

УДК 681.518

М.Г. ІЄВЛЄВ*, С.Є. МОЙСЕЄНКО*

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСУ ТП ТОВСТОЛИСТОВИХ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

Анотація. Інформаційні функції АСУ ТП товстолистових прокатних станів (ТЛС) забезпечують процес вироблення управлінь відповідною інформацією, а також включають слідкування за металом, його супровід вихідними та поточними даними про параметри процесу та прокату, діагностику та індикацію стану засобів АСУ ТП та обладнання ТЛС, прогнозування перевантажень обладнання та захист від поломок, реєстрацію технологічних параметрів процесу, видачу оперативних звітних даних. Автоматизовані системи захисту устаткування прокатних клітей від перевантажень і інформаційної підтримки процесу прокатки (АСЗІ) є критично важливими для забезпечення надійної роботи прокатних станів, запобігання поломкам валків, натискних пристроїв та електроприводів. Системи інформаційного супроводу (СІС) на прокатних станах — це автоматизовані комплекси, що відстежують метал від нагрівальної печі до складу готової продукції. АСУ ТП прокатного виробництва використовують інформацію про характеристики та параметри оброблюваних заготовок. Відсутність або затримка інформації суттєво знижують показники ефективності функціонування АСУ ТП, а спотворення інформації внаслідок алгоритмічних і програмних помилок може призвести до серйозних аварій через помилкові дії керуючих систем та невідповідність характеристик металу параметрам технологічного процесу. Основне завдання СІС — забезпечення систем АСУ ТП та операторів постів управління інформацією й завданнями на переділ металу синхронно з просуванням заготовок по технологічній лінії стану. У статті розглянуто принципи побудови та методи реалізації інформаційних функцій АСУ ТП ТЛС, які були використані Науково-виробничою корпорацією «Київський інститут автоматики» при розробці інформаційного забезпечення ряду впроваджених в експлуатацію АСУ ТП ТЛС, у тому числі на товстолистових станах 2250, 3600 і 5000, листовому стані 1500.

Ключові слова: інформаційні функції, захист, устаткування прокатних клітей, інформаційний супровід металу.

Abstract. The information functions of the automated process control system (APCS) for heavy plate mills (HPM) ensure the process of generating control actions with the appropriate information and also include steel tracking, its monitoring with initial and current data on process and rolling parameters, diagnostics and status indication of APCS components and HPM equipment, prediction of equipment overloads and protection against failures, recording of technological process parameters, and generation of operational reporting data. Automated systems for protecting rolling mill stands from overloads and information support for the rolling process (ASPI) are critically important for ensuring reliable operation of rolling mills and preventing breakdowns of rolls, pressure devices, and electric drives. Information tracking systems (ITS) in rolling mills are automated complexes that track steel from the heating furnace to the finished product warehouse. APCS of rolling production use information about the characteristics and parameters of the processed workpieces. The absence or delay of information significantly reduces the efficiency of APCS operation, while information distortion caused by algorithmic and software errors may lead to serious incidents due to incorrect control actions and mismatch between steel properties and technological process parameters. The main task of ITS is to provide APCS and control room operators with information and technological instructions for each stage of metal processing synchronized with the movement of workpieces along the mill technological line. The paper considers the principles of design and methods for implementing the information functions of APCS for HPM, which have been used by the scientific and production corporation «Kyiv Institute of Automation» in developing the information

support for a number of commissioned APCs for HPM, including plate mills 2250, 3600, and 5000, and sheet mill 1500.

Keywords: information functions, protection, rolling stand equipment, steel tracking.

DOI: 10.34121/1028-9763-2026-3-82-88

1. Вступ

Структура сучасних АСУ ТП товстолистових прокатних станів (ТЛС) відноситься до багаторівневих ієрархічних децентралізованих структур. На рис. 1 представлено узагальнену функціональну структуру АСУ ТП ТЛС. Вітки цієї ієрархії відповідають окремим режимам, ділянкам, регульованим параметрам та керованим механізмам ТЛС. Інформаційні функції АСУ ТП ТЛС становлять окрему вітку ієрархії. Вони забезпечують процес вироблення управлінь відповідною інформацією, а також включають слідкування за металом, його супровід вихідними та поточними даними про параметри процесу та прокату, діагностику та індикацію стану засобів АСУ ТП та обладнання ТЛС, прогнозування перевантажень обладнання та захист від поломок, реєстрацію технологічних параметрів процесу, видачу оперативних звітних даних адміністрації та в АСУ виробництвом [1, 2].

