



ЖУРИЛО

Дмитро Юрійович

кандидат технічних наук,
доцент кафедри українознавства,
культурології та історії науки
Національного технічного
університету «Харківський
політехнічний інститут»

zhurilo.dm@gmail.com, ORCID:

[http:// orcid.org /0000-0002-0015-9412](http://orcid.org/0000-0002-0015-9412)

(м. Харків)

**НАУКОВО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ УКРАЇНСЬКИХ ВЧЕНИХ
У ГАЛУЗІ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ДО 70-Х РР. ХХ СТОРІЧЧЯ**

У статті наведено історичні дані та технологічні параметри одного з головних досягнень в галузі металургії в ХХ сторіччі – безперервного лиття.

Наведено причини, які передують появі безперервного лиття. Одним з перших вчених, який запропонував принцип безперервного лиття, був Генрі Бесемер. Подальший розвиток цього процесу пов'язано з литтям кольорових металів і сплавів і з іменами Зігфріда Юнганса, братів М'ясоєдових, В. Г. Головкина і багатьох інших вчених.

Після накопичення технологічних і теплофізичних параметрів стабільного лиття цей процес почав застосовуватися не тільки при розливанні кольорових металів і сплавів, а й при розливанні сталі і чавунів.

Перші установки безперервного лиття були вертикального типу. Вони мали висоту більше 30 м. Заливка розплавленої сталі проводилася на верхній частині установки. При опусканні заготовки, що відливається, вона охолоджувалася і різалася на мірні частини, які видалялися в нижній частині установки. З метою зменшення висоти установки, для збору заготовель будувалися спеціальні колодязі. Такі установки мали кристалізатор, якому надавалися механічні коливання з різною амплітудою і на його стінки наносилася суміш з мінеральних мастил.

Розробка загальної конструкції установок безперервного лиття найбільш вдало була виконана в Харківському науково-дослідному інституті металів під проводом майбутнього професора Володимира Тимофійовича Сладкоштьєєва. Наведено перелік основних робіт українських вчених у галузі металургії та

ливарного виробництва з безперервного лиття, наприклад, класичну роботу з проектування та виготовлення ребристого кристалізатора.

Безперервне лиття було реалізовано спочатку в установках вертикального типу.

Українським вченим вдалося закласти наукові основи теплофізики, експлуатаційних і технологічних показників безперервного лиття. Завдяки цьому, установки безперервного лиття сьогодні є основними способами розливання сталі в усьому світі. Процес їх удосконалення триває і сьогодні.

Ключові слова: безперервне лиття, металургія, сталь, кольорові метали, радіальна установка, кристалізатор, сталевий прокат.

SCIENTIFIC AND ORGANIZATIONAL ACTIVITY OF UKRAINIAN SCIENTISTS IN THE FIELD OF CONTINUOUS CASTING IN THE 70 YEARS OF THE TWENTIETH CENTURY

The article presents historical data and technological parameters of one of the main achievements in the field of metallurgy in the twentieth century – continuous casting.

The reasons preceding the appearance of continuous casting are given. One of the first scientists to propose the principle of continuous casting was Henry Bessemer. Further development of this process is associated with the casting of non-ferrous metals and alloys and with the names of Siegfried Jungans, the Myasoedov's brothers, V. G. Golovkin and many other scientists.

After the accumulation of technological and thermophysical parameters of stable casting, this process began to be used not only for casting non-ferrous metals and alloys, but also for casting steel and cast iron.

The first continuous casting installations were of the vertical type. They had a height of more than 30 m. Molten steel was poured at the top of the unit. As the cast billet was lowered down, it was cooled and cut into dimensional parts, removed at the bottom of the installation. In order to reduce the height of the installation, special wells were built to collect blanks. Such installations had a crystallizer, which was given mechanical vibrations with different amplitudes and applied a lubricant of mineral oils to its walls.

The development of the general design of continuous casting units was most successfully carried out at the Kharkiv research Institute of metals under the guidance of future professor Vladimir Timofeevich Sladkoshteev.

A list of the main works of ukrainian scientists in the field of metallurgy and foundry production on continuous casting is given, for example, the classic work on the design and manufacture of a ribbed mold.

Ukrainian scientists managed to lay the scientific foundations of thermal physics, operational and technological indicators of continuous casting. Because of this, continuous casting plants are now the main ways to cast steel all over the world. The process of improving them continues today.

Keywords: continuous casting, metallurgy, steel, non-ferrous metals, radial installation, crystallizer, rolled steel.

НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УКРАИНСКИХ УЧЕНЫХ В ОБЛАСТИ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ДО 70 ГОДОВ XX СТОЛЕТИЯ

В статье приведены исторические данные и технологические параметры одного из главных достижений в области металлургии в XX веке – непрерывного литья.

Приведены причины, предшествовавшие появлению непрерывного литья. Одним из первых ученых, предложившим принцип непрерывного литья, был Генри Бессемер. Дальнейшее развитие этого процесса связано с литьем цветных металлов и сплавов и с именами Зигфрида Юнгана, братьев Мясоедовых, В. Г. Головкина и многих других ученых.

После накопления технологических и теплофизических параметров стабильного литья этот процесс начал применяться не только при разливке цветных металлов и сплавов, а и при разливке стали и чугунов.

Первые установки непрерывного литья были вертикального типа. Они имели высоту более 30 м. Заливка расплавленной стали производилась на верху установки. По мере опускания отливаемой заготовки вниз, она охлаждалась и резалась на мерные части, удалялась в нижней части установки. С целью уменьшения высоты установки, для сбора заготовок строились специальные колодцы. Такие установки имели кристаллизатор, которому придавались механические колебания с различной амплитудой и наносилась смазка из минеральных масел на его стенки.

Разработка общей конструкции установок непрерывного литья наиболее удачно была выполнена в Харьковском научно-исследовательском институте металлов под руководством будущего профессора Владимира Тимофеевича Сладкоштитева.

Приведён перечень основных работ украинских ученых в области металлургии и литейного производства по непрерывному литью, например, классическая работа по проектированию и изготовления ребристого кристаллизатора.

Украинским ученым удалось заложить научные основы теплофизики, эксплуатационных и технологических показателей непрерывного литья. Благодаря этому, установки непрерывного литья сегодня являются основными способами разливки стали во всем мире. Процесс их усовершенствования продолжается и сегодня.

