не виділяють і не розрізняють внесок окремих винахідників, фірм і країн у створення інноваційних технологій

сучасного виробництва. Промислове виробництво титану складається з декількох етапів. Для першого етапу було використано досвід виробництва залізних сплавів з оксидних руд. Концентрат титанової руди почали плавити в суміші з деревним вугіллям або антрацитом в електродуговій печі й отримали шлак із оксиду титану і різних домішок. Але «відібрати» кисень у титану не просто, тому на другому етапі було вирішено використовувати активніший елемент – хлор. У спеціальну піч, у нижній частині якої нагрівається вугільна пластина у результаті пропускання через неї електричного струму, завантажують титановий шлак, а через фурми задувають хлор. І за температури 800...1250°C утворюються пари чотирихлористого титану, а також хлориди інших домішок. Пари охолоджують у конденсаторах до рідкого стану. На другому етапі процес відбувається за температури 800...900°C у реакторах (ретортах) із нержавіючої сталі, установлених в електричних печах опору. Реторту заповнюють інертним газом аргоном, заливають туди розплавлений магній і рідкий чотирихлористий титан (замість магнію іноді застосовують натрій і цей спосіб відновлення називають натрієтермічним). Отримують пористу титанову губку (до 60 % Ti) із домішками. Цю технологію називають методом Кролля. Науковою основою другого етапу є металотермія. Технологія металотермії була вперше у світі розроблена в Харківському університеті засновником фізико-хімічної науки М. М. Бекетовим (передусім розробку видатного ученого було використано й досі її використовують для термітного литва і зварювання сталевих виробів за рахунок екзотермічної реакції відновлення оксиду заліза алюмінієм) [2]. Світова наукова спільнота помилково або навмисно забуває про те, що основою цього способу-методу є відкриття і перші технології металотермії саме нашого ученого.

Губка, насичена газами, сполуками із азотом і вуглецем, має інші включення, тому такий матеріал використовувати ще не можна. Необхідно було розробити технології переробки губчатого титану, винайти способи виробництва металевих заготовок для прокату або виливків [3].

Ефективні технології отримання технічно чистого титану було створено плавленням таких заготовок із застосуванням електричної енергії. Із середини минулого століття титан почали використовувати як самостійний конструкційний матеріал і у світі стрімко підвищився обсяг його виробництва. Вирішенням складних різнопланових проблем займалися десятки інститутів і лабораторій у СРСР, США, Великій Британії, Франції та ще в деяких країнах. Працювали вони інтенсивно – гонка озброєнь уже набрала обертів, авіа- та ракетобудування, суднобудування потребували надійних титанових сплавів. Промисловим способом титан був отриманий у США тільки в 1948 р., у СРСР – у 1954 р. Значних успіхів у налагодженні випуску продукції високої якості досягли колективи Дніпровського алюмінієвого заводу (м. Запоріжжя) та Запорізького титано-магнієвого комбінату. У 1956 р. на Дніпровському магнієвому заводі було освоєно велике промислове виробництво титану.

Результати робіт тримали у секреті – основними замовниками були творці нової військової техніки. Тому і дотепер не з'ясовано подробиці історії фундаментальних досліджень і інноваційних винаходів, що забезпечили виробництво техніки нового покоління [5; 18].

Мета дослідження. Визначення основ сучасних інноваційних технологій промислового виробництва титану і його сплавів, доведення створення цих технологій в Україні, зокрема, на наукових засадах нових способів зварювання.

Викладання основного матеріалу. У другій половині ХХ ст. відбулося різке підвищення вимог до якості матеріалів нової техніки, зокрема, для виготовлення літаків і ракет. Наявність в Україні розвиненої сировинної бази, а також значних потужностей із виробництва титанової губки і титанових напівфабрикатів і виробів обумовила необхідність створення в Україні металургійного переділу титану

для випуску високоякісної продукції, що відповідає екстремальним умовам експлуатації сучасної техніки.

