

УДК 54 (093)+669.1(091)



ЖУРИЛО Дмитро,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри українознавства,
культурології та історії науки НТУ «ХПІ»
zhurilo.dm@gmail.com, ORCID: [http://
orcid.org /0000-0002- 0015-9412](http://orcid.org/0000-0002-0015-9412)
(м. Харків)



КАБАЧЕК Володимир,
кандидат історичних наук,
доцент кафедри українознавства,
культурології та історії науки НТУ «ХПІ»
vladimirkabacek@gmail.com, ORCID:
[http:// orcid.org / 0000-0002-7345-4340](http://orcid.org/0000-0002-7345-4340)
(м. Харків)



КИРИЧЕНКО Олександр,
студент НТУ «ХПІ»
sasha.kirichenko002@gmail.com.
(м. Харків)

НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ

ПЕТРА МУХАЧОВА В 1887-1935 РР.

*Світлої пам'яті Алли Журило –
дослідниці, педагога, науковця.*

Метою статті є необхідність висвітлити основні життєві віхи та творчий шлях, узагальнити пріоритетні наукові здобутки талановитого інженера та викладача, одного з фундаторів технічної освіти в Україні та науково-дослідних установ в галузі металургії, Заслуженого професора П. М. Мухачова. Методи дослідження: загальнонаукові — аналіз та синтез, класифікація; історичні — проблемно -хронологічний, порівняльно-історичний, біографічний, ретроспективний. Аналіз основних етапів професійної діяльності видатного ученого та педагога дав підстави стверджувати, що він

був одним з фундаторів освіти у галузі паровозобудування та металургії, декілька років був керівником Харківського технологічного інституту Імператора Олександра III, керував курсами Вогнестійкого будівництва. Його професійна діяльність призвела до появи у виші нових навчальних предметів, насамперед, паровозобудування, двигунів внутрішнього згоряння, електротехніки, тощо.

Після Жовтневого перевороту вчений та педагог був вимушений покинути Харківський технологічний інститут. Його діяльність була пов'язана з викладанням, консультуванням підприємств. Вже в зрілому віці, Петро Матвійович кілька років очолював створений у Харкові Інститут металів. Йому вдалося забезпечити становлення та сталий розвиток першої науково-дослідної установи в галузі металознавства – Харківського інститут металів, згодом, Український науково-дослідний інститут металів (УкрНДІМет). П. М. Мухачову вдалося залучити до роботи в Інституті, як на постійну роботу, так і за сумісництвом, найбільш кваліфікованих вчених: хіміків, металургів, металознавців, економістів, гірничих інженерів, які проживали в місті Харкові.

Під керівництвом Петра Матвійовича колективу Інституту вдалося визначити основні напрямки наукової діяльності і своє місце в технічному прогресі металургійної галузі. Співробітниками Інституту було виконано безліч оригінальних робіт у галузі ливарництва та металургії: дослідження агломераційних процесів, розробка нових марок чавуну і сталі, більш економічних профілів прокату, дослідження по витраті енергії на прокатних станах, виробництва транспортного металу, термічній обробці, металознавству, ливарній справі, організації виробництва і праці, техніці безпеки в чорній металургії, розробка більш досконалих методів контролю технологічних процесів і дослідження якості металу, розробка чистого заліза, антифрикційних чавунів, машин та технології безперервного лиття, тощо.

Харківський науково-дослідний інститут металів з моменту відкриття в 1928 р. і по сьогоднішній день є одним з флагманів наукових досліджень світової металургії.

В історично короткі терміни були досягнуті значні для світової історії досягнення, що дозволило вже через 10-12 років перетворити країну з відсталої в потужного виробника чорних металів. Під керівництвом Петра Матвійовича було закладено основи численних наукових шкіл, які через досить короткий час призвели до появи цілого сузір'я дослідників - новаторів. Результати їхніх робіт, які було запроваджено у виробництво, призвели до різкого збільшення кількості і якості виробленого металу. Автори робіт були згодом відзначені державними нагородами, Державними преміями СРСР та України, преміями Ради Міністрів СРСР.

Ключові слова: металургія, ливарництво, сталь, чавун, паровозобудівництво, транспортний метал, інститут металів, П. М. Мухачов.

SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL ACTIVITY

PYOTR MUKHACHEV IN 1887-1935

The purpose of the article is to highlight the main life milestones and creative path, to summarize the priority scientific achievements of a talented engineer and teacher, one of the founders of technical education in Ukraine and research institutions in the field of metallurgy, Honored Professor P. M. Mukhachev. Research methods: general scientific - analysis and synthesis, classification; historical - problem-chronological, comparative-historical, biographical, retrospective. The analysis of the main stages of the professional activity of the outstanding scientist and teacher gave grounds to assert that he was one of the founders of higher education in the field of locomotive engineering and metallurgy, for several years he was the head of the Kharkov Technological Institute of Emperor Alexander III, led the courses of fire-resistant construction. His professional activity led to the emergence of new academic subjects at the university, primarily steam locomotive engineering, internal combustion engines, electrical engineering and others.

After the October revolution, the scientist and teacher was forced to leave the Kharkov Institute of Technology. His activities were related to teaching, consulting companies. Already at an advanced age, Pyotr Matveyevich headed the Institute of Metals established in Kharkov for several years. He managed to ensure the formation and sustainable development of the first research institution - the Kharkov Institute of Metals, and later, the Ukrainian Research Institute of Metals (UkrRIMet). P. M. Mukhachev managed to attract the most qualified scientists to work at the Institute, both on a permanent basis and part-time: chemists, metallurgists, metal scientists, economists, mining engineers who lived in the city of Kharkov.

Under the leadership of Pyotr Matveyevich, the staff of the Institute managed to determine the main directions of scientific activity and its place in the technical progress of the metallurgical industry. The Institute's staff carried out many of the most important original works in the field of casting and metallurgy: research of sintering processes, development of new grades of cast iron and steel, more economical rolled profiles, research on energy consumption at rolling mills, production of transport metal, heat treatment, metal science, foundry, production and labor organization, safety in ferrous metallurgy, development of more advanced methods of process control and metal quality research, pure iron production technology, antifriction cast iron, continuous casting machines and technology, etc.

Kharkiv Research Institute of Metals has been the flagship of scientific research in the world metallurgy since its opening in 1928 and to this day. In a historically short time, unprecedented achievements in world history were achieved, which made it possible to transform the country from a backward into a world leader in the production of ferrous metals in 10-12 years.