Ключевые слова: *непрерывное литье, металлургия, сталь, цветные металлы, радиальная установка, кристаллизатор, стальной прокат.*

Постановка проблемы. У XX сторіччі під впливом промислової революції та розвитку науково-технічного прогресу з'явилося чимало споживачів металу. Це – будівництво та машинобудування: випуск автомобілів, кораблів,

залізниць, військової техніки, верстатів, що потребує значної кількості металу. Стрімке зростання попиту на метал відзначилося цілою низкою видатних винаходів для металургії у ХХ сторіччі. Це, насамперед, початок використання кисню та газу у виробництві сталі, конвертерний переділ, пило-вуглецеве паливо (ПВП), використання водню, як відновника, електрична плавка металів, і, звичайно, безперервне литво та безперервне розливання сталі.

Безперервне лиття зайняло особливе місце в заготівельній базі машинобудування, особливо при литті кольорових металів та сплавів. Це пов'язано з рядом корисних властивостей, характерних для цього процесу у всіх його видах:

- значним виходом придатного металу – до 98...99% від залитого металу в металоприймач. (Для порівняння: вихід придатного лиття в піщано-глинисті форми не перевищує 70%);

- великою номенклатурою заготовок, що відливаються: якщо на початку освоєння цього виду лиття отримували тільки заготовки круглого, квадратного і прямокутного перетинів, то сьогодні кількість перетинів заготовок, які відливаються (як суцільних, так і порожнистих) більше ста;

- можливістю виробництва безперервнолитих заготовок практично з будь-яких металів і сплавів: якщо на початку освоєння цього виду лиття відливали тільки заготовки з деяких марок припоїв, алюмінієвих і мідних сплавів, то сьогодні таким методом відливають не лише сплави на основі олова і свинцю, міді і нікелю, сормайти і чавуни, а й чисті метали, в першу чергу, мідь, алюміній, цинк, золото, срібло;

- відносно невеликими капітальними витратами на обладнання, особливо на створення машин безперервного лиття горизонтального типу;

- зростаючим попитом на універсальне обладнання, що дозволяє виробляти широку номенклатуру литих заготовок на установках невеликої продуктивності. Прикладом можуть служити міні-металургійні заводи в Молдові, Білорусії, Західній Україні, де до середини 80-х років ХХ століття взагалі не було металургійної промисловості, але були значні запаси амортизаційного металобрухту;

- відносною простотою конструкції машин безперервного лиття і легкістю в управлінні ними;
- високою якістю отриманих заготовок: безперервнолиті заготовки мають щільну, без дефектів структуру, чисту поверхню, досить високу точність розмірів;
- при використанні безперервного лиття істотно поліпшуються умови праці, знижується трудомісткість, зменшується забруднення навколишнього середовища, здешевлюється кінцева продукція;
- легкістю автоматизації процесів безперервного лиття, так як ідея потоку закладена вже в принципі роботи обладнання.

Крім того, протягом довгих років дані з розрахунку обладнання, технологічні параметри безперервного лиття, результати ряду робіт взагалі не висвітлювалися у пресі або дуже мало публікувалися, так як були предметом можливого отримання патентів і ліцензій, які продавалися в різні країни світу.

В Україні цими дослідженнями з великим успіхом займалися Харківський Український науково-дослідний інститут металів (УкрНДІмет) і Київський Інститут проблем лиття (ІПЛ НАН України, згодом Фізико-технологічний інститут металів і сплавів (ФТІМС НАН України), Одеський науково-дослідний інститут спеціальних видів лиття (НДІСЛ), Харківський політехнічний інститут (нині НТУ «ХПІ»), Донецький національний технічний університет, Одеський політехнічний інститут (нині Одеський національний політехнічний університет) та інші організації. За останні роки значно скоротилася кількість друкованих робіт, які розглядають прикладну сторону проектування машин безперервного лиття, що застосовуються у ливарному виробництві та металургії.

Про результати використання безперервного лиття у металургійній галузі, та в ливарництві написано чимало робіт. Але, історіографічний аналіз наукової літератури свідчить, що комплексне дослідження історії становлення значущого процесу гарячої обробки металів ніколи не було предметом широкого дослідження науковців. Завдяки опрацюванню документів Центрального науково-технічного архіву України, Державного архіву

Харківської області, архівів НТУ «ХПІ», УкрНДІМету вдалося сформувати джерельну базу дослідження. До джерельних засад вдалося залучити не лише скупі науково-дослідні звіти та мемуарну літературу, а також описання тих технологічних процесів безперервного лиття, в дослідженні яких приймав участь і автор.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історичні відомості щодо безперервного лиття практично завжди мають економічний чи рекламний характер, або взагалі відсутні.

Хоча безперервне литво було описано в чималій кількості робіт, але на сьогодні так і не виявлено одностайну історію становлення процесу, його основних параметрів, внеску видатних вчених у визначення технологічних параметрів та запровадження їх у промислове виробництво. Наприклад, в класичній праці Ерхарда Германна [1], хоча й наведена чимала кількість схем установок для безперервного лиття, практично їх реалізувати нікому не вдалося: патенти мають рекламний характер і ніхто навіть не спробував їх апробувати в промислових умовах.

В довідниках з безперервного лиття [2-12] наведено, в кращому випадку, невеличкі дані щодо історії процесу та деякі технологічні параметри, іноді – конструкцію обладнання, і, звичайно, економічний ефект при використанні цього процесу у виробництві.

Тому, є важливим і актуальним з'ясувати внесок українських вчених у розвиток знань в безперервному литті.

Мета і завдання дослідження – таким чином, метою даної роботи є проведення комплексного дослідження щодо історичних засад та науково-організаційної роботи при дослідженні та запровадженні у промислове виробництво безперервного лиття, виявлення подій та явищ, які стали ключовими при розробці перспективного процесу гарячої обробки металів та сплавів, спробою зробити об'єктивну оцінку вказаного процесу в українській та у світовій металургії.

Виклад основного матеріалу.

Метод безперервного розливання металів бере свій початок від ідей

Дж. Селлера (1840 р.), Ж. Леінга (1843 р.) і Г. Бессемера (1846 р.). Згідно винаходів Бессемера для безпосереднього отримання металевих листів рідкий метал повинен надходити у водоохолоджувані валки з ребордами, які перешкоджають розтіканню металу уздовж осі валків. Однак практично здійснити такий винахід не вдалося ні Бессемеру, ні його послідовникам через труднощі, які полягали у швидкому виході валків з ладу внаслідок руйнування їх поверхні, труднощі регулювання процесу лиття, незадовільній якості поверхні листа і т.д., хоча частина отриманої Бессемером сталевої смуги досі зберігається в Британському музеї. Через тридцять п'ять років після того, як була отримана сталева смуга, Бессемер опублікував статтю, в якій скаржився на те, що його винахід не знайшов належного застосування [13, с. 129].

