

## ІНТЕГРОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БАГАТОЕТАПНИМ МЕТАЛУРГІЙНИМ ВИРОБНИЦТВОМ НА ПРИКЛАДІ ПРОКАТКИ ТРУБ

*Анотація:* В статті наголошено необхідність застосування до багатоетапних металургійних виробництв принципу інтеграції виробничих та економічних систем. Показано актуальність застосування даного принципу на підприємстві. Оцінено можливі економічний та соціальний ефекти від впровадження.

*Ключові слова:* інтеграція, керування, прийняття рішень, планування, оптимізація, металургія, прокат

**Вступ.** Більшість металургійних виробництв мають кілька операцій, розділених у часі, за місцем виконання, а також технологічно. Досвід роботи вітчизняних та закордонних підприємств показує, що навіть оптимальне налаштування систем керування кожною технологічною операцією або ланкою не забезпечує оптимальність загального виробничого процесу. Пояснюється це, насамперед, несумісністю оптимальних рішень для окремих систем та відсутністю глобального регулятора, який би керував роботою всього підприємства з точки зору кінцевої мети його існування.

Якщо відійти від рівня виробництва й піднятися на рівень його організації, стають очевидними основні фактори, котрі потребують покращення: показники використання робочого часу, завантаження обладнання та швидкості обігу вкладених у виробництво коштів. Всі перелічені фактори є економічними, у той час як при оптимізації роботи виробничих систем інженери та технологи зазвичай орієнтуються на технічні показники роботи, а саме час виконання операцій, витрати матеріалу, кількість витраченої енергії тощо.

Досить важливим чинником, який не формалізується у дослідженні автоматичних систем керування окремими ділянками технологічного процесу, є “людський фактор”, котрий набуває особливої ваги у металургії, де часто-густо досвід працівника має набагато бі-

льше значення, ніж точність та складність будь-якої керуючої апаратури.

З огляду на все перелічене, актуальною бачиться проблема інтеграції технічних систем управління, що використовуються на металургійному виробництві із загальною економічною системою роботи підприємства. Очевидно, така інтеграція має носити інформаційний характер і враховувати “людський фактор” як один із визначальних у досягненні кінцевої мети діяльності підприємства.

**Постановка проблеми.** Технологічний процес виробництва готової продукції на сучасних українських підприємствах за своєю природою є багатоетапним. Незалежно від вигляду кінцевої продукції – лист, труба, сортовий прокат, колесо чи дріт, метал проходить декілька розділених у часі операцій, виконуваних на окремих ділянках. Зокрема, аби стати безшовною трубою, сталь проходить послідовно кілька стадій: зливки – заготовка – незавершене виробництво – готова труба [1].

Відповідно на кожній стадії метал обробляється на певному технологічному відрізку (переділі). Більшість закінчених технологічних операцій є замкненими системами автоматичного регулювання, у яких завданням є добовий або змінний план, а матеріал (зливки, заготовки, штанги чи незавершені труби) надходять у вигляді зовнішньої змінної. Послідовна робота цих систем представлена рисунком 1.

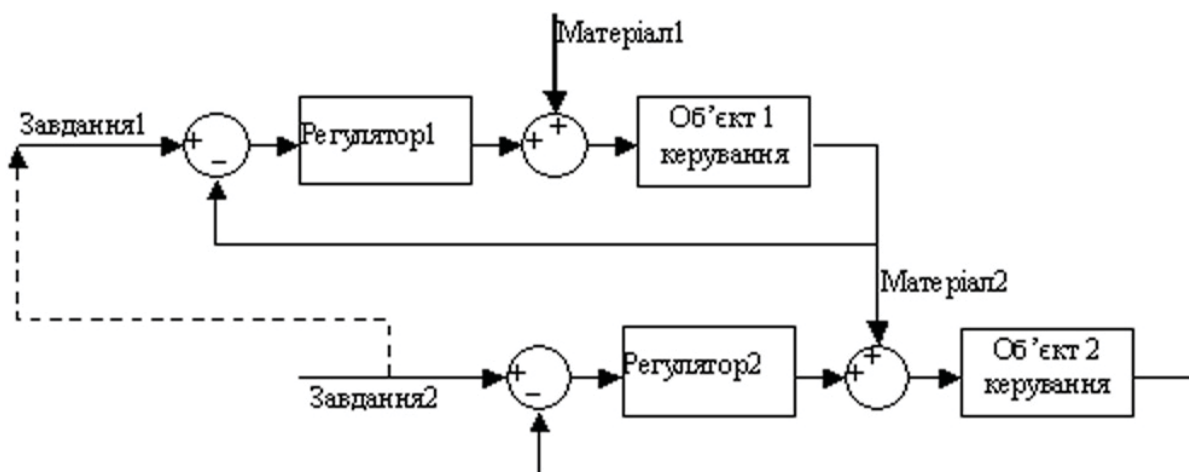


Рисунок 1 – Робота виробничих систем без інтеграції

Як видно з рисунку, кожна система зайнята виконанням власного завдання, яке у значній мірі залежить від результатів діяльності попередніх систем. Лише непрямим чином системи кінцевих операцій впливають на роботу систем попередніх операцій (пунктирна стрілка на рис. 1), визначаючи замовлення на певний вид чи якість