Under the leadership of Pyotr Matveyevich, the foundations of numerous scientific schools were laid, which after a fairly short time led to the emergence of a whole constellation of innovative researchers. The results of their work, which were put into production, led to a sharp increase in the quantity and quality of the metal produced. The authors of the works were subsequently awarded state awards, State

Prizes of the USSR and Ukraine, prizes of the Council of Ministers of the USSR.

Keywords: *metallurgy, foundry, steel, cast iron, locomotive construction, transport metal, Institute of Metals, P. M. Mukhachev.*

Постановка завдання: Як відомо, одним з найважливіших результатів промислової революції був винахід і впровадження в промисловість парової машини. Її використання призвело до широкого застосування сили води і пари в фабричному виробництві і для транспорту. Безумовно, найважливішим наслідком промислової революції стало широке використання парових двигунів в гірничій і металургійній галузях. Це привело не тільки до простого збільшення кількості вироблених продуктів, але і зробило залізо і його основні сплави – чавун і сталь головними конструкційними матеріалами. Дерево назавжди перестало бути основним конструкційним матеріалом. Не дивно, що однією з перших конструкцій в світі, цілком виготовленої з металу, була парова машина Івана Ползунова [1, с. 37]. Іншим важливим фактором стали зміни у розташуванні промислових підприємств. До появи парових двигунів обладнання, що вимагає більш-менш потужного приводу, можна було розміщувати виключно поблизу потоку води, поруч з водяним колесом. Які були втрати при передачі потужності води на відстань за допомогою валів і штанг, скільки було шуму, витрат мастильних матеріалів – легко уявити. Наявність приводу від парової машини дозволила розміщувати підприємства поблизу до джерел сировини, трудових ресурсів, ринків збуту і транспорту. Машинобудування, яке стрімко розвивалося, вимагало не просто великої, а величезної кількості металу, в першу чергу, сплавів на основі заліза. Повітродувки з приводом від парової машини для плавильних печей різко підвищили їх ККД. Шлаки містили вже не відсотки, а лише частки відсотка металу. Відповідно, зростала і продуктивність праці. Вкладений в гірничо-металургійну галузь капітал обертався значно швидше, приносячи солідні прибутки.

Витіснення дерев'яних конструкцій чавуном і сталлю привело до підвищення швидкості роботи, точності і складності до збільшення терміну служби машин і механізмів. Стало можливим виготовляти великі судна, мости,

армовані сталлю будівлі, великі парові двигуни і багато чого іншого. Сталь і чавун були фундаментально важливі для розвитку залізничного транспорту, оскільки саме з них виготовляли локомотиви, колеса і рейки. Двигун внутрішнього згоряння навряд чи стало б можливим виготовити без достатку чавуну і сталі. Довговічність двигунів внутрішнього згоряння залежала від точності виготовлення поршнів і клапанів і від їх здатності зберігати розмір і форму при тривалій експлуатації в умовах високих температур і тиску.

Не слід забувати і про виготовлення зброї. Виготовлення гвинтівок і гармат, боєприпасів і спорядження вимагали відповідних сталевих сплавів, точності штампування і обробки.

Наявність великої кількості доступних чорних металів і їх сплавів сприяло швидкому розвитку залізничного будівництва. Про цей напрям будівництва в Російській імперії написано чимало. Визначено внесок у залізничний бум дій уряду, пов'язаних з преміюванням металургів за прокатку рейок. Описано і будівництво паровозобудівних заводів. Однак, про роботи професора Петра Мухачова в галузі металургії не написано практично нічого. Зокрема, у сучасних наукових, навчальних та науково-популярних працях, присвячених як ранній історії ХІІІ [2], так і розвитку металургійної та ливарної справи на Харківщині [3] його прізвище або відсутнє, або він згадується виключно як педагог і директор Харківського технологічного інституту. Таким чином, вагомий внесок Петра Мухачова у розвиток української металургії залишається поза увагою дослідників.

Актуальність роботи. В історії науки і техніки недостатньо досліджений внесок винахідників, новаторів, науковців у розвиток металургії. Аналіз публікацій з історії вітчизняного науково-технічного розвитку свідчить, що на його сучасному етапі відбувається виявлення не лише забутих імен видатних вчених, а й їхніх наукових праць, які маловідомі широкому загалу. Але у вказаних дослідженнях практично відсутні історичні відомості щодо становлення вітчизняної металургії. Досягнення ж в металургії та ливарництві, лише за останні 100 років, були навіть не значущі, а грандіозні.

Метою дослідження є висвітлення видатних здобутків вітчизняних науковців, їхня праця щодо заснування та становлення науково-дослідних закладів, організація оригінальних інженерних розробок та сміливих досліджень, які за короткий час вивели країну у лідери світової металургії.

Основна частина. Вже до кінця XIX століття на території нинішньої України працювали два паровозобудівних заводи. Ще в 1897 р. було випущено перші два паровози на Харківському паровозобудівному заводі – першому в країні спеціалізованому підприємстві. Наприкінці 1890-х рр. було відкрито Луганський завод Російського товариства машинобудівних заводів Гартмана, який у 1900 р. випустив свої перші 48 паровозів. Потребою цих підприємств в кадрах і був обумовлений початок підготовки з 1892 р. у Харківському Технологічному інституті інженерів-паровозобудівників. Засновником напряму навчання таких фахівців і був професор П. М. Мухачов. Його діяльність на цьому поприще загальновідома та описана, наприклад, [2, с. 113-118].



Петро Матвійович Мухачов
[2, с. 54]

Але Петро Матвійович був не лише спеціалістом в галузі паровозобудування. Існують сторінки його багатой біографії, які, на жаль, і досить не отримали відповідного висвітлення в наукових працях з історії науки і техніки. Досить цікаво, як видатний педагог та інженер в галузі паровозобудування став спеціалістом у металургійній галузі.

П.М. Мухачов народився 27 лютого 1861 р. в Санкт-Петербурзі. Закінчивши у 1883 р. Санкт-Петербурзький Технологічний Інститут, він служив чотири роки механіком на Нижнє-Тагільському заводі П. П. Демідова, і лише в 1887 р., на запрошення директора ХПТІ В. Л. Кирпичова, почав викладати у Харкові креслення, курс заводських машин і гідротехнічних споруд. Вже за 5 років він був призначений ад'юнкт-професором по кафедрі механічної технології і отримав 5-місячне закордонне відрядження для вивчення паровозобудування [4, арк. 349].

З 1892 р. П. М. Мухачов почав читання на 5 курсі лекцій «Курс теорії та устрою паровозів». У 1895 р. він отримав звання професора по кафедрі прикладної механіки [4, арк. 364]. Вільне володіння іноземними мовами, чисельні поїздки за кордон і по Російській імперії, в яких П. М. Мухачов досконально вивчив паровозобудування, кувально-штампувальне та металургійне виробництво, дали можливість йому стати професором широкої сфери в галузі машинобудування.