З 1905 р. було запатентовано велику кількість способів безперервного розливання сталі і кольорових сплавів (В. Іванов — Росія, 1905 р.; М. Дутер — Німеччина, 1909 р. та ін.). У 1914 р. була зроблена перша спроба створення конвеєрної розливної машини. Однак, виробничого впровадження відповідні патенти не отримали. Основною причиною цього була відсутність необхідних вогнетривких матеріалів і відсутність досвіду розливання, а, конкретніше – не був осмислений і відкритий принцип придання кристалізатору зворотно-поступальних рухів в ході розливання сталі. Вперше рішення з цього питання було знайдено німецьким вченим Зігфрідом Юнгансом тільки у 1933 р. [14].

В середині ХХ століття більшість цих труднощів було подолано, і на окремих заводах таким методом виробляли спочатку не сталь, а чавунний лист. У 1951 р. за розробку і освоєння цього процесу професор А. В. Улітовський, інженер Є. Г. Ніколаєнко і робітник-заливщик К. Т. Гетьман були удостоєні Державної премії СРСР.

Невелике конструкторсько-технологічне бюро рідкої прокатки Одеського заводу сільгоспмашинобудування, в якому під керівництвом Є. Г. Ніколаєнка працював колектив фахівців, було перетворено 1 жовтня 1951 р. в самостійне Центральне конструкторсько-технологічне бюро (ЦКТБ). Цей день по суті є днем народження НВО «НДІСЛ». [15].

Вже у 1958 році чавунний лист виробляли на 40 підприємствах. З них: в

РРФСР — 18, Україні — 16, в Білорусії — 1, в Казахстані — 3, в Киргизії-1. Обсяг виробництва чавунного покрівельного листа становив у 1958 році близько 102 тисячі тон [16].

Однак, у 1974 році у зв'язку з переходом на неметалеві покрівельні матеріали виробництво чавунного листа було скасовано. Треба відзначити, що чавунний лист був в 1,5—2 рази дешевшим, ніж сталевий, і мав високу корозійну стійкість (у 8...9 разів вище, ніж сталевий лист). [2].

Ідеї безперервного лиття протягом перших ста років після патентів Бесемера розвивалися як в напрямку вдосконалення технології для різних металів і сплавів, так і в пошуках надійних конструкцій ливарних машин для реалізації методу лиття. Був створений ряд експериментальних агрегатів, проте перші промислові та напівпромислові установки безперервного розливання металів (УБРМ), зокрема розливання сталі (УБРС), з'явилися тільки в середині минулого століття. За минулі з того часу роки освоєно лиття сталевих злитків круглого, квадратного, прямокутного перетинів розмірами від 50x50 мм до 670 мм і слябів товщинами від 20 мм до 350-400 мм і шириною до 3 м. Сьогодні відливають зливки складної конфігурації з перетинами у вигляді фасонних балок, труб, овальних злитків.

Після ряду експериментів і досліджень братам Олександрю Миколайовичу і Аркадію Миколайовичу М'ясоєдовим вдалося у 1938 році створити діючу модель, на якій вони успішно відливали заготовки довжиною до 10 м з кольорових сплавів — свинцю, олова, латуні безперервним способом по горизонтальній схемі. У 1940 р. брати М'ясоєдови розробили конструкцію машини безперервного лиття, засновану на принципах тепловідведення, застосованого в аналогічних машинах Юнганса. У 1942 р. на одному з машинобудівних заводів братами М'ясоєдовими була виготовлена і запущена в експлуатацію установка безперервного лиття зливків з легких сплавів. Установка була конструктивно оформлена таким чином, що процес лиття відбувався у вертикальній площині; установка мала рухливий кристалізатор, стінки якого змащувалися рослинним маслом. Зважаючи на малі діаметри зливків, що відливали, охолодження велося тільки через стінку кристалізатора.

Ця установка давала можливість отримувати поверхню злитка без додаткової обробки. За розробку установки безперервного лиття братам М'ясоєдовим була присуджена Сталінська (Державна) премія. [3, с. 6, 7].

До корінної зміни техніки лиття алюмінієвих сплавів привела розробка і освоєння методу безперервного лиття, проведена паралельно з аналогічними роботами в Німеччині і США. Вже у 1939 р. були отримані позитивні результати по литтю безперервним методом круглих зливків діаметром до 200 мм. Абсолютно оригінальний принцип безперервного лиття дроту діаметром від 5 до 8 мм розробив В. Г. Головкін. [4, с. 14, 15, 781].

Винайдений В. Г. Головкіним спосіб безперервної виливки дроту був настільки простий, що дозволив вже в 1942 р. запустити на одному із заводів цех з безперервної виливки дроту з алюмінію і його сплавів. Умови праці в такому цеху істотно відрізнялися від умов роботи у звичайних ливарних цехах. У новому цеху праця робітників зводилася до спостереження за механізмами і за підтриманням постійного рівня металу в міксерах. Весь цех безперервного лиття дроту обслуговувався двома-трьома виробничими робітниками [4, с. 15].

З початком війни роботи з безперервного лиття тривали з ще більшою інтенсивністю, і швидке впровадження цього методу в промислове виробництво зіграло велику роль у справі успішного забезпечення літакобудівних заводів прокатом алюмінієвих сплавів у самий розпал бойових дій. На Верхньосалдинському металообробному заводі у 1943 р. був організований дослідний цех, начальником якого був призначений В. О. Циценко. У дослідному цеху була встановлена електрична піч-міксер місткістю 7 т і ливарна машина. Використання результатів дослідних робіт, проведених в цьому цеху, дозволило прискорити впровадження в серійне виробництво методу безперервного лиття зливків алюмінієвих сплавів.

На заводі у Верхній Салді у той же час було освоєно безперервне лиття зливків діаметром 170, 200, 280 і 370 мм, масою 1,4 т для всіх сплавів на основі алюмінію. Слідом за цим почали діяти промислові установки для лиття круглих зливків і на інших заводах [4, с. 309]. 27 січня 1945 р. методом безперервного лиття був отриманий перший плоский злиток сплаву Д16 перетином

250x1400 мм на дослідній, спеціально сконструйованій машині. Ці роботи поклали початок освоєнню в СРСР технології безперервного лиття плоских зливок з алюмінієвих сплавів.