Наприкінці 50-х рр. минулого століття до вирішення титанових проблем був підключений Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона (ІЕЗ) НАН України. Окиснення титану починається вже за температури 600°C, тому довгий час вважали, що зварювати титан можна лише в середовищі аргону. Ці погляди були спростовані дослідженнями, виконаними в ІЕЗ (С. М. Гуревич та інші). Коли надійшло замовлення розробити технологію зварювання титану і його сплавів, було вирішено розплавлену зону цього незвичайного металу захищати флюсом. Уперше у світовій практиці в 1950-х рр. було розроблено технологію зварювання титану під галогенідними флюсами і таким чином сформовано принципово новий напрямок у галузі металургії й технології зварювання титану і його сплавів [6; 20]. Використання фторидно-хлоридних безкисневих флюсів дає, крім зв'язування водню, ще і можливість рафінування металу шва від кисню та інших небажаних хімічних елементів. Незабаром результати цих розробок стануть у нагоді під час створення технології електршлакового переплаву.

Основу ще одної технології виробництва було розроблено в ІЕЗ на засадах електронно-променевого зварювання. В ІЕЗ у 1958 р. були розпочаті дослідження електронно-променевих процесів і розробка обладнання для таких видів електронно-променевих технологій, як зварювання, плавлення, випаровування. Співробітники ІЕЗ дослідили фізичні особливості й технічні можливості електронних променів, створили обладнання і технологію прецизійного зварювання гостросфокусованими променями (Б. О. Мовчан, Д. М. Рабкін, С. М. Гуревич, С. Д. Загребенюк, Г. С. Криштаб та ін.) [7]. Було встановлено можливість застосування цього джерела енергії для плавлення і рафінування широкої гами металевих матеріалів (Б. О. Мовчан, О. Л. Тихоновський, А. А. Тур, С. В. Ахонін). Завдяки високому ступеню рафінування і формуванню однорідніших за хімічним складом і структурою зливок істотно підвищуються фізико-механічні властивості металів і сплавів, збільшується їх технологічна пластичність. У 1961 р. в ІЕЗ створено відділ електронно-променевих технологій (під керівництвом Б. О. Мовчана). У тому ж році було виготовлено першу експериментальну електронно-променеву установку, призначену для переплавки металів [1]. Потужний електронний промінь плавив заготовки у вакуумі 0,1...0,01 Па, що забезпечувало видалення сторонніх домішок і розчиненого газу, дозволяло отримувати зливки титану і його сплавів з однорідною бездефектною структурою [8; 12; 14].

Наступні кілька років, паралельно з науковими дослідженнями і розробкою нових технологій, в ІЕЗ конструювали і виготовляли електронно-променеві установки. Уже в 1965 р. почала функціонувати перша промислова установка У-270 на Донецькому хіміко-металургійному заводі (Волноваха); у 1969 р. – введена в експлуатацію установка У-254 на металургійному заводі «Електросталь» (Електросталь, Росія). Крім того, у складі МНТК «ІЕЗ ім. Є. О. Патона» було засновано науково-виробничий центр «Титан» із міні-заводом вакуумної металургії продуктивністю до 3000 т титанових сплавів на рік методом електронно-променевої плавки (ЕПП) (директор – М. П. Тригуб). Розроблено нові вітчизняні сплави з титану з вищими механічними й експлуатаційними властивостями, ніж використовували у світовій практиці для медичних цілей, хімічного машинобудування, автомобілебудування, авіакосмічної галузі. Вдалося отримати зливки титану і його сплавів з однорідною бездефектною структурою, із кращими механічними і зварювальними властивостями, ніж закордонні аналоги (наприклад, Сгас1е5 та ін.) [17; 25]. У 1989 р. уперше у світі розроблено технологію переплавки недроблених блоків губчастого титану в спеціалізованій електронно-променевій установці з проміжною ємністю, що забезпечило зниження собівартості й трудомісткості виготовлення зливок титану із первинної сировини (губки у вигляді криці),

а також підвищення якості металу. У 1998 р. уперше у світовій практиці з недроблених блоків губчастого титану був отриманий зливочок діаметром 1100 мм, довжиною до 4000 мм, масою 16 т.