У 1905 р. П. М. Мухачова було обрано на посаду директора Харківського Технологічного Інституту імені Олександра III, на якій він залишався до 1915 р. [4, арк. 390]. Саме йому в 1905 р. довелося ліквідувати наслідки так званої, «шиллерівської історії», коли через авторитарну політику колишнього директора ХТІ Миколи Миколайовича Шиллера було звільнено чимало викладачів та лаборантів ХТІ, а виш був закритий на довгі 11 місяців [2, с. 52-54]. Петру Матвійовичу, не без ускладнень, вдалося повернути на роботу більшість звільнених викладачів і відновити заняття в ХТІ [2, с. 55].

У 1912 р. вчений отримав звання Заслуженого професора. Він був керівником з твердим характером, не схильним до компромісів, це дуже подобалося керівництву і Петро Матвійович не раз був заохочений за проведення твердої політики і підтримки дисципліни у ввіреному йому виші. Наприклад, вже у січні 1906 р. за свою службу він був удостоєний ордена Святого Володимира 4-го ступеня [4, арк. 137], а в травні 1911 р. – найвищим велінням був премійований 500 рублями [4, арк. 246].

Можливо, Петро Матвійович і далі керував би ХТІ, але смерть коханої дружини Юлії Петрівни від швидкоплинного туберкульозу в лютому 1915 р. [5, арк. 57] і необхідність піклуватися про чотирьох дочок (старша з яких, Ольга, 1888 р. н. вже була заміжня [4, арк. 231], а молодша, Ніна, народилася в липні 1912 р., [6, арк. 71 зв.]), не дали йому можливості керувати Інститутом далі. Звичайно, в мирний час багато проблем легко були б вирішені, але в розпал Першої світової війни побутові питання значно ускладнились. На низку продуктів і товарів вводилася карткова система, виникала паливна проблема, а

грошове забезпечення з кожним днем ставало все більше знецінювалося за безперервного зростання цін на всі товари і послуги. Щоб мати можливість підтримувати рівень життя своєї сім'ї на звичному рівні, Петро Матвійович широко використовує свої організаторські здібності.

Ще в січні 1914 р. на території ХТІ були відкриті курси вогнестійкого будівництва, якими завідував проф. П. М. Мухачов [7, с. 236]. На той історичний період це були виключно важливий навчальний захід. Пожежі були лихом Російської імперії: дерево здавна виконувало роль найпоширенішого конструкційного і будівельного матеріалу. Доступність і гарні теплофізичні властивості зумовили його широке застосування на території Російської імперії. Саме з дерева будувалося абсолютна більшість житлових будівель і споруд, не кажучи про сараї, пташники, вівчарні і т. д.

У 1916 р. під керівництвом талановитого архітектора Юлія Семеновича Цауне на території ХТІ було побудовано будівлю для курсів [8, арк. 43]. Цьому не завадила ані світова війна, ані обмежене фінансування, ані дорожнеча того часу. З ініціативи Петра Матвійовича при зведенні будівлі для курсів вогнестійкого будівництва було обумовлено, що в разі закриття курсів, будівля буде передана Харківському технологічному інституту імператора Олександра III. Так воно згодом і сталося. В даний час ця оригінальна, тепла і красива споруда називається Вечірній корпус НТУ «ХПІ». Будівля ця, завдяки гарному догляду і своєчасно проведеним ремонтам, вірою і правдою служить політехнікам вже другу сотню років, незважаючи на світові війни, окупацію міста, революції та інші соціальні потрясіння.

Курси вогнестійкого будівництва продовжували свою роботу до початку 1920-х років. Потім, зі зміною влади після революції, Петро Матвійович Мухачов на короткий час залишив Харківський технологічний інститут, присвятивши свої знання і вміння інституту металів, який він очолював кілька років [7, с. 237].

Петро Матвійович був блискучий лектор, видатний інженер і педагог. Саме завдяки йому в ХТІ багаторазово змінювалися програми навчання студентів, (наприклад, Електротехніка з розділу фізики стала самостійною

дисципліною, а курс Теплових машин швидко перебудувався з вивчення парових машин у вивчення і проектування двигунів внутрішнього згорання і турбін), успішно готувалися професорські кадри, забезпечувалося додаткове матеріальне забезпечення викладачів Інституту.

Як свідчать записи самого Петра Матвійовича, він «до жодної партії не належав і політикою ніколи не займався» [4, арк. 490]. Після соціально-економічних і політичних змін, внаслідок Жовтневого перевороту, він не покинув, а навпаки – вів активну науково-дослідну роботу, брав участь у різних комісіях, експертизах і технічних газетах. Цьому передували досить неприємні і образливі події. П. М. Мухачов, не будучи лібералом, зазвичай не підтримував радикальних вимог студентів, за що в 1917 р. був звинувачений у недемократизмі і порушенні автономії Інституту. На превеликий жаль, в цих звинуваченнях і цькуванні колишнього директора після Жовтневого перевороту взяли участь і деякі викладачі ХТІ, яких Петро Матвійович «правдами і кривдами» повернув в ХТІ після «шиллерівської історії». Вони вимагали від нього залишити Харківський технологічний інститут. Серед них були Вадим Ерастович Тир, Георгій Федорович Проскура, Павло Петрович Копняєв [4, арк. 490 зв.]. Кар'єризм цих викладачів виявився вищим за здоровий глузд.

Яка могла бути автономія інституту в розпал Першої світової війни і в переддень Жовтневого перевороту – питання риторичне. Але це призвело до того, що в квітні 1917 р. П. М. Мухачов був змушений залишити Інститут. За вислугою років він вийшов на пенсію. Не було враховано чималі заслуги Петра Матвійовича в підготовці фахівців у галузі паровозобудування і гарячої металообробки. У 1917 – 1920 рр. П. М. Мухачов викладає в Харківському залізничному технікумі, а також з 1917 по 1923 рр. веде спеціальні предмети в багатьох вищих навчальних закладах Харкова, працює консультантом Бюро при Главпрофі. Знайти викладача і вченого такого класу і рівня було в той час в Харкові практично неможливо.

У 1920 р. він повернувся на роботу в Харківський Технологічний Інститут (ХТІ), де кафедрою паровозобудування завідував його учень професор В. В. Моніч.