Результати заводських експериментів з безперервного лиття круглих і плоских злитків були узагальнені В. О. Лівановим, а розроблена ним теорія безперервного лиття була прийнята за основу при створенні технологічних розробок.

В. І. Добаткін створив машини безперервного лиття круглих злитків, а потім були розроблені принципи технології лиття порожнистих злитків. Р. І. Барбанель вів роботи з лиття плоских злитків і побудував нову виробничу установку. Надалі Ф. В. Тулянкін, П. П. Мочалов, С. З. Захаров та інші провели велику роботу з освоєння безперервного лиття плоских злитків, в тому числі зі сплаву В95 [4, с. 782].

У 1944 р. вперше в Радянському Союзі було випробувано і освоєно безперервне лиття магнієвого сплаву «електрон» з безпосереднім охолодженням зливка водою. Багаторічний досвід роботи показав, що лиття злитків «електрона» з тигля в поворотні чавунні виливниці викликає високий відсоток браку через неметалеві включення, які виявляються при випробуванні пресованих прутків на злам. Безперервний метод лиття робить незрівнянно більш спокійним процес виливки, усуває усадочну пористість (часто має окислену поверхню) у виливковій частині зливку і тим самим зменшує можливість попадання неметалевих включень у зливок.

Цю роботу провели під керівництвом В. О. Циценко і О. Г. Сафонові, почали відливати зливки магнієвих сплавів методом безперервного лиття з безпосереднім охолодженням зливка водою. Використання сплавів МА1, МА2 і МА3 дозволило відливати якісні зливки діаметром до 280 мм. Спочатку сплав МА1 був віднесений в одну групу з дуралюміном Д1, сплав МА2 — в групу сплавів АКБ, АК6, АК2 і Д6, більш легovanі сплави (МА3 і особливо МА7) — в групу сплавів АК4, Д16 і В95. В. О. Циценко та О. Г. Сафонова розробили орієнтовні параметри безперервного лиття зливок магнієвих сплавів діаметром 100—400 мм [6, с. 310-315].

Отримані при безперервному литті кольорових металів позитивні результати були обумовлені більш низькими температурами металу, що розливався і невеликою продуктивністю розливних агрегатів. Розливні машини для кольорових металів набули поширення, а використання отриманого досвіду значно полегшило вирішення проблеми безперервного розливання сталі.

Але, в сучасній техніці сталь має істотно більше поширення, ніж кольорові сплави, тому зусилля дослідників в галузі безперервного лиття і були спрямовані в основному на дослідження саме з розливання сталі. Це не дивно: з другої половини XIX сторіччя, з початком стрімкого будівництва залізниць, попит на сталь стрімко зростає. Сталь знаходила у світі все більше використання. Це було пов'язане з будівництвом (балки перекриття, арматура під заливку бетоном), з промисловістю (машини та механізми, знаряддя праці), з розвитком транспорту (будівництво мільйонів автомобілів, вагонів залізниць та метрополітену, кораблів та автобусів, рельсів та колес для залізниць), і, звичайно, з розвитком військової техніки та тактики ведення бойових дій. Наприклад, в роботі [18, с. 120] визначено, що «кожен солдат за час війни, з 1914 по 11 листопада 1918 р., витратив у вигляді зброї, спорядження, польових залізниць, притулків і траншей 3 тисячі кг сталі». Якщо прийняти до уваги, що до лав збройних сил усіх воюючих держав було призвано більш, ніж 74 млн. чоловік [19, с. 6], то з'ясовується, що витрати сталі лише у хронологічний період Першої світової війни перебільшували 200 млрд. тон!

Час між Першою та Другою світовими війнами ознаменувався практичними запровадженнями у промислове виробництво електричної плавки сталі, киснево-конвертерним способом виробництва сталі, отриманням нових марок вуглецевої та легованої сталі. Треба було отримувати прокат (а це – основний вид використання сталі усіх марок) з мінімальними витратами та з максимальною якістю. Спосіб безперервного лиття став блискучим способом розв'язання вказаної проблеми.

Перші напівпромислові (пілотні) установки з'явилися відразу після закінчення Другої світової війни в декількох провідних індустріальних країнах. Так, дослідна машина вертикального типу була споруджена в 1946 р. на заводі в

м. Лоу Мур (Великобританія), в 1948 р. - на фірмі «Бабкок і Вілкокс» (Бівер Фоле, США), в 1950 р. - на фірмі Маннесманн АГ (Дуйсбург, Німеччина) [7].

В СРСР перша дослідна машина безперервного розливання сталі вертикального типу ПН-1-2 ЦНДІЧермет була споруджена в 1945 р. і призначена для виливки заготовок круглого і квадратного перетину (розмір сторони квадрату і діаметром до 200 мм). Досвід роботи на цій установці дозволив визначити деякі основні технологічні особливості технологічного процесу розливання і пов'язані з ними вимоги до конструкції окремих вузлів машини. У 1947 р. була запущена експериментальна машина безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) ПН-3 ЦНДІЧермет, на якій досліджували і розробляли технологічний процес напівнеперервної розливки сталі і спеціальних сплавів у заготовки дрібних перетинів. Потім у 1948 р. була пущена установка ПН-4 ЦНДІЧермет, яка була призначена для досліджень і розробки технологічного процесу напівбезперервного розливання сталей різних марок на сляби товщиною 200 мм і шириною 500 мм, а у 1949 р. – установка ГТН – 5 ЦНДІЧермет, що дозволяло розливати зливки з максимальною товщиною 300 мм і шириною 900 мм. [7].

1947 рік відзначений ще однією подією в безперервному лиття – 27 травня 1947 року була створена лабораторія беззлівкової прокатки і безперервного лиття, начальником якої був призначений М. С. Бойченко [8, с. 477]. До складу колективу лабораторії увійшли видатні вчені: Веніамін Веніамінович Фульмахт, Віктор Савелійович Рутес, Дмитро Петрович Євтеєв.

Конвеєрний спосіб розливання сталі вперше був практично виконаний М. Ф. Голдобіним на установці, змонтованій в 1949 р. на московському заводі «Серп і молот». У машині були два горизонтальних конвеєра, що склалися зі сталевих напіввикладниць, які утворювали кристалізатор довжиною 9 м. Конвеєр і заготовка рухалися одночасно з однаковою лінійною швидкістю [9]. Цікаво, що перші експерименти Михайло Федорович проводив ще в червні 1941 року, але йому завадила війна [10].

