

матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти і молодих учених; Держ. біотехн. ун-т. – Харків, 2025. – С. 433-434.

7. Ponomarenko O., Yevtushenko N., Saithareiev L., Yevtushenko S., Dzhanikian A. (2025). Modern Methods for Synchronizing the Operation of Subsystems of the Foundry Workshop. In: Ivanov, V., Silva, F.J.G., Trojanowska, J., Pinto, A.M.G. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing VIII. DSMIE 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95211-1_8.

8. Євтушенко Н. С. Використання 3D-технологій для вдосконалення процесу лиття / Євтушенко Н. С., Пономаренко О. І., Масалітіна О. В. // Неметалеві вкращення і газу у ливарних сплавах: зб. тез 17-ї Міжнар. наук.-техн. конф; Нац. ун-т «Запорізька політехніка». – Запоріжжя, 2025. – С. 122-124.

Євтушенко Н. С., Джанік'ян А. А.
(Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків)
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ВЗАЄМОДІЄЮ
ПІДСИСТЕМ ЛИВАРНОГО КОМПЛЕКСУ
E-mail: natalya0899@ukr.net

Ливарне виробництво є основою багатьох галузей промисловості, зокрема машинобудування, авіаційної та автомобільної техніки, енергетики та важкого обладнання. Складність процесів, що відбуваються під час виготовлення виливків, зумовлює необхідність їх точного контролю та оптимізації. В умовах сучасних технологічних викликів усе більше уваги приділяється цифровим методам організації виробництва [1]. Комп'ютерне моделювання та автоматизоване керування взаємодією підсистем ливарного комплексу відкривають нові можливості для підвищення продуктивності та забезпечення стабільної якості продукції. Ці інструменти дозволяють створювати віртуальні копії технологічних процесів, досліджувати їх характеристики, оцінювати потенційні ризики і здійснювати корекцію параметрів ще до запуску у виробництво.

Інженерне моделювання забезпечує імітацію фізико-хімічних процесів, що відбуваються у формах, стрижнях і виливках. На відміну від традиційного методу «спроб і помилок», сучасні програмні комплекси скорочують кількість експериментальних плавок, тим самим зменшуючи витрати та кількість браку. При проєктуванні нової деталі можливо відтворити у віртуальному середовищі процес заливки форми металом, оцінити характер заповнення, швидкість руху розплаву, розподіл температурних полів і прогнозувати появу дефектів ще до початку виготовлення [2]. Завдяки такому підходу підприємство уникає непередбачених витрат і суттєво скорочує час розробки технологічної карти. Особливе значення має моделювання процесів теплопередачі та кристалізації, оскільки вони визначають мікроструктуру виливка, його міцність і довговічність. Оптимізація режимів охолодження дозволяє підвищити механічні властивості металу без додаткових витрат на легування чи термообробку.

Ливарний комплекс функціонує як єдиний організм, у якому взаємодіють підсистеми підготовки формувальних матеріалів, модельно-стрижневого виробництва, плавильних агрегатів, заливки форм, охолодження та вибивання, очищення й контролю якості [3]. Якщо порушується баланс між ними, виникають проблеми: від браку продукції до зупинки виробничої лінії. На етапі підготовки формувальних матеріалів комп'ютерні системи допомагають визначити оптимальний склад сумішей, враховуючи вологість, зерновий склад піску, кількість в'язучих компонентів.

У плавильному відділенні автоматизовані системи регулюють температуру, швидкість подачі шихти та контроль складу сплаву, що дозволяє підтримувати стабільність властивостей розплаву. Під час заливки форм комп'ютерне керування забезпечує дотримання швидкості та температури заливки, запобігаючи утворенню тріщин і пустот. На етапі охолодження застосовуються розрахункові моделі для прогнозу структурних змін і усадочних дефектів, а контроль якості реалізується за допомогою систем неруйнівного контролю, інтегрованих в єдину базу даних. Таким чином, взаємодія підсистем має бути синхронною, а управління здійснюватися у єдиному інформаційному середовищі.

Одним з найбільш перспективних напрямів розвитку ливарного виробництва є впровадження концепції цифрового двійника. Це віртуальна копія виробничої системи, яка відображає її реальний стан і функціонує у режимі реального часу [4]. Для ливарного комплексу цифровий двійник дозволяє відстежувати параметри плавки та заливки у режимі онлайн, прогнозувати виникнення дефектів на основі поточних даних, моделювати варіанти змін технології без ризику для виробництва, а також здійснювати навчання персоналу у віртуальному середовищі. Досвід провідних світових компаній показує, що використання цифрових двійників дозволяє суттєво зменшити кількість бракованої продукції та підвищити стабільність технологічних процесів.

