

**Дорошенко В. С.**

*(ФТІМС НАН України, Київ)*

**ТЕХНОСФЕРНИЙ ПІДХІД ДО ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЯК  
ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ НООСФЕРИ З  
ПРИРОДОПОДІБНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ ТА МАТЕРІАЛАМИ**

E-mail: [doro55v@gmail.com](mailto:doro55v@gmail.com)

Сучасна парадигма ливарного виробництва наближається до стану методологічного застою, що потребує суттєвого перегляду методологічних засад металургійних процесів. В умовах поступового глобального переходу до шостого технологічного укладу класичний системний підхід, який розглядає виробництво як лінійну сукупність дискретних обробних операцій, вичерпує свій потенціал.

Інженерна наука сьогодні розвивається шляхом конструктивізму, який є для неї звичним. Однак такий розвиток супроводжується комплексом протиріч: між окремими операціями та виробничим ливарним циклом загалом; між галуззю та довкіллям; між ливарником та технологічним середовищем тощо. Поточний стан інженерії не дає підстав вважати, що ці протиріччя можуть бути вирішені в межах старої логіки «людина над природою». Конфлікт між детермінізмом математичних розрахунків та стохастичною природою реальних фізико-хімічних перетворень, зокрема у ливарній формі, стає нездоланною перешкодою для отримання бездефектних виливків критичного призначення.

Суттєвим гальмом стає надмірна складність системних моделей (системний підхід), що намагаються врахувати тисячі параметрів, але нехтують головним – синергією цілого. Таке спрощення реальності призводить до ефекту «симплергії» – втрати сутнісних властивостей складного об'єкта при його декомпозиції. Симплергія стає ціною за «зрозумілість» моделі, де за «деревами» окремих датчиків інженер перестає бачити «ліс» цілісного технологічного процесу. Як наслідок, кількісне накопичення великих даних (Big Data) не конвертується у якість управління. Альтернативою може стати техносферний (сферний) підхід,

теоретичний фундамент якого закладено у вченні нашого видатного співвітчизника акад. В. І. Вернадського про ноосферу [1].

У цій парадигмі ливарне виробництво трансформується з «гарячого цеху» з «нагромадженням» обладнання в наукоємну складову техносфери, що наслідує принципи організмічності. Це означає перехід від механістичної моделі до концепції «живої технології», де все виробництво функціонує як цілісний організм. Ливарний цех у такому розумінні постає як складна екосистема, що перебуває у постійному енергоінформаційному та матеріальному метаболізмі (взаємопов'язаних процесів споживання, перетворення та дисипації різних видів енергії) з глобальними циклами планети. Тяжіння до природоподібності реалізується через підхід до повного рециклінгу (сировини та відпрацьованого литва) та створення металевих виливків з оптимальним життєвим циклом. При цьому саморегуляція системи виступає не як зовнішній алгоритм, а як іманентна властивість техносферної одиниці підтримувати технологічний гомеостаз у відповідь на мінливість зовнішнього середовища.

За цими міркуваннями виникає питання: якою має стати нова інженерно-матеріалознавча наука, щоб відобразити всю повноту і глибину поточних змін і вирішити вказані протиріччя? Вона має стати відповідною до життя як такого, чи життєподібною. В. Вернадський наполягав на принциповій відмінності часу та простору, збереження унікальності кожного та іншому способу їх об'єднання в єдиний біологічний простір-час. Для ливарної технології це може означати перехід від лінійного часу технологічного процесу до «біологічного часу дозрівання» структури вилівка, де кожна секунда кристалізації є незворотною та якісно унікальною. Також це впливає з тези В. Вернадського про необхідність доповнення існуючої наукової основи «матерія-енергія», ще однією фундаментальною основою - життям.