Конвеєрна машина відливала заготівлі розмірами 120 x 120 і 140 x 140 мм з продуктивністю 25...35 т/год, на якій протягом 5 років було відлито 9500 т

високоякісної сталі [7].

У 1952-1954 рр. в мартенівському цеху Бежецького машинобудівного заводу випробовувалася похила дослідно-промислова установка проф. І. Я. Граната. При випробуваннях було відлито близько 4000 т заготовок перерізом 250 x 250 мм при швидкості виливки 0,8...1,1 м/хв. Похилі установки вимагали менших, у порівнянні з вертикальними машинами, капітальних витрат і дозволяли здійснити вторинне охолодження на необхідній довжині, але для них були потрібні більш великі виробничі площі, ніж для вертикальних установок [7].

У 1947...48 рр. була введена в експлуатацію експериментальна установка заводу Бабкок-Вількокс продуктивністю 10...12 т/год і пізніше — ряд дослідних установок у багатьох країнах (Англія — заводи Бієра в Шеффілді і Лод-Мур в Бредфордї; США — стіл-Корпорейшен; ФРН — Маннесман; НДР — завод Делен і ін.).

У 1949 р. була створена машина Зігфріда Юнганса, який вніс ряд поліпшень в конструкцію і режим роботи кристалізаторів. Так, наприклад, ним було застосовано зворотно-поступальний рух і змащування кристалізатора різними маслами, як рослинними, так і синтетичними.

У Радянському Союзі в 1951 р. була пущена дослідно-промислова установка напівбезперервного розливання сталі спочатку на заводі «Червоний Жовтень», а в 1953 р. і на Новотульському металургійному заводі. [11, с. 256]

З 1952 р. зворотно-поступальний рух кристалізатора починають застосовувати на всіх машинах безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), крім установок горизонтального типу.

У травні 1955 р. увійшла в дію промислова установка на заводі «Червоне Сормово», експлуатація якої дозволила отримати безцінний досвід проектування, підготовки персоналу та встановлення оптимальних режимів розливання і стану обладнання. За впровадження у виробництво першої машини безперервного лиття академік І. П. Бардін і так само співробітники заводу «Червоне Сормово» Смеляков М. М., Командін М. Л., Коротков К. П., Майоров М. П., Хрипков А. В., співробітники Новотульського металургійного

заводу Грицун М. Д., Гурський Г. В., Казанський В. А. були удостоєні Ленінської премії [16].

Цікавий факт: академік І. П. Бардін спочатку пропонував запровадити у виробництво машину безперервного лиття на Дніпровському металургійному заводі ім. Ф. Є. Дзержинського (м. Дніпродзержинськ, нині – Каменське). Він добре знав можливості заводу, бо у другій половині 20-х років ХХ століття працював на заводі головним інженером. Але директор заводу (в 1943 – 1954 рр.) М. М. Фоменко, який з 1954 року працював у Міністерстві чорної металургії України (заступником міністра), розумний і грамотний керівник, зумів у короткий час відновити завод після звільнення України від німецької окупації, категорично відмовлявся від запровадження нової техніки на заводі, на якому він працював з 13 років.



Зруйнована доменна піч Дніпровського металургійного заводу ім. Ф. Є. Дзержинського [12].



Стан нового блюмінгу Дніпровського металургійного заводу ім. Ф. Є. Дзержинського [12]. М. М. Фоменко до війни був начальником цього цеху

Про обсяги виконаних робіт можна судити тільки за двома цифрами: для відновлення підприємств чорної металургії України (після її визволення від німців) планувалося затратити близько 700 000 людино*років. І було потрібно тільки для відновлення зруйнованих споруд близько 1 мільярда штук будівельної цегли [12]. А вже на 26 день після визволення міста Дніпродзержинськ (нині – Кам'янське) відновлена мартенівська піч №5 дала сталь. Чимала роль у відновленні заводу після звільнення від німецьких

окупантів належить саме М. М. Фоменко.

Чого побоювався керівник заводу, зрозуміло. За зрив завдань уряду його б покарали, незважаючи на Сталінську премію (1951 року). А чи працювала би установка безперервного розливання сталі – було невідомо. Досвіду роботи таких установок не було. Бардіну так і не вдалося умовити непоступливого директора, а згодом – заступника міністра, який, до речі, залишив по собі хорошу пам'ять. Після нагородження творчого колективу безперервників Ленінською премією, Микола Михайлович Фоменко отримав мікроінфаркт.

Забігаючи наперед, відзначимо, що за іронією долі на Дніпровському металургійному комбінаті ім. Ф. Є. Дзержинського все-таки були встановлені машини безперервного лиття. Але сталося це багато пізніше – в 1994 і 2008 роках. Керував цією роботою видатний безперервник Олег Васильович Носоченко [13].

30 червня 1960 року була пущена найбільша в світі на той час УБРС (установка безперервного розливання сталі) вертикального типу Донецького металургійного заводу [14, с. 328–333].

На ній до 1970 р. було освоєно розливання сталей близько 30 марок в



Академік І. П. Бардін

сляби різного перетину, а загальна кількість лиття зросла з 16,7 тис. в 1960 р. і 117,4 тис. т в 1961 р. до 247,8 тис. т в 1965 р. і 391,1 тис. т в 1970 р. На цій машині було виконано великий комплекс робіт з відпрацювання режимів розливання і охолодження заготовок з різних марок сталі, що дало вихідні дані для проектування та будівництва в країні ще більших машин цього типу. Була розроблена оригінальна система автоматизації, яка визнана типовою. На цій

установці був вперше випробуваний і впроваджений у виробництво цілий ряд принципово нових технологічних рішень — розливання за способом «плавка на плавку», застосування ребристих кристалізаторів, розливання під шаром аморфного графіту, використання нових типів дозаторних пристроїв, нові

способи розкислення та захисту дзеркала сталі. Загальна економія від впровадження нової технології безперервного розливання сталі та удосконалення основних технологічних вузлів УБРС склала більше 2 млн. карб. на рік. З участю видатних безперервників Д. А. Дюдкіна, А. М. Кондратюка і В. Р. Осипова було освоєно розливку більш, ніж дев'ятнадцяти марок вуглецевих сталей на МБЛЗ [14, с. 333; 29, с. 287, 346, 507].