П. М. Мухачов підготував велику кількість інженерів для промисловості, серед яких були головний конструктор, потім головний інженер, а далі директор Луганського паровозобудівного заводу Павло Антонович Сорока, випускник 1932 р., Павло Михайлович Шаройко –завідувач паровозним конструкторським бюро ХПЗ, головний конструктор Луганського паровозобудівного заводу, професор ХІІТу. Серед вихованців П. М. Мухачова були професори і навіть, директори вищих навчальних закладів, праці яких стали класичними: Олександр Сергійович Раєвський, Василь Васильович Моніч, Микола Іванович Карташов, Сергій Митрофанович Куценко та інші.

Останній внесок в теорію паровозобудування було зроблено вченим у 1934 р., коли під науковим керівництвом професора П. М. Мухачова Сергій Митрофанович Куценко захистив кандидатську дисертацію на тему «Вплив термосифонів на роботу топок паровозних казанів». У 1935 р. він був затверджений в званні доцента, а з 1935 р. призначений завідуючим кафедрою паровозобудування ХММІ [9, арк. 3]. На жаль, це був останній аспірант професора П. М. Мухачова.

Петро Матвійович був плідним автором класичної технічної літератури, в якій розглядав питання заводського обладнання для вирішення найрізноманітніших завдань. Заслуга Петра Матвійовича полягає і в тому, що від потужних металургійних заводів з продуктивністю в сотні тисяч тон оброблюваної тиском сталі, з'явилася можливість перейти на відносно невеликі обсяги виробництва, характерні для машинобудування того часу. Таким чином, крім прокатки 25-метрових рейок, з'явилася можливість штампувати ключі і кожухи обладнання, кувати зубчасті колеса і шківни передач, шатуни і диски, цвяхи і скоби.

П. М. Мухачов не тільки в Росії, але і в Європі вважався одним з найбільш авторитетних фахівців в галузі паровозобудування. Кілька зарубіжних відряджень – у 1905 р. до Бельгії, на Всесвітню виставку в Брюсселі в 1910 р., поїздка на паровозобудівні та металургійні заводи Бельгії, Німеччини та Швейцарії дозволили йому ще більше підвищити свою кваліфікацію. У ті роки

розвиток залізничного транспорту став причиною збільшення потужностей металургії, в нього вкладалися значні кошти і, для його інтенсивного розвитку, необхідно було бути в курсі досягнень світового машинобудування. Треба відзначити, що Петро Матвійович чимало консультував керівництво металургійних та машинобудівних заводів Росії.

П. М. Мухачов, будучи професором, користувався високим авторитетом і брав участь у різних нарадах і з'їздах з питань педагогіки, холодильної справи, гірничої справи, металургії та машинобудування. За його ініціативою в ХТІ з'явилося студентське спортивне товариство [10, арк. 2], яким довгі роки керував помічник інспектора студентів Микола Федорович Вільгам [11, арк. 72]. Значну увагу Петро Матвійович приділяв керівництву інститутським музеєм і духовим оркестром. Оркестр був гордістю технологічного інституту. Його виступи користувалися успіхом в місті, не кажучи про танці та вечори музики, які проводилися в рідному інституті.

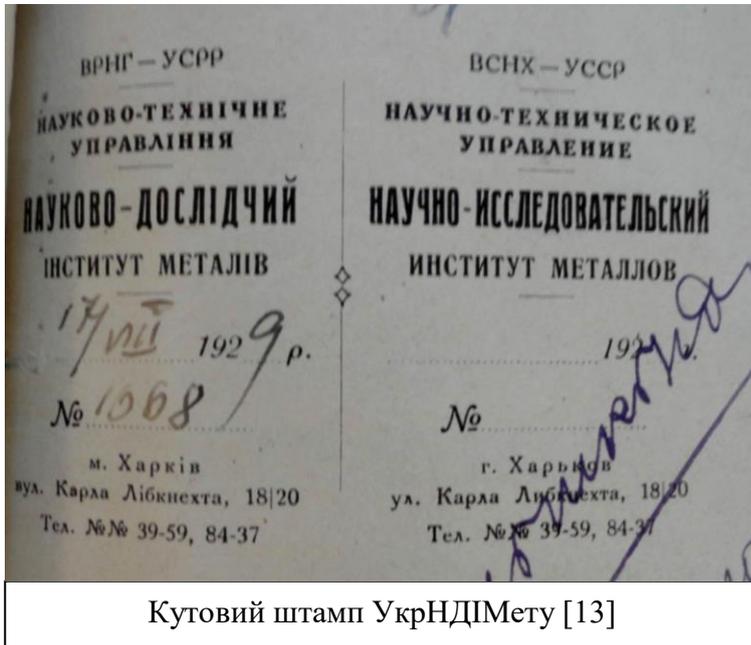
Авторству П. М. Мухачова належать видання: «Курс заводських машин. Прокатні стани» (1890 р.); «Курс заводських машин. Механізми для обробки металів» (1894 р.); «Теорія і конструкція паровозів звичайних ширококоліїних доріг» (1895 р.); «Машини металургійних виробництв» (1899 р.); «Машини для обробки металів в нагрітому стані» (1899 р.); «Машини металургійних виробництв. Молота і кувальні преси» (1902 р.); «Прокатні стани» (1902 р.); «Курс паровозів» (1905 р.); «Теорія паровозів. Загальний курс» (1912 р.); «Лекції з механіки» (1914 р.); «Загальний курс термічних двигунів»: 2 випуски (1922 р.); «Паровози»: 2 томи з атласом (1927 р.); «Прості машини» (1928 р.); «Регулювання ходу паротеплових двигунів» (1931 р.). Вже просте перерахування праць, які він зумів написати і видати, свідчить про неабиякий талант інженера-дослідника і викладача. У цих книгах глибоке і всебічне висвітлення питань теорії поєднується з прекрасним літературним стилем. По суті, вони були енциклопедіями того часу з металообробки, теорії і конструкції паровозів, які активно використовувалися до 1957 року, коли в СРСР відмовилися від виробництва паровозів на користь тепловозів і електровозів.

Але доля дозволила Петру Матвійовичу блискуче проявити свої організаторські здібності на несподіваному рівні. Вже в досить зрілому віці, Петро Матвійович кілька років очолював створений у Харкові Інститут металів [14], в якому працювали його колишні учні та колеги – Є. Є. Фарафонов, М. Ф. Лева, В. А. Можаров, М. В. Врацький та інші [2]. Саме під його керівництвом Інститут пройшов шлях організації та становлення – найбільш важкий для будь-якої новоствореної установи.