Для поліпшення структури великих злиwkів застосовано розділення процесів плавлення (у проміжній ємності) і затвердіння металу (у кристалізаторі). Технологія ЕПП також дозволяє виплавляти зливки прямокутного перерізу, круглі зливки діаметром до 840 мм і довжиною до 3000 мм [16]. Для зниження собівартості виробництва гарячекатаного листа в ІЕЗ розроблено технологію виплавки в електронно-променевої установці з проміжною ємністю злиwkів-слябів (М. П. Тригуб, О. Я. Дереча, Г. В. Жук). Для реалізації даної технології у 1997 р. було створено електронно-променеву установку УЕ-182. Використання злиwkів-слябів дозволяє виключити з технологічного ланцюжка отримання титанового прокату капіталомістку й енерговитратну операцію перековування циліндричних злиwkів на сляби. Використання злиwkів-слябів замість циліндричного злиwка дозволило збільшити вихід придатного металу на 10 % і знизити собівартість титанових листів на 20 %.

Останнім часом науковці працюють над створенням нових титанових сплавів із підвищеними експлуатаційними характеристиками і розробкою технологій їх виробництва за методом ЕПП. Теоретичні й експериментальні роботи, виконані в ІЕЗ сумісно з АНТК ім. О. К. Антонова, дозволили розробити новий високоміцний ($\alpha+\beta$)-сплав Т-110 (Ti-5Al-1Mo-1V-5Nb-1Fe-0,3Zr) (перший вітчизняний авіаційний титановий сплав) [25]. У 2009 р. для виплавки злиwkів титану на Запорізькому титано-магнієвому заводі було розпочато експлуатацію електронно-променевої установки УЕ-5 812 [16].

Ще одним напрямом розвитку спецелектрометалургії є електрошлакові та плазмові технології. У 1975 р. було організовано відділ плазмовошлакової металургії (керівник – Ю. В. Латаш). До досягнень світового рівня можна віднести створення потужних металургійних плазмотронів для установок типу «ківш-піч»; плазмоводугове оплавлення поверхні злиwkів, індукційну плавку в секційному кристалізаторі високореакційних і рідкісноземельних металів; одержання великих монокристалів із тугоплавких металів. Було вирішено низку актуальних проблем, пов'язаних із упровадженням плазмовошлакових технологій [19; 21–23]. У плазмово-дугових електропечах заготовки виплавляють однією або декількома дугами, стисненими потоками аргону в плазмотронах. Використання плазмоводугової печі дозволяє виплавляти титанові зливки безпосередньо з кускової шихти (губчастого титану) без пресування заготовок [9].

Одним із найуніверсальніших незалежних джерел нагрівання є високочастотне магнітне поле, створюване електричним струмом в індукторі. Особливості індукційного нагрівання, у тому числі інтенсивне перемішування рідкого металу, забезпечують вирівнювання хімічного складу, можливість витримки металу в рідкому стані необмежений час у вакуумі, а отже, високу якість злиwkів [11].

Альтернативою переплавки у вакуумних умовах є електрошлакова переплавка. Для неї не потрібно такого складного обладнання, точного витримування режиму плавки як у випадку вакуумних процесів, і за досить високої якості собівартість робіт найнижча. Електрошлаковий переплав засновано на винайдені в ІЕЗ у 1949 р. вперше у світі принципово новому типі електрозварювання плавленням теплом, що утворюється в результаті проходження електричного струму з плавкого електроду до ванни металу крізь розплавлений флюс-шлак (Г. З. Волошкевич, Б. Є. Патон). Електрошлакове зварювання дозволяє з'єднувати за один прохід товстостінні металоконструкції. У 1949–1953 рр. досліджено процеси і встановлено характер проходження струму через шлакову ванну, особливості плавлення електродного металу і теплообміну між шлаком і зварюваним виробом. Розроблено спеціальні флюси для електрошлакового зварювання, зо-

крема для зварювання виробів із титану. Створено новий клас зварних конструкцій – зварно-ковані, зварно-литі й зварно-прокатні.