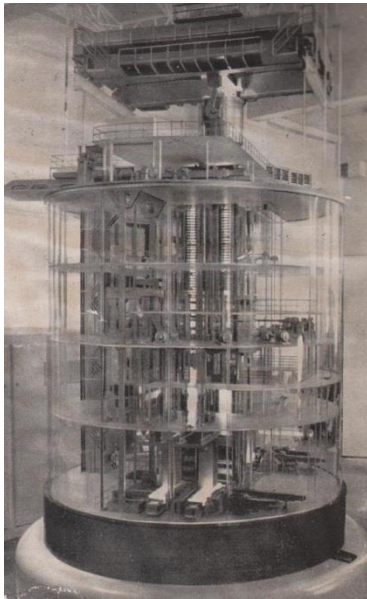
М. В. Колупаєв

Сьогодні ця установка з колодязями глибиною до 29 м [15, с. 6] виглядає морально застарілою, але в 1956 році це було верхом витонченості. Про масштаби установки говорять цифри припливної вентиляції в 180000 м³/год [15, с. 8]. Отримання слябів з 140-тонного ковша займало від 77 до 90 хвилин [15, с. 22]. Загальна висота установки з урахуванням колодязів становила 30 метрів – висоту 10 поверхового будинку [15, с. 25].

Теплові розрахунки установки були виконані під керівництвом Лауреата Сталінської премії Сергія Михайловича Андоньєва [15, с. 136], відомого своїми роботами з випарного охолодження металургійних печей. Сергій Михайлович зумів на практиці застосувати засвоєне ще в школі положення, що пара здатна забрати більше тепла, ніж холодна вода, так як його питома теплоємність майже в два рази менше. Хоча, непосвяченому в секрети теплофізики, це уявити складно.

Проектування установки було виконано під керівництвом начальника сектора Гіпросталі, чудового інженера, Миколи Васильовича Колупаєва [15, арк. 45], випускника ХІІІ, учасника Великої Вітчизняної війни [16, 17]. М. В. Колупаєв, пройшовши навчання на робітфаку три місяці (замість року), закінчив ХММІ (вступав на спеціальність «гаряча обробка металу», а закінчив групу технологів). В інституті він посилено вивчав зварювання, виробництво сталі, прокатку і штампування, а диплом захистив у 1936 році [16, арк. 15]. Незважаючи на непогані оцінки, стипендію, по можливості, намагалися не платити, пояснюючи це відсутністю фондів і малим робочим стажем студента

[16, арк.12]. А отримані знання Микола Васильович згодом блискуче застосовував на практиці, ставши одним з перших інженерів, чітко представляли переваги прокатки ще гарячої безперервної заготовки. Не випадково, М. В. Колупаєв в числі інших інженерів «Гіпросталі» був нагороджений Гран-прі Брюссельської промислової виставки 1958 року.



Макет УБРС, що демонструвався на Всесвітній промисловій виставці в Брюсселі в 1958 році



Диплом Гран-прі Брюссельської промислової виставки 1958 року

Чотирьохривчакова УБРС була споруджена в розливному прольоті сталеплавильного цеху навпроти мартенівських печей і розташовувалася по осі колон розливного і збирального прольотів таким чином, що кристалізатори знаходилися в розливному відділенні, а видача слябів здійснювалася в збиральний проліт цеху. Характерними особливостями проекту були: широке застосування гідравлічних приводів замість механічних; наявність однієї тягнучої клітини; розвинена зона вторинного охолодження (довжина близько 11 м); наявність довгої складової затравки і введення її в кристалізатор знизу; розміщення установки в спеціально побудованому методом гірської проходки круглому, діаметром 25 м колодязі із залізобетонних тубінгів, заглиблених на 24 м. Розливний майданчик був розташований на 3 м над рівнем підлоги цеху.

Залишається додати, що економія тільки на експлуатаційних витратах при безперервному литті, в порівнянні з литтям «в канаву», перевищила 9 млн. карбованців в цінах 1958 року.

З розвитком технології безперервного лиття змінювалася і термінологія. Якщо на початок промислового освоєння цього виду лиття (1955 р.) основне обладнання називалося УБРС (установка безперервного розливання сталі), то вже до середини 1970-х рр. ХХ століття в термінології було остаточно прийнято МБЛЗ (машина безперервного лиття заготовок) [18, с. 58; 19, с. 3]. Така назва більшою мірою відповідає функціональному призначенню агрегату. По-перше, на таких установках розливають не тільки сталь, а по-друге, розливають не взагалі, а саме в заготівлі. У ливарному виробництві найбільш часто їх називають МБЛ (машина безперервного лиття).

Нажаль, протягом довгих років дані з розрахунку обладнання, технологічні параметри безперервного лиття дуже мало публікувалися, бо були предметом ліцензій, що продавалися в різні країни світу. Можна відмітити, що відомий виробник металургійного обладнання фірма «Даніелі» починала свою роботу з закупівлі ліцензій у харківських металургів.

Поєднання безперервного розливання з прокаткою, запропоноване вперше у 1960 р. академіком А. І. Целіковим, забезпечило підвищення продуктивності УБРС, поліпшило якість і збільшило вихід придатного металу. Суміщений процес знайшов застосування в США, де у 1969-1970 рр. потужність введених в експлуатацію суміщених агрегатів безперервного розливання і прокатки досягла 4 млн. т/рік. Продуктивність праці при застосуванні суміщених агрегатів зростає у п'ять-шість разів.

У МБЛЗ вертикального типу створюються найбільш сприятливі умови формування якісних заготовок для широкого діапазону сплавів, профілів і розмірів виливків. У них забезпечується мінімальний вміст різних включень в результаті їх спливання; більш рівномірний розподіл включень, ніж на будь-якій іншій установці. Внаслідок цього, вертикальні машини найбільш універсальні по сортаменту сплавів, що розливаються і розмірами заготовок. Основним недоліком вертикальних МБЛЗ є їх значна висота і викликана цим підвищена металоємність.

При істотному збільшенні швидкості розливання і перетину виливки необхідно спорудження глибоких колодязів або високих будівель, що вимагає

значного збільшення капітальних витрат, створює певні складнощі в обслуговуванні обладнання.