Ще одним важливим напрямом є застосування штучного інтелекту. Алгоритми машинного навчання здатні аналізувати великі масиви виробничих даних з датчиків обладнання і робити прогнози щодо поведінки системи. Штучний інтелект може виявляти приховані закономірності між параметрами плавки та якістю виливка, прогнозувати час виходу обладнання з ладу, рекомендувати оптимальні режими роботи та навіть адаптивно змінювати налаштування процесу без втручання людини [5]. Поєднання комп'ютерного моделювання з інтелектуальними системами перетворює ливарне виробництво на гнучку і самонавчальну систему, що здатна швидко реагувати на зміни умов і вимог.

Впровадження цифрових технологій забезпечує низку відчутних переваг для промисловості. Якість продукції зростає завдяки точному прогнозуванню дефектів і можливості їх уникнення ще на етапі проектування. Економічність досягається через зниження витрат на матеріали, енергію та експериментальні випробування [6]. Швидкість розробки нових технологій і виробів скорочується у декілька разів, що особливо важливо в умовах конкуренції. Гнучкість виробництва дозволяє оперативно переходити від виготовлення одного типу деталей до іншого, а конкурентоспроможність підприємства зростає завдяки впровадженню інновацій і зменшенню собівартості продукції.

Таким чином, комп'ютерне моделювання та керування взаємодією підсистем ливарного комплексу є основою сучасного виробництва, що відповідає викликам

Індустрії 4.0. Їх застосування дозволяє створювати ефективні, стійкі та високотехнологічні виробничі системи, які забезпечують високу якість продукції, стабільність технологічних режимів та економічну ефективність [7].

Подальший розвиток у цій сфері пов'язаний із більш активним використанням цифрових двійників, штучного інтелекту, хмарних обчислень і інтеграції виробничих даних у глобальні інформаційні мережі. Такі рішення відкривають шлях до створення «розумних фабрик», де всі підсистеми працюють як єдине ціле, забезпечуючи максимальну продуктивність і мінімальні втрати. У перспективі саме комплексне поєднання моделювання, автоматизованого керування та інтелектуальних технологій стане запорукою сталого розвитку ливарної промисловості та її інтеграції у світові тенденції цифрової економіки.

Література

1. Yevtushenko N. S. Mathematical modeling of variations in parameters of casting processes / Yevtushenko N. S., Dzhaniyan A. A., Vasilets V. O. // Інформаційні технології в сучасному світі: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти і молодих учених; Держ. біотехн. ун-т. – Харків, 2025. – С. 445-446.
2. Євтушенко Н. С. Підвищення ефективності ливарного цеху через інтегроване моделювання / Н. С. Євтушенко, А. А. Джанік'ян // Литво. Металургія. 2025: матеріали 21-ї Міжнар. наук.-практ. конф / НТУ «ХПІ». – Харків, Київ, 2025. – С. 106-109.
3. Євтушенко Н. С. Моделювання та синхронізація підсистем ливарного виробництва / Н. С. Євтушенко, А. А. Джанік'ян // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. 33-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2025. – Харків: НТУ «ХПІ», 2025. – С. 380.
4. Ponomarenko O., Yevtushenko N., Akimov O., Vasilets V., Lopes H. (2025). Study of the Laws of Random Fluctuations in the Parameters of Foundry Processes and the Quality of Castings. Innovations in Mechanical Engineering IV. icieng 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93554-1_36.

5. Yevtushenko N. S. Simulation model of production management in foundry production / Yevtushenko N. S. // Інформаційні технології в сучасному світі: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. здобув. вищої освіти і молодих учених; Держ. біотехн. ун-т. – Харків, 2025. – С. 433-434.

6. Ponomarenko O., Yevtushenko N., Saithareiev L., Yevtushenko S., Dzhanikian A. (2025). Modern Methods for Synchronizing the Operation of Subsystems of the Foundry Workshop. In: Ivanov, V., Silva, F.J.G., Trojanowska, J., Pinto, A.M.G. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing VIII. DSMIE 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95211-1_8.

7. Євтушенко Н. С. Використання 3D-технологій для вдосконалення процесу лиття / Євтушенко Н. С., Пономаренко О. І., Масалітіна О. В. // Неметалеві вкращення і гази у ливарних сплавах: зб. тез 17-ї Міжнар. наук.-техн. конф.; Нац. ун-т «Запорізька політехніка». – Запоріжжя, 2025. – С. 122-124.

Євтушенко Н. С., Семенов Є. О.
(Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків)
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ
У МЕТАЛУРГІЇ
E-mail: natalya0899@ukr.net

Металургійна галузь є однією з найважливіших складових індустріального розвитку суспільства, адже вона забезпечує різні сфери економіки матеріалами та конструкційними елементами. Разом із тим металургійне виробництво належить до найбільш екологічно небезпечних видів промислової діяльності. Будь-яке інженерно-технологічне рішення, яке застосовується у виробництві сталі, чавуну чи кольорових металів, прямо або опосередковано впливає на стан довкілля. Тому аналіз екологічних наслідків у цій сфері має важливе значення для зниження рівня техногенного навантаження та забезпечення сталого розвитку[1-3].