Із закінченням громадянської війни країну осягла глибока криза. Зарплати робітників у гірничо-металургійній промисловості ледь досягали 10% від дореволюційного періоду в порівнянних цінах. Країна виключно гостро потребувала металу. Необхідно було вирішувати найгостріші проблеми агломераційної і доменної плавки на криворізьких і керченських рудах, дослідження основних параметрів прокатки, розробки калібрування валків, створення і запровадження точних методів і способів хімічних аналізів руд, сировини і готової продукції. Іноземці не бажали ділитися своїми напрацюваннями в цих галузях. Тому Раднарком України за пропозицією Власа Чубаря прийняв на початку 1928 р. рішення про організацію в Харкові першого в країні науково-дослідного інституту металів. Водночас планувалося в найближче десятиріччя розвивати інші металургійні бази по усій країні та відновлювати металургійні заводи України, будувати нові гіганти – Азовсталь, Запоріжсталь, Криворіжсталь. І, якщо кадри для підприємств, потроху готували вищі країни, то дослідницькі роботи з конкретних питань виробництва чорних металів практично були відсутні. Досить подивитися на технічну літературу того часу. Понад 99% її були перекладами з іноземних мов. Але ці роботи не розглядали технологію виплавки якісного металу з вітчизняних руд, засоби його обробки, питань металознавства.

Спочатку новий інститут займав невелике приміщення у великій будівлі, розташованій за адресою вул. Сумська 18 і 20 (деякий час до кінця Другої світової війни вул. Сумська була перейменована на вулицю Карла Лібкнехта). У цих будівлях, в яких до 1919 р. розташовувався З'їзд гірничопромисловців

Півдня Росії, розташовувалося чимало організацій. Там знаходилася Промислова академія ВРНР УРСР, Всесоюзний науково-дослідний вуглехімічний інститут, Український науково-дослідний інститут



Кутовий штамп УкрНДІМету [13]

променергетики, Український науково-дослідний інститут споруд [12, с. 236].

Історія з'їздів гірничопромисловців Півдня Росії починається в м. Таганрозі у 1874 році. Там же пройшов і другий з'їзд, четвертий пройшов у Новочеркаську, а всі інші (понад 40) – у Харкові.

Питання, що піднімалися на цих з'їздах, Мали різноплановий характер, які, на перший погляд, іноді досить опосередковано стосуються гірничої промисловості. З часу ХХІІ З'їзду (з 1897 р.) при Раді З'їзду існувало статистичне Бюро Ради З'їзду гірничопромисловців Півдня Росії. Бюро вело за детальною програмою щомісячну статистику видобутку і витрати підприємствами кам'яновугільної і залізорудної промисловості вугілля, залізної руди, коксу, виплавки чавуну і сталі, експорт та імпорт металів і виробів з них; крім того, раз на рік від підприємств цих галузей промисловості збиралися вельми докладні відомості про технічне обладнали підприємств, про число робітників і їх розподіл по групах, про нещасні випадки і т. ін. Крім того, за великою програмою збиралися відомості про споживання різних видів палива російськими залізницями, про земську торгівлю залізом і сільськогосподарськими машинами і знаряддями. УкрНДІМет став своєрідним продовжувачем цієї справи.

Згодом УкрНДІМет не раз змінював місце розташування. Ще перед Другою світовою війною він переїхав на вулицю Дарвіна, 20, де був

облаштований Дослідний завод, який дозволяв впроваджувати в напівпромислових умовах результати основних досліджень наукових співробітників. Саме на цьому заводі були виконані в 1930-ті унікальні роботи з лиття чавунного листа, як зазначалось у тогочасних звітах УкрНДІМет, аналогів у світовій практиці ці роботи не мали.

З перших днів роботи під керівництвом Петра Матвійовича колективу Інституту вдалося вірно визначити основні напрямки наукової діяльності і своє місце в технічному прогресі металургійної галузі.

Однією з перших серйозних робіт, виконаних інститутом, було дослідження агломераційних процесів. Результатом чого стало відкриття ще на початку 1930-х років двох агломераційних фабрик на Керченському та Макіївському заводах [14, арк. 12].

Кінець 20-х – початок 30-х років ХХ століття увійшли до світової історії, як роки перших п'ятирічок в СРСР. Індустріалізація країни вимагала широкої технічної реконструкції промисловості, в першу чергу металургії, а також будівництва нових, сучасних металургійних заводів, оснащених новітньою технікою. Необхідність збільшення обсягів випуску литва і підвищення технічного рівня ливарного виробництва в передвоєнні роки потребувала істотного розширення масштабів наукових досліджень зі створення нових литих матеріалів, технологічних процесів і обладнання для виготовлення виливків. Нагальною потребою став розвиток науково-дослідних робіт в галузі металургії. Такі роботи на той час ані в СРСР в цілому, ані в Україні ніколи не проводилися. Перед металургами стояли невідкладні завдання всебічного розвитку виробництва, боротьби за високі виробничі показники, чому відповідали і проблеми – більш ретельна підготовка металургійної сировини і матеріалів, краще використання металургійних агрегатів і освоєння в масовому масштабі виробництва і обробки високоякісної сталі для транспорту, авіаційної та автотракторної промисловості, а також інших галузей важкого машинобудування.

Важливу роль у підвищенні технічного рівня металургійних заводів України та освоєнні новітніх технічних досягнень у металургійному виробництві відіграли

роботи Українського інституту металів. Основними напрямками науково-дослідної діяльності Інституту в 1929-1941 рр. в галузі сталеплавильного, доменного і прокатного виробництва стали розробка нових марок чавуну і сталі, більш економічних профілів прокату, дослідження по витраті енергії на прокатних станах, виробництва транспортного металу, термічній обробці, металознавству, ливарній справі, організації виробництва і праці, техніці безпеки в чорній металургії, а також розробка більш досконалих методів контролю технологічних процесів і дослідження властивостей та якості металу [15, с. 25].

При Інституті під керівництвом П. М. Мухачова було створено лабораторії: механічну, металографічну, рентгенографічну, хімічну, які не тільки вели теоретичні дослідження, а й виконували роботи, пов'язані з проведенням на металургійних заводах досліджень з основної виробничої тематики. Була також сконструйована дослідна ливарна установка і створені майстерні для обслуговування лабораторних досліджень. Це дозволило виконувати фундаментальні дослідження на рівні світової науки [14, арк. 16].

Проводячи дослідницьку роботу безпосередньо в цехах заводів в щільному контакті з виробничо-технічним персоналом, інститут мав тісний зв'язок з виробничими об'єднаннями «Сталь», «Трубосталь», «Кокс», «Південорудний трест», «Главнеруд», з Головним управлінням металургійної промисловості НКТП СРСР, різними вишами, суміжними науково-дослідними інститутами і проектними організаціями [14, арк. 15].