Життя, за В. Вернадським, не має початку та не виникає шляхом самозародження з відсталої, мертвої матерії, воно вічне і незнищенне, як матерія-енергія, та його таємниця, як і таємниця матерії-енергії, лежить поза пізнавальних можливостей наукового методу. Нова наука та нове природознавство

спиратимуться на обидві підстави: матерії-енергії та життя. Ця жива наука зможе повністю переглянути весь корпус наукового знання та способів зв'язку з реальністю і вивести людство з тих глухих кутів, в які воно заходить. У контексті ливарництва така «жива наука» дозволяє бачити в металі, чи в інших ливарних матеріалах в процесі їх фазо-зміни, не пасивний об'єкт маніпуляцій, а активне середовище з притаманною йому внутрішньою інтенцією до впорядкування. Ця інтенція виявляється через самоорганізацію дисипативних структур у нерівноважних термодинамічних умовах, де кожна фазова трансформація є актом «вибору» системою найбільш стійкого стану, що виводить проектування технологій на рівень «співтворчості» з матеріалом, де інженерна думка не пригнічує природні властивості розплаву, а резонує з ними для досягнення ідеальної структури.

Ключовою методологічною новацією є сприйняття формування вилівка і процесу його виготовлення аналогічно акту самоорганізації живої матерії. У такому «технологічному організмі» розплав, ливарна форма (та разова модель у точних процесах лиття) утворюють єдину функціональну сферу – нерозривну оболонку, де енергія кристалізації не просто дисипує у довкілля, а стає основним чинником формування структури. При цьому тепломасоперенесення розглядається не як сукупність втрат, а як внутрішній потік енергії, що структурує простір вилівка згідно з логікою мінімізації ентропії. Це дозволяє відійти від примусового, енерговитратного керування окремими параметрами до створення предиктивних умов для перетворення рідкого металу у вилиту конструкцію. Сферність тут виступає антитезою лінійності: об'єктом управління стає не послідовність дій, а стан середовища, забезпечуючи цілісність системи.

Природоподібність технології деталізується через створення «розумних» матеріалів, яким притаманний не лише заданий хімічний склад, а й, наприклад, саморегулюючі властивості чи біонічна архітектура. Біонічний підхід у конструюванні литих деталей дозволяє імітувати структури живої природи, де еволюційно відібраний розподіл маси матеріалу відповідає векторам реальних напружень, що суттєво підвищує питому міцність виробу. Важливим аспектом є

використання ефекту структурної спадковості, де метал розглядається як носій «генетичного коду». Ряду сплавів за певних термодинамічних умов притаманна властивість пам'яті структури, що передається від шихти до готового виробу. Це дозволяє реалізувати механізми адаптивної відповіді матеріалу: вилівок може покращувати свої експлуатаційні властивості безпосередньо у відповідь на зростання навантажень, агресивність середовища тощо. Зокрема, це проявляється через ефекти деформаційного зміцнення (тріп-ефект) або ініціювання фазових переходів безпосередньо в робочій (локальній) зоні деталі під час експлуатації. Ливарна форма при цьому перетворюється з пасивного резервуара на адаптивне «гніздо» – інтелектуальну матрицю, що керує як живленням вилівка так і регулює охолоджувальне середовище, забезпечуючи бездефектну кристалізацію на макро- та мікрорівнях.

Також високотехнологічна складова виробництва базується на принципах ритмічності та просторової симетрії, яким В. Вернадський приділяв ключову увагу в аналізі живої речовини. Застосовуючи ці принципи, ми отримуємо можливість керувати фазовими переходами через резонансні циклічні впливи, - зокрема ультразвукові коливання, вібрація чи електромагнітні поля, що імітують природні ритми структурування матерії. Ці енергетичні впливи виступають у ролі зовнішніх «ритмоводіїв», які синхронізують процеси зародкоутворення та росту кристалів (їх здріблення), забезпечуючи високий ступінь структурної гомогенності вилівка. Це відкриває шлях до створення матеріалів з унікальними характеристиками, що за показниками питомої міцності та витривалості перевершують сучасні аналоги. Розширюється застосування метаматеріалів в ливарному виробництві, в тому числі завдяки удосконаленню 3D-друку, зокрема полімерних моделей та піщаних форм, що дозволяє реалізувати топологічно оптимізовані (в тому числі біонічні) конструкції, недоступні для традиційних методів формування. Ливарник стає дизайнером «вирощування» конструкції у цифровому полі, де кожна структурна одиниця займає своє місце згідно з логікою цілого, а 3D-друк виступає як технологічний аналог біологічного морфогенезу, де цифрова модель є інформаційним кодом, що розгортається у фізичному просторі техносфери.