Довгий час основним типом УБРС у всьому світі були вертикальні установки. Але, на початку 1960-х років з'явилися радіальні і криволінійні установки безперервного лиття. Розвиток безперервного лиття не був завершений у 1960-х роках ХХ сторіччя. Він продовжується і сьогодні.

Висновки. Розвиток безперервного лиття почався з ідей видатних металургів та завдяки промисловій революції у першій половині ХІХ сторіччя, але реальна робота по запровадженню цього виду гарячої обробки металів у промисловість почалась лише у ХХ сторіччі.

Перші установки безперервного лиття були призначені для кольорових сплавів – алюмінієвих, магнієвих, мідних, а, потім, олов'яних. Лише після наработки технології, отримання рекомендацій щодо конструктивних та технологічних параметрів вказаного процесу він був запроваджений для промислової розливки сталі, а, згодом, і чавунів.

Завдяки унікальним властивостям, великій продуктивності, якості отримуваних заготівель, отриманні вже нагрітих слябів або блюмів, придатних до обробки тиском, безперервне лиття отримало поширення в усьому світі, як основний технологічний процес розливання сталей та сплавів.

У травні 1955 р. увійшла до експлуатації промислова установка на заводі «Червоне Сормово», експлуатація якої дозволила отримати безцінний досвід проектування, підготовки персоналу та встановлення оптимальних режимів розливання і стану обладнання. За впровадження у виробництво першої машини безперервного лиття академік І. П. Бардін, а також співробітники заводу «Червоне Сормово» та Новотульського металургійного заводу були удостоєні Ленінської премії.

30 червня 1960 року була пущена найбільша в світі, на той час, установка безперервного розливання сталі вертикального типу Донецького металургійного заводу, на якій до 1970 р. було освоєно розливання сталей близько 30 марок в сляби різного перетину, а загальна кількість лиття зросла з 16,7 тис. у 1960 р. до 391,1 тис. т у 1970 р. На цій машині було виконано

великий комплекс робіт з відпрацювання режимів розливання і охолодження заготовок з різних марок сталей.

Українські металурги та ливарники внесли вагомий внесок в конструювання, наробітку технології, дослідження технологічних параметрів процесу та запровадження його у виробництво. Більшість тепло-фізичних параметрів установок безперервного лиття були розроблені та запроваджені у виробництво видатними харківськими вченими – Сергієм Михайловичем Андоньєвим та Миколою Васильовичем Колупаєвим.

Завдяки науково-дослідній роботі металургів, виробництво сталі у світі досягнуло в ХХІ сторіччі мільярда тон. Абсолютна більшість сталі було розлито на установках безперервного лиття.

Така величезна кількість металу дозволила виготовити значну кількість машин та механізмів, та забезпечити розвиток чималої кількості нових галузей промисловості, насамперед, комп'ютерних та ІТ - технологій. Без отримання низки легованих сталей та сплавів, швидкоріжучих сталей, гірничих машин та технологій рафінування металів, отримати елементну базу для виробництва комп'ютерів, стільникового зв'язку неможливо. Це стало найбільш показовим результатом науково – технічної революції.

Список використаних джерел і літератури

1. Германн Э. Непрерывное литье: Справочное изд. / Пер. с нем. под ред. д-ра техн. наук В. И. Добаткина [и др.]. – Москва: Металлургиздат, 1961. 814 с. .
2. Николаенко Е. Г. Получение тонкого листа непосредственно из жидкого чугуна. *Сельхозмашина*. № 4, 1951. С. 17-24.
3. Мясоедов А. Н. Непрерывное литье металлических слитков и труб. Ленинград: 1953. – 12 с.
4. Белов А. Ф. Производство легких металлов С. 770 – 795. *Металлургия СССР 1917- 1957*. т. 2. Москва: Металлургиздат, 1959. 814 с.
5. Шатагин О. А., Сладкошteeв В. Т., Вартазаров М. А. и др. Горизонтальное непрерывное литье цветных металлов и сплавов. - Москва: Металлургия , 1974. 176 с.
6. Совершенствование и широкое распространение способов непрерывного литья слитков и заготовок из алюминиевых сплавов. (История металлургии легких сплавов в СССР 1917 -1945. М., «Наука», 1983. 390 с.) С. 304 – 315.
7. Смирнов А. Н. Глазков А. Я., Пилющенко В. Л. и др. Теория и практика непрерывного литья заготовок. Донецк, ДонГТУ, ООО «Лебедь», 2000. 371 с.

8. 60 лет непрерывной разливки стали в России / Под ред. С. В. Колпакова и Е. Х. Шахпазова. М.: Интерконтакт Наука, 2007. 512 с.
9. Акименко А. Д., Коротков К. П., Майоров Н. П. и др. Освоение непрерывной разливки стали – Ленинград : Госиздательство судостроительной промышленности, 1960. 227 с.
10. Атолин Г. Бесслитковая прокатка. *Труд.* 19 июня 1941 года.
11. Непрерывная разливка стали. / Под ред. О. В. Мартынова. Москва : Metallurgia, 1970. 332 с.
12. Журило А. Г., Журило Д. Ю., Моисеев Ю. В. Теоретические и практические основы проектирования машин непрерывного литья. Монография. Х. : Підручник НТУ «ХПІ», 2013. 174 с.
13. Пешкин И. С. Покорение железа. М.: Metallurgia, 1964. 208 с.
14. Фогель Г. Н. Непрерывное производство изделий из жидкого металла. (Бесслитковая прокатка и непрерывное литье). М.-Л.: Госпланиздат, 1940. 90 с.
15. Сагура А. Н. Научно-производственное объединение специальных способов литья. *Литейное производство.* № 9, 1991. С. 2.
16. Материалы Второй научно-технической конференции по чугунному листу и получению отливок из магниевого чугуна в механизированных кокилях. Одесса. 17 — 22 сентября 1958 г. 302 с.
12. Восстановление предприятий чёрной металлургии. М.: ГНТИ ЧМ и ЦМ СССР, 1946. 160 с.
13. Олегу Васильевичу Носоченко 75 лет. *Металл и литье Украины,* № 12. 2011 г. С. 56-57.
14. Володин Г. Г. По следам истории. Очерки из истории Донецкого ордена Ленина металлургического завода им. В. И. Ленина. Донецк, Донбасс, 1967. 352 с.
15. Центральный Державний науково-технічний архів України (ЦДНТАУ). Фонд 1 – 22. Комплекс 4. Опис 1. Справа 1.
16. Архів НТУ «ХПІ». Справа № 3997. Колупаєв М. В. 12 арк.
17. Архів НТУ «ХПІ». Справа № 11575. Колупаєв М. В. 8 арк.
18. Биар Р. Олигархия железа. М. Соцгиз, 1960. 263 с.
19. Залетный С. Уроки промышленной мобилизации во время мировой войны 1914-1918 гг. *Машиностроитель.* № 9. 1939 г.