П. М. Мухачов, талановито організувавши роботу Інституту, за досить короткий час, на початку 1930 р. остаточно повернувся на роботу в ХПІ, де працював завідувачем кафедри до відходу з життя у 1935 р., проте саме його зусиллями було закладено базу подальших досліджень, саме під його керівництвом інститут розвинувся у провідну наукову установу.

Однією з актуальних проблем початку 1930-х років була розробка заходів проти посиленого зносу рейок на залізниці, особливо проти їх стирання і зминання. У зв'язку з цим перед металургією постало питання про удосконалення виробництва рейок. В Інституті металів велися фундаментальні

дослідження в сфері сорбітизації рейок. Ніхто інший, як видатний паровозобудівник Петро Мухачов розумів важливість сталого розвитку залізниць в країні. Було визначено методи випробувань і показники, що характеризують службові якості рейок і умови виробництва більш зносостійких рейок. Інститутом спільно з заводом ім. Дзержинського була також удосконалена технологія сорбітизації бандажів. В сфері поліпшення якості транспортного металу велися роботи по зменшенню браку при виробництві осей, що дало можливість економити дуже важливий для країни метал в кількості близько 200 тис. т на рік.

П. М. Мухачову для вирішення поставлених завдань у 1928 р. вдалося задіяти не тільки кадрових співробітників УкрНДІМету, але і завідувача кафедри Ливарного виробництва Харківського політехнічного інституту проф. Є. Є Фарафонову, під керівництвом якого І. С. Духін, В. О. Кузін, В. Р. Мах провели фундаментальні дослідження з підвищення стійкості виливниць і футеровки, використання антрациту, як палива для вагранок. Підвищення стійкості виливниць шляхом поліпшення якості їх виливки і умов експлуатації в сталеплавильних цехах дало великий економічний ефект, що особливо важливо, якщо врахувати, що витрати по виливницям в мартенівських цехах становили 9 – 10% всіх витрат по переділу, а по бесемерівським цехам вони перевищували зазначену цифру в два рази, досягнувши 20 % [15, с. 26].

В галузі доменного виробництва в інституті в 1928-30 рр. було проведено базові дослідження технологічного процесу плавки на стійких глиноземистих шлаках. Проф. В. Є. Васильєв з науковими співробітниками Ф. М. Агалецьким, Б. О. Ковалем, П. М. Кушніром та іншими розробив технологію доменної плавки на глиноземистих шлаках. Це дозволило знизити витрату пального і підвищити продуктивність доменної печі. Була досягнута економія витрати коксу на 7-16%, знижувався вміст сірки у виплавленому чавуні на 10-15%, зростала продуктивність печі в 1,5—3 рази [15, с. 27].

Академіком АН УРСР М. В. Луговцовим і канд. техн. наук Б. О. Ковалем в 1930 р. був розроблений метод виплавки в доменних печах малофосфористого

передільного чавуну з криворізьких руд на Донецькому коксі. Під керівництвом М. В. Луговцова при виробництві сталі в мартенах в 1931 р. був вперше застосований кисень [16, с. 2].

Вивчення властивостей агломерату, його впливу на хід доменної плавки, а так само основних факторів використання обсягу доменних печей проводилося в 1929-31 рр. під керівництвом проф. П. Г. Рубіна науковими працівниками В. І. Беманішвілі, І. П. Даниловим, Н. Р. Кищом. Була доведена можливість роботи доменної печі на 100%-ному агломераті з Керченської руди і знайдені шляхи виплавки металу на цьому виді сировини.

Вітчизняне машинобудування в роки довоєнних п'ятирічок стало провідною галуззю промисловості. Необхідно було перейти на вітчизняне виробництво чистого заліза, що мало важливе і різнобічне застосування, відмовившись від ввезення його з-за кордону. Це завдання було успішно вирішено в Інституті металів. Проф. В. А. Можаров, М. А. Гершгорн і А. І. Прохоров в 1932-35 рр. розробили метод плавки технологічно чистого заліза, в якому сума домішок не перевищувала 0,16%. Отриманий метал за вмістом заліза перевершував англійські та німецькі сорти м'яких сталей і відповідав кращим зразкам АРМКО-заліза американського виробництва. Продовженням цієї роботи стала розробка методу отримання так званого заліза «Тонкан», використовуваного в казанобудуванні для залізничного транспорту [15, с. 26]. Країна перестала залежати від імпортової сировини, яка купувалася навіть не за валюту – а за золото. На основі проведених досліджень був розроблений антифрикційний чавун, здатний замінити сплави на основі олова і міді. Новий сплав отримав назву ХІМ - «Харківський інститут металів».

Великим досягненням вітчизняної металургії був розроблений і запроваджений у виробництво на заводах ім. Фрунзе і Єнакіївському метод ведення плавки сталі в основній мартенівській печі на марганцевій руді зі зменшенням витрати феромарганцю. Застосування цього методу по технології Інституту металів давало можливість при додатковому розкисленні витратити мінімальну кількість феромарганцю: 1...2 кг на 1 т сталі замість звичайних 7,5 –

12 кг. Економічний ефект тільки для цих двох заводів склав 4 тис. т річної економії феромарганцю. У найкоротший термін новий метод освоїли всі металургійні заводи Півдня України [16, с. 4].

Найважливішим напрямком досліджень в сфері прокатного виробництва були розробки конструкції нових прокатних станів і вдосконалення старих. Прокатна група під керівництвом канд. техн. наук П. О. Александрова провела в 1929-36 рр. велику роботу по раціоналізації калібрувань прокатних станів на ряді заводів Півдня України, що дало можливість підвищити продуктивність цих станів на 50-75%. Велике значення мали роботи по запровадженню у виробництво всього основного сортаменту прокату з мінусовими допусками. Результати цих досліджень дозволили переглянути стандарти на багато профілів прокату, розширити їхній асортимент і дали значний економічний ефект [16, с. 3].

Впровадження системи регламентованого режиму в мартенівських і прокатних цехах на низці заводів півдня призвело до підвищення продуктивності агрегатів на 10-15% і збільшення календарного часу їх роботи на 12%. У боротьбі за освоєння технічних норм в прокатному виробництві в умовах розвитку стахановського руху велику роль зіграла паспортизація прокатних станів на основі методики і паспортів, запропонованих Інститутом металів. У 1935 р. на цій основі була здійснена паспортизація всіх сортопрокатних станів заводів об'єднань «Сталь» і «Трубосталь». Паспорти відіграли важливу роль у справі мобілізації виробничих можливостей агрегатів.