Метою цієї статті є опис принципів побудови систем інформаційного забезпечення АСУ ТП товстолистових станів.

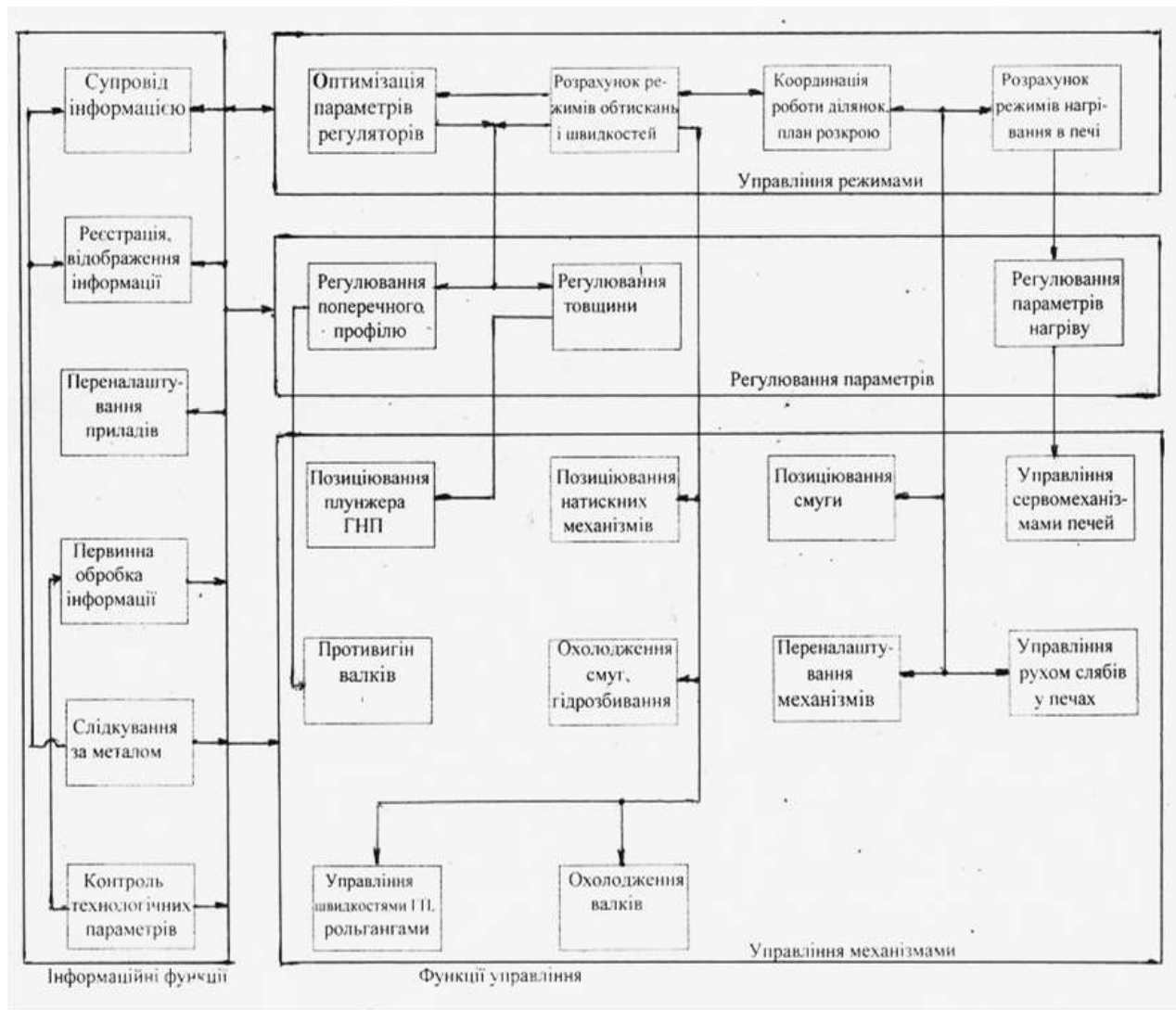


Рисунок 1 — Узагальнена функціональна структура АСУ ТП ТЛС

2. Автоматизовані системи захисту устаткування прокатних клітей від перевантажень та інформаційної підтримки процесу прокатки

Автоматизовані системи захисту устаткування прокатних клітей від перевантажень та інформаційної підтримки процесу прокатки (АСЗІ) є критично важливими для забезпечення надійної роботи прокатних станів, запобігання поломкам валків, натискних пристроїв та електроприводів. Сучасні системи включають модулі для діагностики стану устаткування та прогнозування перевантажень, базуючись на даних про температуру, знос валків та жорсткість кліті [3]. На рис. 2 представлена функціональна структура АСЗІ.