матеріалу. Водночас, замовлення готової продукції – завдання для всього підприємства, виконанням якого, частіше за все, займається лише останній цех чи ділянка.

Спроби інтегрувати кілька технологічних операцій і навіть процесів у металургійному виробництві здійснювались неодноразово [2-6] на теренах як України, так і Росії. Основним недоліком підходу більшості виконавців є обмеження кола розв'язуваних задач рівнем керування технологічним процесом. Проблеми планування і керування виробництвом, а також автоматизація взаємодії різних рівнів системи з включенням до них “людського фактора” практично не досліджені і не одержали відповідної промислової реалізації.

Деякі автори, зокрема [2], підкреслюють необхідність паралельного виконання завдання всіма ланками багатоетапного виробничого процесу і актуальність створення таких систем, які не лише оптимальним чином виконували б наявні поточні замовлення, а й прогнозували замовлення майбутніх періодів. Останнє дозволяє увести в алгоритми планування діяльності та контролю якості виробничого процесу процедури прогностичного управління, чим значно покращити показники якості виробничого процесу, а саме термін виконання замовлення та кількість незавершеного виробництва.

На деяких виробництвах інтегровані системи автоматизованого керування діють уже понад 10 років, наприклад, на Віксунському трубопрокатному заводі (Росія) [3]. У функції тамтешньої інтегрованої системи входить автоматизація технологічного процесу, інформаційне простежування штрипсу і труби, моніторинг, диспетчеризація та аналіз виробництва, а також оперативне планування виробництва.

У [4] виконано достатньо докладний аналіз існуючих інформаційних систем, що застосовуються на металургійних підприємствах України, наголошено на необхідності реалізації в складі загальної інформаційної системи керування металургійним підприємством елементів реєстрації, систематизації та аналізу даних. Водночас, автори визнають, що всю діяльність щодо прийняття управлінських рішень має виконувати відповідальний фахівець: менеджер, технолог, майстер, тощо. При цьому наголошено на важливості саме інформаційного зв'язку між окремими системами та комплексами.

В Росії на більшості великих підприємств інтеграція інформаційних систем, створених 10-20 років тому, виконується на рівні під-

приємства з використанням стандартних корпоративних інформаційних систем [5], що накладає певні обмеження. Адже будь-який універсальний механізм не дозволяє використовувати знання та аспекти виробничого процесу саме того підприємства, де подібна система застосовується.

Встановлено, що можливості технічного сполучення окремих функціональних підсистем до єдиної моделі керуючого комплексу забезпечуються наступними взаємно-інтегрованими системами: планування виробничих ресурсів підприємства або цеху, керування виробництвом, відкритою системою керування технологічними процесами та регулювання технологічними параметрами [6].

Автором раніше була запропонована інтелектуальна система підтримки прийняття рішень [7], яка охоплює кілька технологічних операцій на відрізку від зливка до штанги певної мірної довжини, готової для виготовлення сортового прокату.

**Мета дослідження:** запропонувати структуру та функції інтегрованої системи управління металургійним виробництвом з кількома послідовними технологічними операціями.

В ході аналізу виробничої діяльності низки підприємств Дніпропетровська, що працюють за системою повного циклу, було встановлено, що відпрацювання замовлення при існуючих послідовних алгоритмах займає досить суттєвий період часу, пов'язане з великою кількістю переналаштувань обладнання та створенням іноді досить значних запасів незавершеного виробництва.

При цьому більшість систем, що регулюють роботу окремих цехів чи ділянок, працюють за схемою, наведеною на рисунку 1, тобто не узгоджують роботу регуляторів та завдання між собою.

Як наслідок – при виконанні кожною окремою ділянкою чи навіть цехом плану (змінного, добового, місячного), тим не менше, загальноекономічні показники діяльності підприємства залишаються на достатньо низькому рівні. Особливо це стосується наступних показників:

- об'єм незавершеного виробництва;
- час виконання замовлення;
- витратний коефіцієнт металу.