References

1. Germann E. (1961). Nopreryvnoe lit'e: Spravochnoe izd. / Per. s nem. pod red. d-ra tekhn. nauk V. I. Dobatkina [i dr.]. [Continuous casting: reference ed.] – Moskva: Metallurgizdat, 814 s. [in Russian].
2. Nikolaenko E. G.(1951). Poluchenie tonkogo lista neposredstvenno iz zhidkogo chuguna. [Getting a thin sheet directly from liquid cast iron] *Sel'hozmashina.* [Agricultural machinery] № 4, S. 17–24.
3. Myasoedov A. N. (1953). Nopreryvnoe lit'e metallicheskih slitkov i trub. [Continuous casting of metal ingots and pipes] L. 12 s. [in Russian].
4. (1959). Belov A. F. Proizvodstvo legkih metallov [Light metal production]

S. 770 – 795. / V knige Metallurgiya SSSR 1917- 1957. t. 2. M.: Metallurgizdat. 814 s. [in Russian].

5. Shatagin O. A., Sladkoshteev V. T., Vartazarov M. A. i dr. (1974). Gorizonta'noe nepreryvnoe lit'e cvetnyh metallov i splavov. [Horizontal continuous casting of non - ferrous metals and alloys]. M.: Metallurgiya, 176 s. [in Russian].

6. (1983). Sovershenstvovanie i shirokoe rasprostranenie sposobov nepreryvnogo lit'ya slitkov i zagotovok iz alyuminievyh splavov. [Improvement and wide distribution of methods for continuous casting of ingots and billets from aluminum alloys] (Istoriya metallurgii legkih splavov v SSSR 1917 -1945. M., «Nauka», 390 s.) S. 304 – 315. [in Russian].

7. Smirnov A. N., Glazkov A. Ya., Pilyushchenko V. L. i dr. (2000). Teoriya i praktika nepreryvnogo lit'ya zagotovok. [Theory and practice of continuous casting of workpieces.] Doneck, DonGTU, OOO «Lebed'», 371 s. [in Russian].

8. (2007). 60 let nepreryvnoj razlivki stali v Rossii [60 years of continuous steel casting in Russia] / Pod red. S. V. Kolpakova i E. H. Shakhpazova. M.: Interkontakt Nauka, 512 s. [in Russian].

9. Akimenko A. D., Korotkov K. P., Majorov N. P. i dr. (1960). Osvoenie nepreryvnoj razlivki stali [The development of continuous casting of steel] – L.: Gosizdatel'stvo sudostroitel'noj promyshlennosti, 227 s. [in Russian].

10. Atolin G. (1941). Besslitkovaya prokatka. [The demon ingot rolling]. *Trud.* [Labour] 19 iyunya 1941 goda. [in Russian].

11. (1970). Nepreryvnaya razlivka stali. [Continuous casting of steel] / Pod red. O. V. Martynova. M. Metallurgiya, 332 s. [in Russian].

12. Zhurilo A. G., Zhurilo D. Yu., Moiseev Yu. V. (2013). Teoreticheskie i prakticheskie osnovy proektirovaniya mashin nepreryvnogo lit'ya [Theoretical and practical basis for designing continuous casting machines.] Monografiya. H. : Pidruchnik NTU «HPI», 174 s. [in Russian].

13. Peshkin I. S. (1964). Pokorenie zheleza. [The conquest of iron.] M.: Metallurgiya, 208 s. [in Russian].

14. Fogel' G. N. (1940). Nepreryvnoe proizvodstvo izdelij iz zhidkogo metalla. [Continuous production of liquid metal products.] (Besslitkovaya prokatka i nepreryvnoe lit'e). M.-L.: Gosplanizdat 90 s. [in Russian].

15. Sagura A. N. (1991). Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie special'nyh sposobov lit'ya [Scientific and production Association of special casting methods.]. *Litejnoe proizvodstvo.* [Foundry production.] № 9, S. 2.

16. (1958). Materialy Vtoroj nauchno-tekhnicheskoj konferencii po chugunному listu i polucheniyu otlivok iz magnievogo chuguna v mekhanizirovannyh kokilyah. [Proceedings of the Second scientific and technical conference on cast iron sheet and production of castings from magnesium cast iron in mechanized coquilles.] Odessa. 302 s. [in Russian].

12. (1946). Vosstanovlenie predpriyatij chyornoj metallurgii. [Restoration of ferrous metallurgy enterprises.] M.: GNTI CHM i CM SSSR. 160 s. [in Russian].

13. Olegu Vasil'evichu Nosochenko 75 let [Oleg Nosochenko is 75 years old]. *Metall i lit'e Ukrainy*, № 12. 2011 g. S. 56-57. [in Russian].

14. Volodin G. G. (1967). Po sledam istorii. Ocherki iz istorii Doneckogo ordena Lenina metallurgicheskogo zavoda im. V. I. Lenina. [Following the footsteps of

history. Essays from the history of the Donetsk order of Lenin metallurgical plant named after V. I. Lenin] Doneck, Donbass, 352 s. [in Russian].

15. Central'nij Derzhavnij naukovо-tekhnichnij arhiv Ukraїni (CDNTAU). [Central State Scientific and technical archive of Ukraine] Fond 1 – 22. Kompleks 4. Opis 1. Sprava 1.

16. Arhiv NTU «HPI». [Archive of NTU «KHPI»] Sprava № 3997. Kolupaev M. V. 12 arc. [in Russian].

17. Arhiv NTU «HPI». [Archive of NTU «KHPI»] Sprava № 11575. Kolupaev M. V. 8 arc. [in Russian].

18. Biar R. (1960). Oligarhiya zheleza. M. Socgiz, 263 s. [in Russian].

19. Zaletnyj S. Uroki promyshlennoj mobilizacii vo vremya mirovoj vojny 1914-1918 gg. *Mashinostroitel'*. № 9. 1939 g. [in Russian].

Рецензент:

***Клапчук С. М., д.і.н., професор
Анненкова Н. Г., к.і.н., доцент***

Надійшла до редакції 23.05.2020 р.