Ознаки природоподібних технологій, що описані в дослідженнях ФТІМС НАН України, представлено в таких публікаціях [2-15]. Ці роботи поповнюють вітчизняний базис для реалізації ноосферної парадигми, підтверджуючи пріоритет (починаючи з В. Вернадського) української школи у розробці інтелектуальних ливарних процесів. Саме такий шлях розвитку – через життєподібність технологій та техносферну відповідність – є ключем до глобальної конкурентоспроможності вітчизняного виробництва в епоху переходу до шостого технологічного укладу.

На завершення варто підкреслити, що техносферний підхід поступово інтегрує ливарне виробництво у структуру ноосфери як гармонійну та безпечну її інтелектуальну складову. Це не просто цифровізація чи впровадження штучного інтелекту – це перетворення технології на інструмент розумної еволюції глобальної промисловості. Литі конструкції майбутнього – це «розумні продукти», що несуть у собі потенціал безпечного функціонування у складних техногенних системах космічного масштабу. У такому контексті ливарна галузь, позбуваючись ресурсовитратних реліктових рис індустріальної епохи, стає «генератором» високоорганізованої матерії. Саме такий шлях розвитку є стратегічно пріоритетним, в тому числі для української науково-технологічної школи, яка має потенціал не лише до рефлексії світових досягнень, а й до формування власного, ноосферного вектору розвитку інженерії майбутнього.

#### Література:

1. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988. – 520 с.
2. Дорошенко В. С. Відтворення структур природи як спосіб отримання ресурсозберігаючих металоконструкцій // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії, 2014. – № 1 (32). – С. 43-49.
3. Дорошенко В. С. Проектування легковагих литих каркасно-комірчастих металоконструкцій за допомогою моделювання структур природи. – Saarbruücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. – 54 с. ISBN: 978-3659-79495-7.
4. Doroshenko V., Mul O., Kravchenko O. Mathematical Relations for Harmonization with Technical and Decorative Casting Nature // Boundary Field Problems and Computer Simulation. – 2016. - Vol. 55. Riga: RTU Press. – P. 44-49.

5. Дорошенко В. С. Структура досліджень з розробки технології лиття за крижаними моделями з використанням низки особливостей та природних явищ // Процеси лиття. – 2017. – № 1. – С. 39-46.

6. Дорошенко В. С. Сучасні литі металоконструкції на основі природних аналогів // Світогляд. – 2017. – № 5. – С. 57-63.

7. Дорошенко В. С. Про гармонізацію конструкцій металовиробів із природою з метою заощадження металу // Світогляд. – 2017. – № 6. – С. 61-67.

8. Дорошенко В. С. Градієнтний механізм зміцнення піщаної суміші піщаних форм у природоподібних технологіях ливарного виробництва // Лиття України. – 2017. – № 12. – С. 5-10.

9. Дорошенко В. С. Ливарне виробництво як середовище для природоподібних технологій // Лиття та металургія. – 2018. – № 2. – С. 23-28.

10. Дорошенко В. С. Прообрази природоподібних технологій ливарного виробництва // Метал та лиття України. – 2018. – № 5-6. – С. 27 – 32.

11. Дорошенко В. С. Давайте лити метал, наслідуючи еволюційні алгоритми природи // Промисловість у фокусі. – 2018. – № 9. – С. 46-50.

12. Дорошенко В. С., Шалевська І. А. Ливарно-термообробні процеси виробництва виливків, близьких за конструкцією до природного походження // Литво. Металургія. 2021 / Під ред. Пономаренко О.І. – Запоріжжя, 2021. – С. 58-63.

13. Шинський О. Й., Калюжний П. Б., Дорошенко В. С. Біонічний підхід до виготовлення литих легковагих металоконструкцій для будівництва споруд модульного типу // Процеси лиття. – 2022. – № 4. – С. 53-64.

<https://doi.org/10.15407/plit2022.04.063>

14. Дорошенко В. С. Цифрове моделювання метаматеріалів для 3D-друку ливарних моделей в контексті переходу до виробництва на вимогу // Теорія і практика металургії. – 2025. – № 2. – С. 43-50. <https://doi.org/10.15802/tpm.2.2025.06>.

15. Дорошенко В. С., Калюжний П. Б., Погребач Є. В. Огляд методів застосування штучного інтелекту в проектуванні ливарних технологій і метаматеріалів // Процеси лиття. – 2025. – № 4. – С. 74-87. <https://doi.org/10.15407/plit2025.04.074>