Очевидно, що маючи фізичну, а точніше, технологічну природу, всі ці показники носять економічний характер. Адже незавершене

виробництво – це втілені у метали кошти підприємства, які мали б працювати на прибуток, високий час виконання замовлення часто призводить до відмови від термінових замовлень, навіть, якщо вони економічно вигідні, а збільшений показник витратного коефіцієнту підвищує собівартість продукції.

Не в останню чергу погіршенню техніко-економічних показників виробництва сприяє і робота “по замовленню”, коли підприємства реалізують виробничу програму чи план у відповідності до тих замовлень, що вже надійшли. Як показало моделювання роботи маркетингових відділів двох потужних металургійних підприємств Дніпропетровська, замовлення хоча і мають випадковий характер, втім, можуть бути описані статистично. Більш того, по найбільш затребуваних видах продукції можуть бути побудовані прогностичні моделі з лінійним трендом та періодичною складовою, які упродовж кількох років працюють з високим ступенем довіри.

Отже, актуальною задачею, розв’язувати яку має саме інтегрована система автоматизованого керування виробництвом, є побудова та застосування, де це можливо, прогнозуючих моделей. Останні мають застосовуватися для оперативного планування виробничого процесу, особливо, на початкових стадіях (переділах). Зокрема, до таких можна віднести плавку, розігрівання, обробку зливків та розкроювання заготовок.

Суттєвий вплив на техніко-економічні показники має також ширина номенклатури продукції сучасних металургійних виробництв, яка сягає кількох сотень найменувань. Кожен вид готової продукції, наприклад, трубного виробництва, характеризується певним стандартом [1]. Якщо врахувати різноманіття вихідного матеріалу (марку сталі) та різні стандарти щодо механічних властивостей готової продукції, реальний сортамент підприємства може сягати десятків тисяч найменувань.

Головною проблемою, що призводить до невиробничих втрат часу в цьому випадку є необхідність переналаштувань виробничого обладнання кількох переділів технологічних ланок з одного виду продукції на інший, безпосередньо під час виконання замовлень. За даними дослідження, втрати виробничого часу на переналаштування на деяких виробництвах Дніпропетровщини сягають до 18-23% в залежності від технологічної операції. При цьому, що далі ми набли-

жаємося до отримання готової продукції, тим ці втрати збільшуються. Частково вони є об'єктивними, адже при широкому сортаменті продукції виконати всі операції однаковим обладнанням неможливо. Однак, часто-густо мають місце зворотні налаштування, коли протягом зміни станок чи ділянка двічі або й тричі перемикаються з виконання однієї продукції на іншу, а потім повертаються до виготовлення першої.

Невиробничі втрати часу дозволяє скоротити застосування в інтегрованій системі керування виробництвом методів групування замовлень, однакових за певними параметрами (марка сталі, діаметр труби, стандарт тощо...). Особливо помітним ефект від такого поєднання стає помітним при одночасному застосуванні методу групування з моделями прогнозування майбутніх замовлень. Однак, слід бути обережним, адже надмірне включення у роботу початкових виробничих ділянок завдань “на потім” згідно прогнозів моделей, може призвести до збільшення незатребуваного незавершеного виробництва, якщо очікувані замовлення з якихось причин не надійдуть.

Нарешті, остання, але не за важливістю, функція інтегрованої інформаційної системи автоматизованого керування металургійним виробництвом полягає у всебічному контролі перебігу технологічного процесу. Зокрема, має контролюватися наявність і якість матеріалів, стану обладнання, характеристики сталі, заготовки та готової продукції, її кількість на кожному виробничому відрізку. Ведення динамічної бази даних у складі інтегрованої системи дозволить безпроблемно включати до плану діяльності нові замовлення, що надходять, починаючи вже з наступного етапу планування (зміна чи доба). Саме через одночасний контроль стану всіх переділів та одночасне формування завдань для всіх виробничих систем може бути отримане суттєве покращення техніко-економічних показників усього виробництва.

Враховуючи все викладене, пропонується наступна структура поєднання інтегрованої системи планування, контролю та керування з виробничими системами, що ілюструється рисунком 2.