Одночасно було сформовано наукові основи нового напрямку в переплавці титанових сплавів [10]. Провідним напрямом визнано магнітокеровані електрошлакові процеси зварювання (МЕЗ) і плавки (МЕП) титанових сплавів. Поєднання магнітокерованої гідродинаміки шлакової і металевої ванн із рафінуванням наплавленого металу від шкідливих домішок і включень забезпечило виробництво сплавів титану із будь-якою кількістю компонентів [4]. Високі експлуатаційні показники металу, отриманого із застосуванням технологій МЕЗ і МЕП – ще одне досягнення у виготовленні відповідальних конструкцій із титанових сплавів для суднобудівної й авіаційної промисловості (Я. Ю. Компан) [4; 24]. Крім виплавки титанових сплавів для подальшого виробництва прокату або поковок уперше у світовій практиці в ІЕЗ розроблено технологію виготовлення з порожнистих злиwkів великогабаритних титанових труб і кілець безпосередньо з литих трубних заготовок, упроваджену на Нікопольському Південно-трубному заводі в 1998 – 2000 рр.

До кінця існування СРСР Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона залишався провідною установою в галузі розробки інноваційних технологій виробництва титану і його сплавів, забезпечення високоякісних виробів нової техніки. Б. Є. Патон очолював в Академії наук СРСР Комітет матеріалознавства, координував і керував розвитком наукових досліджень. Підприємства нашої держави були полігоном для впровадження та удосконалення нових технологій спеціальної електрометалургії.

Для створення в Україні замкнутого циклу виробництва з титанових руд виробів і напівфабрикатів із титану і його сплавів було розроблено програму «Титан України». Програму було затверджено постановою Кабінету Міністрів України (№ 783 від 18 листопада 1994 р.), а в 1999 р. заходи за цією програмою включено в Державну комплексну програму «Кольорова металургія України» (затверджена постановою Кабінету Міністрів України за № 1917 від 18 жовтня 1999 р.). Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона, доручено організацію виробництва титанових злиwkів на основі найефективніших технологій.

Пріоритетні наукові й технічні рішення, що стосуються проблем спеціальної електрометалургії, отримані в ІЕЗ та інших установах і на підприємствах України, визнані й захищені патентами розвинутих країн (біля 600 патентів). Більше половини з цих інноваційних розробок реалізовано за ліцензіями на металургійних і машинобудівних підприємствах Франції, Швеції, США, ФРН, Японії та ін.

Незважаючи на очевидні успіхи в металургії титану, учені провідних країн продовжують удосконалювати його виробництво, а конструктори та інженери – створювати нову техніку. Протягом останніх років інститути Національної академії наук України виконують дослідження відповідно до грантів і на замовлення авіаракетних, суднобудівних, автомобільних та інших фірм США, Франції, Китаю. У 2012 р. світове виробництво титану становило близько 6 млн т на рік. За нинішніх темпів видобутку світових розвіданих запасів титану вистачить приблизно на 150 років [13; 15].

У результаті даного дослідження можемо зробити такі висновки:

1) із середини ХХ ст. одним із напрямів розвитку металургії в промислово розвинених країнах стало створення титанових сплавів для нового покоління техніки, що мали витримувати високі експлуатаційні навантаження;

2) дослідження і розробка інноваційних технологій металургії і зварювання титану розпочато в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона наприкінці 1950 рр. під загальним керівництвом академіка Б. Є. Патона;

3) науковою основою створення в Києві найефективніших технологій отримання злиwkів титану і спеціальних титанових сплавів, зокрема, із первинної ших-

ти і вторинних відходів, були знання, накопичені в процесі розробки нових зварювальних технологій і електрошлакового переплаву;