Для поліпшення умов праці в гарячих цехах металургійних і ливарних заводів в Інституті металів у 1930-33 р. було виконано ряд робіт з боротьби щодо випромінювання тепла в цехах, в результаті чого було розроблено відповідні оздоровчі заходи з аерації, охолодження повітря зрошенням водяним пилом, застосування водяних завіс для захисту від випромінювання і забруднення повітря окисом вуглецю [16, с. 4].

Інституту належить пріоритет у розробці численних методів дослідження неметалевих включень у сталях та чавунах (школа професора М. Ф. Лева (І. В. Малашенко, М. М. Шапіро, І. І. Чеботкевич та ін.) [15, с. 27]. Поряд з цим

в інституті були розроблені і широко застосовуються і сьогодні нові методи спектрального і рентгенографічного досліджень металів і шлаків, а також нові методи дослідження механічних і фізичних властивостей металів та сплавів.

На основі проведених досліджень в інституті у 1930-ті роки було виконано піонерські роботи, які не мали аналогів у світовій металургії та ливарній справі – розробка антифрикційного чавуну, хімічно чистого заліза, лиття чавунного листа [17, с. 21], чавунних дзвонів [18, с. 33], безперервне лиття, роботи по гнучим профілям. Особливо показова розробка машин безперервного лиття. За даними роботи [14, с. 14], невеликі в габаритах, прості у виготовленні і обслуговуванні горизонтальні машини безперервного лиття при собівартості в 20000 карбованців економили кожна близько мільйона крб. на рік при литті бронзи. Згадаємо, що з трьох існуючих в світі схем безперервного лиття дві було розроблено в УкрНДІМеті.

Висновки. Під керівництвом Заслуженого професора Петра Матвійовича Мухачова – видатного організатора науки, педагога, машинобудівника і металурга вдалося практично на порожньому місці створити найважливішу наукову установу – Харківський науково-дослідний інститут металів, який з моменту відкриття в 1928 р. і по сьогоднішній день є флагманом наукових досліджень світової металургії. Роботи інституту з самого початку стали фундаментальними: дослідження низки металургійних процесів, розробка і запровадження на виробництві хімічних аналізів сировини і продукції, підвищення якості литих сталей і чавунів, визначення наукових основ обробки сталей тиском, роботи з транспортного металу, безперервне лиття, виробництво біметалів і багато чого іншого. Проведені прикладні дослідження негайно впроваджувалися у виробництво. В історично короткі терміни були досягнуті небувалі у світовій історії досягнення, що дозволило вже через 10-12 років перетворити країну з відсталої в світового лідера, потужного виробника чорних металів та сплавів.

П. М. Мухачову вдалося залучити до роботи в Інституті, як на постійну роботу, так і за сумісництвом, найбільш кваліфікованих вчених: хіміків,

металургів, металознавців, економістів, гірничих інженерів, які проживали в місті Харкові. Під керівництвом Петра Матвійовича було закладено основи численних наукових шкіл, які через досить короткий час привели до появи цілого сузір'я дослідників – новаторів. Результати їхніх робіт, які було запроваджено у виробництво, призвели до різкого збільшення кількості і якості виробленого металу. Автори робіт були згодом відзначені державними нагородами, Державними преміями СРСР та України, преміями Ради Міністрів СРСР.

Список використаних джерел та літератури

1. Южаков М. И. Шихтмейстер Ползунов и его паровая машина. Томск: Типолитография Макушина, 1906. 90 с.
2. Журило Д. Ю. Становление и развитие Харьковского Технологического института в конце XIX – начале XX века. Монография. Харьков. : Підручник НТУ «ХПІ», 2016. 264 с.
3. Журило А. Г., Журило Д. Ю. Выдающиеся металлурги и литейщики Харьковщины. Краткие очерки: монография. Харьков: Підручник НТУ «ХПІ», 2013. 260 с.
4. Государственный архив Харьковской области (ГАХО). Ф. Р-1682. Оп. 2. Д. 210. Мухачёв П. М.
5. ГАХО. Ф. 40. Оп. 121. С. 399. Метрична книга про народження, шлюб, смерть церкви Різдва Богородиці (Каплуновської) Харківської Духовної консисторії. 1915-17 рр.
6. ГАХО. Ф. 40. Оп. 121. С. 317. Метрична книга про народження, шлюб, смерть церкви Різдва Богородиці (Каплуновської) Харківської Духовної консисторії. 1911-14 рр.
7. Компаниец Е. В. Краткая история постройки здания для курсов Огнестойкого строительства в ХТИ. *Історія освіти, науки і техніки в Україні : матеріали XV Всеукр. конф. молодих учених та спец., присвяч. ювіл. датам від дня народж видатних учених в галузі аграрних наук Вольфа Мойсея Михайловича (1880–1933), Осьмака Кирила Івановича (1890–1960), академіка НАН України та НААН Созінова Олексія Олексійовича (1930–2018), Київ, 15 трав. 2020 р.* НААН, ННСГБ; уклад.: Вергунов В. А., Анненкова Н. Г. – Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 440 с. С. 236-237.
8. ГАХО Ф. 770. Оп. 1. Спр. 800. Розрахунковий зошит з будівництва будівлі для курсів вогнестійкого будівництва. 1915 р.
9. Архів «НТУ ХПІ» Справа № 128982. Справа Куценка С. М.
10. ГАХО. Ф. 770. Оп. 1. Спр. 610. Про утворення спортивного студентського товариства.
11. ГАХО. Ф. 770. Оп. 2. Д. 52. Вільгам Н. Ф.
12. Адресно – довідкова книга «Весь Харків». Харків, 1930. 257 с.
13. Архів УкрНДІМету. Справа Фарафонова Є. Є.
14. ГАХО. Ф. 6198. Оп. 1. Д. 489. Протокол № 22 засідання Научно-

технического совета, посвященного 40-летию института от 18 сентября 1968 г. 114 с.

15. Журило А. Г. Научные школы металлургов Харькова до начала Второй мировой войны. *Материалы V Международной научно-практической конференции «Динамика современной науки»*. София, 2009, т. 6. С. 24...28

16. Журило А. Г. К 80-летию Украинского института металлов. *Металлургия машиностроения*. 2008 г. № 6. С. 2-5.

17. Журило А. Г., Журило Д. Ю. Литье листа из чугуна: забытая технология. *Литейное производство*. 2021 г. № 9. С. 20-22.

18. Журило А. Г., Журило Д. Ю. Чугун – материал для колоколов. *Литейное производство*. 2021 г. № 7. С. 32-34.