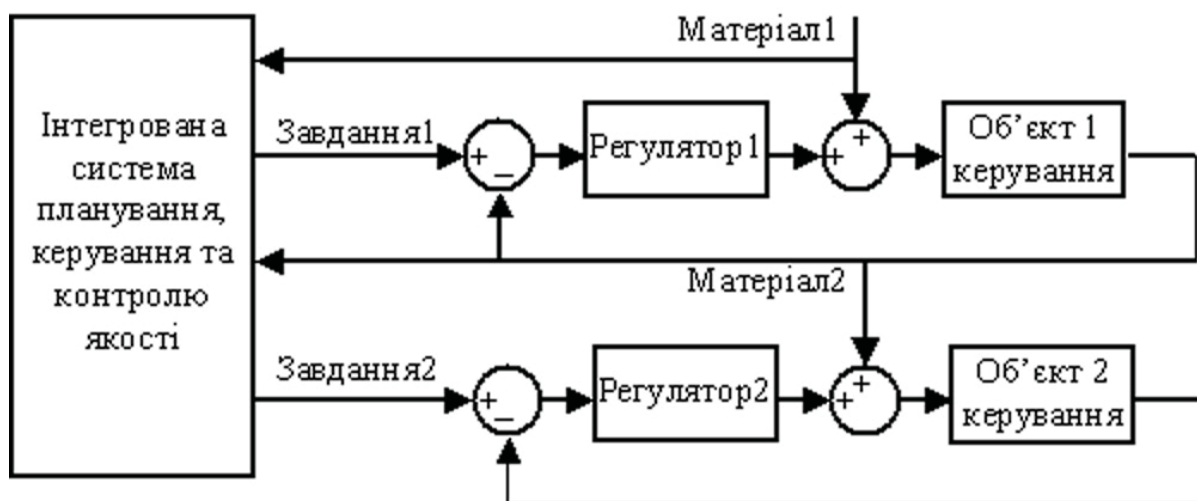


Рисунок 2 – Взаємодія окремих виробничих систем з інтегрованою. Саме паралельність, а не послідовність виконання замовлень, дозволить значно скоротити середній час виконання одного замовлення, узгодити окремі ділянки за пропускнуою здатністю, зменшити кількість переналаштувань, скоротити кількість незавершеного виробництва, а отже в підсумку – скоротити собівартість продукції.

#### Висновки та перспективи досліджень

Для підвищення техніко-економічних параметрів у багатоетапному металургійному виробництві необхідне комплексне вирішення проблеми керування організаційно-технологічними процесами плавки, нагріву, прокатки та контролю за якістю продукції.

Підвищення ефективності виробництва може бути досягнуте за рахунок контролю технологічних параметрів, а також залишків матеріалів на кожному переділі та стану обладнання усіх послідовних операцій однією інтегрованою системою підтримки прийняття рішень.

Інтегрована система керування повинна працювати за узагальненим критерієм оптимальності, видаючи одночасно завдання на кожен виробничу ланку з урахуванням узгодження їх процесів.

Для оптимізації керування процесами плавки, нагріву, прокатки і термічної обробки прокатної продукції з урахуванням глобального критерію потрібні сталі та надійні інформаційні зв'язки між окремими виробничими системами, що мають носити як горизонтальний, так і вертикальний характер.

Перспективою розробки системи є побудова моделі взаємодії економічної макросистеми металургійного підприємства з технічними системами цехів та ділянок.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Технологічна інструкція “Виробництво сталевих безшовних труб на трубопрокатній установці «ТПА-200» у трубному цеху №3”. – Д.: ВАТ “НТЗ”. – 2002. – 148 с.
2. Чертов А.Д. Паралельний інжиніринг при безперервному вдосконаленні бізнес-процесів і базових систем управління в металургії / А.Д. Чертов // Металург. – 2003. - №7. – с. 47-61.
3. Интегрированная автоматизированная система оперативного управления производством труб большого диаметра / Б.С. Иванов, М.Е. Гетманова, Г.А. Филиппов [и др.] // Сталь. – 2003. - №6. – с. 111-114.
4. Довбня А.А. Основные принципы построения на предприятии информационной системы данных о качестве продукции / А.А. Довбня, А.Е.Киселев // Производство проката. – 1990. - №9. – с. 21 – 27.
5. Гребнев С.А. Интегрированные системы управления непрерывным производством: оптимальный синтез [Электронный ресурс] // Режим доступа <http://www.connect.ru/article.asp?id=8770>
6. Грабовський Г.Г. Інтегровані автоматизовані системи керування товстолистовими прокатними станами (розвиток теорії, моделі, алгоритми): автореферат дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.13.07 “Автоматизація процесів керування”/ Г.Г. Грабовський. — Д., 2003. — 35 с.
7. Желдак Т.А. Система підтримки прийняття рішень планування виробництва та контролю перебігу технологічного процесу / Т.А. Желдак, Д.М. Гаранжа // 17-та Міжнародна конференція з автоматичного управління “Автоматика-2010”. Тези доповідей. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – с. 212-214.