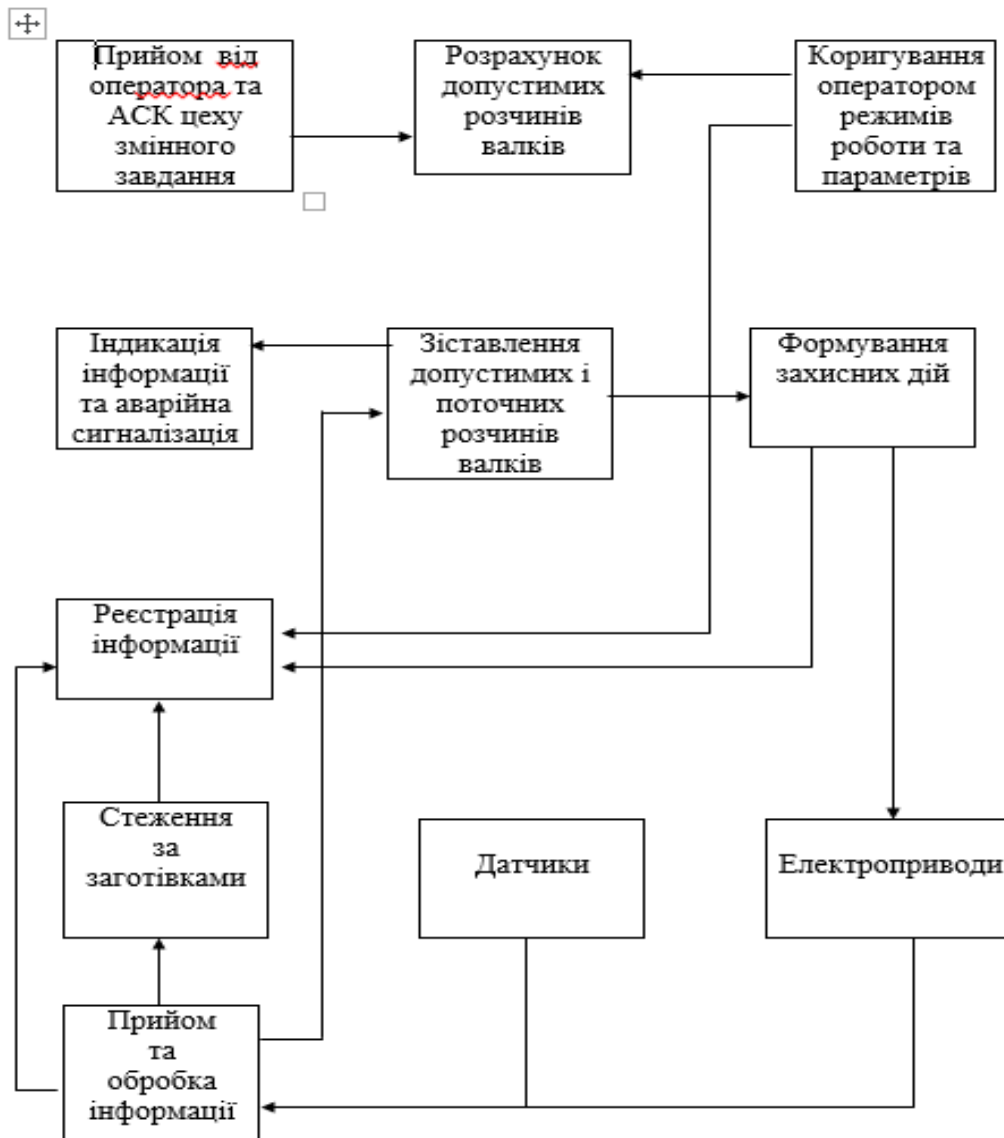


Рисунок 2 — Функціональна структура АСЗІ

Основні функції та складові автоматизованих систем захисту:

1. Контроль розчинів валків при прокатці. АСЗІ в режимі реального часу розраховує для кожного пропуску в чорновій і чистовій клітях мінімально допустимі значення розчину валків, при яких зусилля прокатки (або для чорнової кліті — момент прокатки) досягає максимального значення, що гарантує безаварійну роботу устаткування клітей.

2. Захист від перевантажень. При перевищенні допустимих значень система автоматично зупиняє стан, зменшує обтиск або застосовує інші запобіжні заходи для зниження навантаження.

3. Інтеграція з АСУ ТП. Захисні механізми інтегровані в загальну автоматизовану систему управління технологічним процесом (АСУ ТП), що дозволяє приймати рішення на основі даних про поточний розчин валків, швидкість та тип заготовки.

3. Системи інформаційного супроводу на прокатних станах

Системи інформаційного супроводу (СІС) на прокатних станах — це автоматизовані комплекси, що відстежують метал від нагрівальної печі до складу готової продукції. Автоматизовані системи управління технологічними процесами прокатного виробництва використовують інформацію про характеристики та параметри оброблюваних заготовок. Відсутність або затримка інформації суттєво знижує показники ефективності функціонування АСУ ТП, а спотворення інформації внаслідок алгоритмічних та програмних помилок може призвести до серйозних аварій через помилкові дії керуючих систем та невідповідність характеристик металу параметрам технологічного процесу. Цим визначається необхідність створення високонадійної, точної та швидкодіючої системи інформаційного