4) співробітники ІЕЗ ім. Є. О. Патона для нових металургійних процесів застосовували енергію електронних променів, дугової плазми, індукційне й електрошлакове нагрівання і на світовому рівні вирішили проблему виробництва металу із наперед заданими властивостями із урахуванням умов експлуатації сучасних відповідальних конструкцій;

5) більшість інноваційних технологій і обладнання випробували й удосконалювали на підприємствах України із повним циклом виробництва високоякісного титану;

6) інноваційні винаходи, зроблені в Україні, запатентовано й упроваджено в промислово розвинутих країнах.

Бібліографічні посилання

1. Архів ІЕЗ ім. Є. О. Патона. – Ф 1, справа 15, Л.28 [Текст].
2. **Бекетов, Н. Н.** Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими [Текст] / Н. Н. Бекетов. – Х.: Изд-во Харьков. ун-та, 1865. – 85 с.
3. **Беккерт, М.** Мир Металла [Текст] / М. Беккерт. – М.: МИР, 1980. – 147 с.
4. **Компан, Я. Ю.** Электрошлаковая сварка и плавка с управляемыми МГД-процессами [Текст] / Я. Ю. Компан. – М.: Машиностроение, 1989. – 272 с.
5. Металлургия и технология сварки титана и его сплавов [Текст] / под ред. С. М. Гуревича. – К.: Наук. думка, 1979. – 300 с.
6. Металлургия и технология сварки титана и его сплавов / С. М. Гуревич [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Наук. думка, 1986. – 240 с.
7. Некоторые технологические особенности сварки электронным лучом в вакууме [Текст] / Б. А. Мовчан, Д. М. Рабкин, С. М. Гуревич, С. Д. Загребенюк // Автомат. сварка. – 1959. – № 8. – С. 32–33.
8. **Мовчан, Б. А.** Электронно-лучевая плавка и рафинирование металлов и сплавов [Текст] / Б. А. Мовчан, А. Л. Тихоновский, Ю. А. Курапова. – К.: Наук. думка, 1973. – 240 с.
9. Плазменно-дуговой переплав металлов и сплавов [Текст] / Б. Е. Патон / [и др.] // Автомат. сварка. – 1966. – № 4. – С. 1–5.
10. **Патон, Б. Е.** Электрошлаковая технология [Текст] / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, Г. А. Бойко. – К.: О-во «Знание» УССР, 1976. – 96 с.
11. Индукционный переплав в секционном охлаждаемом кристаллизаторе [Текст] / Б. Е. Патон [и др.] // Спец. электрометаллургия. – 1980. – Вып. 43. – С. 110–119.
12. Электронно-лучевой переплав – ресурсосберегающий процесс вакуумной металлургии [Текст] / Б. Е. Патон, А. Л. Тихоновский, Н. П. Тригуб // Автомат. сварка. – 1988. – № 1. – С. 5–8.
13. Некоторые тенденции развития металлургического передела титана [Текст] / Б. Е. Патон [и др.] // Совр. электрометаллургия. – 1996. – № 1. – С. 25–31.
14. Электронно-лучевая плавка [Текст] / Б. Е. Патон [и др.]. – К.: Наук. думка, 1997. – 266 с.
15. Специальная электрометаллургия: полвека в действии. Что дальше? [Текст] / Б. Е. Патон, В. И. Лакомский, Г. М. Григоренко, Л. Б. Медовар // Совр. электрометаллургия. – 2003. – № 4. – С. 3–7.
16. Получение полых титановых слитков методом ЭЛПЕ [Текст] / Б. Е. Патон / [и др.] // Там же. – 2004. – № 3. – С. 18–21.
17. **Патон, Б. Е.** Электронно-лучевая плавка титана [Текст] / Б. Е. Патон, Н. П. Тригуб, С. В. Ахонин, Г. В. Жук. – К.: Наук. думка, 2006. – 250 с.
18. **Савицкий, Е. М.** Металлы космической эры [Текст] / Е. М. Савицкий, В. С. Клячко. – М.: Сов. Россия. – 1972. – 450 с.
19. Современные способы производства слитков особо высокого качества [Текст] / под ред.: Б. Е. Патона и Б. И. Медовара. – К.: Наук. думка, 1987. – 336 с.
20. Справочник по сварке цветных металлов [Текст]. – К.: Наук. думка, 1981. – 608 с.
21. Электрошлаковый металл [Текст] / под ред.: Б. Е. Патона и Б. И. Медовара. – К.: Наук. думка, 1981. – 680 с.