References

1. Yuzhakov M. Y. (1906) Shykhtmeister Polzunov y eho parovaia mashyna. [Shikhtmeister Polzunov and his steam engine.] Tomsk: Typolytohrafiya Makushyna, 90. [In Russian].

2. Zhurilo D. Yu. (2013) Stanovlenie i razvitie Har'kovskogo Tekhnologicheskogo instituta v konce XIX – nachale XX veka. [Formation and development of the Kharkiv Institute of Technology in the late XIX - early XX century.] Khar'kov: Pidruchnik NTU «KhPI», 264. [In Russian].

3. Zhurilo A. G., Zhurilo D. Yu. (2013) Vydayushchiesya metallurgi i liteyshchiki Khar'kovshchiny. Kratkie ocherki: monografiya. [Outstanding metallurgists and foundry workers of Kharkiv region. Brief essays: monograph.] Khar'kov: Pidruchnik NTU «KhPI», 260. [In Russian].

4. *Derzhavnyj arkhiv Kharkovskoi oblasti [The State Archive of the Kharkiv region.] F. P1682. Op. 2. Spr. 210. Osobova sprava. Muhachev Pyotr Matveevich.* [Personal file. Mukhachev Pyotr Matveyevich]. [in Russian].

5. *Derzhavnyj arkhiv Kharkovskoi oblasti [The State Archive of the Kharkiv region.] F. 40. Op. 121. Spr. 399. Metrychna knyha pro narodzhennia, shliub, smert tserkvy Rizdva Bohorodytsi (Kaplunovskoi) Kharkivskoi Dukhovnoi konsystorii. 1915-17 rr.* [Metric book on the birth, marriage, and death of the Church of the Nativity of the Virgin (Kaplunovskaya) of the Kharkiv ecclesiastical consistory. 1915-17.] [in Russian].

6. *Derzhavnyj arkhiv Kharkovskoi oblasti [The State Archive of the Kharkiv region.] F. 40. Op. 121. Spr. 317. Metrychna knyha pro narodzhennia, shliub, smert tserkvy Rizdva Bohorodytsi (Kaplunovskoi) Kharkivskoi Dukhovnoi konsystorii. 1911-14 rr.* [Metric book on the birth, marriage, and death of the Church of the Nativity of the Virgin (Kaplunovskaya) of the Kharkiv ecclesiastical consistory. 1911-14.] [in Russian].

7. Kompaniec E. V. (2020) Kratkaya istoriya postrojki zdaniya dlya kursov Ognestojkogo stroitel'stva v KhTI. [A brief history of the construction of the building for the fire-resistant construction courses in KhTI.] *Istoriia osvity, nauky i tekhniky v Ukraini : materialy KhV Vseukr. konf.molodykh uchenykh ta spets., prysviach. yuvil. datam vid dnia narodzh vydatnykh uchenykh v haluzi ahrarnykh nauk Volfa Moiseia*

Mykhailovycha (1880–1933), Osmaka Kyryla Ivanovycha (1890–1960), akademika NAN Ukrainy ta NAAN Sozinova Oleksiia Oleksiiivycha (1930–2018), Kyiv, 15 trav. 2020 r. / NAAN, NNSHB; uklad.: Verhunov V. A., Annienkova N. H. – Vinnytsia : TOV «TVORY», 2020. – 440 s. S. 236-237. [in Russian].

8. *Derzhavnyj arkhiv Kharkovskoi oblasti [The State Archive of the Kharkiv region.] F. 770. Op. 1. Spr. 800. Rozrakhunkovyi zoshyt z buduvannia budivli dlia kursiv vohnestiikoho budivnytstva. 1915 r. [Calculation notebook for building construction for fire-resistant construction courses. 1915.] [in Russian].*

9. *Arkhiv Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut». [Archiv of the National Technical University "Harkivsky politechnichny Institute".] Osobova sprava № 128982. Kutsenko Serhii Mytrofanovych [Personal file. Kutsenko Sergey Mitrofanovich]. [in Russian].*

10. *Derzhavnyj arkhiv Kharkovskoi oblasti [The State Archive of the Kharkiv region.] F. 770. Op. 1. Spr. 610. Pro utvorennia sportyvnoho studentskoho tovarystva. [About the formation of a sports Student Society.] [in Russian].*

11. *Derzhavnyj arkhiv Kharkovskoi oblasti [The State Archive of the Kharkiv region.] F. P1682. Op. 2. Spr. 52. Osobova sprava. Vilham Mykola Fedorovych. [Personal file. Vilgam Nikolay Fedorovich]. [in Russian].*

12. *Adresno – dovidkova knyha «Ves Kharkiv» (1930). Kharkiv, 257. [in Ukrainian].*

13. *Arkhiv UkrNIIMeta. [UkrNIIMet Archive.] Osobova sprava. Evgeny Farafonov. [Personal file. Farafonov Yevhen Yevhenovych] [in Russian].*

14. *Derzhavnyj arkhiv Kharkovskoi oblasti [The State Archive of the Kharkiv region.] F. 6198. Op. 1. Spr. 489. Protokol № 22 zasedanyia Nauchno-tekhnicheskoho soveta, posviashchenoho 40-letiyu ynstytuta ot 18 sentiabria 1968 h. [Minutes No. 22 of the meeting of the Scientific and Technical Council dedicated to the 40-th anniversary of the Institute dated September 18, 1968.] [in Russian].*

15. *Zhurilo A. G. (2009) Nauchnye shkoly metallurgov Har'kova do nachala Vtoroj mirovoj vojny [Scientific schools of metallurgists of Kharkov before the beginning of the Second World War.]. Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Dinamika sovremennoj nauki». Sofiya, 2009. T. 6. - P. 24...28.*

16. *Zhurilo A. G. (2008) K 80-letiyu Ukrainського instituta metallov [To the 80-th anniversary of the Ukrainian Institute of Metals.] Metallurgiya mashinostroeniya. 2008. № 6. P. 2-5.*

17. *Zhurilo A. G., Zhurilo D. Yu. (2021) Lit'e lista iz chuguna: zabytaya tekhnologiya. [Cast iron sheet casting: a forgotten technology.] Litejnoe proizvodstvo. 2021. № 9. P. 20-22.*

18. *Zhurilo A. G., Zhurilo D. Yu. (2021) Chugun – material dlya kolokolov [Cast iron is a material for bells.] Litejnoe proizvodstvo. 2021. № 7. P. 32-34.*

Рецензенти:

Анненкова Н., д.і.н., доцент

Підгайна Т., к.і.н.

Надійшла до редакції 27.12.2021 р.