22. Электрошлаковый переплав [Текст] / под ред.: Б. Е. Патона и Б. И. Медовара. – М.: Металлургия 1970. – 240 с.
23. Indaction melting with an ingot formation in a sections mould [Text] // Welding and Surfacing Reviews. – 1999. – Vol. 11. – 98 p.
24. **Kompan, Ya.Yu.** High-strength and heat-resistant alloys with intermetallic of MEM technology [Text] / Ya.Yu. Kompan // Proc. of the 10th world conf. on titanium, Hamburg, 13-18 July, 2003. – 2003. – Vol. 1. – P. 229–236.
25. **Paton, B. E.** Electron Beam Melting of Titanium, Zirconium and Their Alloys [Text] / B. E. Paton, M. P. Trygub and S. V. Akhonin // E.O. Paton Electric Welding Institute, NASU, 2011. – 216 p.

Надійшла до редколегії 30.12.2015

УДК 656.2(091)

Г. П. Герман

Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ

СПОГАДИ В. О. МАЛИШЕВА ПРО СВОГО ВЧИТЕЛЯ ТА НАСТАВНИКА О. Н. ШЕЛЕСТА

Висвітлено діяльність В. О. Малишева в залізничній галузі. Стисло описано розвиток залізничного транспорту. Наведено спогади В. О. Малишева про свого вчителя – відомого вченого в галузі тепловозобудування О. Н. Шелеста, зокрема факти співпраці науковців та їх особистих стосунків.

Ключові слова: дослідження, машиніст, залізничний транспорт, дизель, тепловоз.

Освещена деятельность В. А. Малышева в железнодорожной отрасли. Кратко описано развитие железнодорожного транспорта. Приведены воспоминания В. А. Малышева о своем учителе – известном ученом в области тепловозостроения А. Н. Шелесте, в частности факты сотрудничества ученых и их личных отношений.

Ключевые слова: исследование, машинист, железнодорожный транспорт, дизель, тепловоз.

The activity of V. A. Malyshev in rail transport is reflected in this research. The brief outline of the development of railway transport has been conducted. Malyshev's memoirs of his teacher, scientist in the construction of locomotives A.N. Shelestare reflected. The facts of scientists' cooperation and their personal relationships are given here.

Key words: research, engineer, railway transport, diesel engine, locomotive.

Постановка проблеми та актуальність. Останнім часом вивчення наукової спадщини (біографії) ученого стає дедалі популярнішою та все більш дієвою формою історичного дослідження. Як складова частина історії науки таке дослідження дозволяє шляхом детального аналізу творчої спадщини науковця вийти на вищий рівень її осмислення, а також виявити спрямованість основних тенденцій в еволюції тієї чи іншої галузі знань й показати співвідношення в ній об'єктивного та суб'єктивного факторів. Міждисциплінарний характер даного напрямку досліджень, який перебуває на стику наукознавства, соціальної історії та психології, надає йому особливої актуальності у теперішній час. Історія становлення й розвитку науки на периферії, місце та роль регіональних наукових шкіл у загальному науково-освітньому просторі ефективніше розкривають їх місцеву специфіку в разі побудови дослідження на основі біографічного матеріалу.

Творчість відомого вченого, якому належить важлива роль в історії своєї науки, якнайкраще ілюструє як загальні, так і особисті моменти в ній. Тому ми праг-