супроводу заготовок. Основне завдання СІС — забезпечення систем АСУ ТП та операторів постів управління інформацією та завданнями на переділ металу синхронно з просуванням заготовок по технологічній лінії стану. СІС повинна працювати за ініціативними сигналами, що надходять від контрольних точок та від операторів постів управління. При цьому за ініціативними сигналами від контрольних точок здійснюється стеження за переміщенням заготовок, а за ініціативними сигналами від операторів постів управління — введення-виведення завдань на переділ металу.

Первинним джерелом інформації про вихідні дані заготовок, що прокочуються, є наряд-завдання на прокатку, яке оперативно складається змінним фабрикаторм на майбутні 2–6 годин роботи перед посадом відповідних партій заготовок у нагрівальні печі (коловдязі). Наряд-завдання мають циклічну нумерацію від 1 до 200 і складаються із стандартних рядків (пунктів), кожен з яких містить комплект вихідних даних чергової партії заготовок, включаючи задану кількість заготовок у партії. В одному наряд-завданні може бути до 50 комплектів даних.

Екземпляр чергового наряд-завдання безпосередньо після його складання надходить від фабрикатора до операторів поста управління на вході ділянки клітей, які по теле-тайпній мережі передають їх на пости управління всієї технологічної лінії стану. Партії заготовок прокочуються, як правило, у порядку, зазначеному в наряд-завданні. Допускається прокатка двох партій упереміш.

У процесі прокатки виникають ситуації, коли деякі дані всередині однієї партії замінюються на інші (заміна комплекту вихідних даних) або заготовки однієї партії прокочуються на кілька типорозмірів — розбиття партії на підпартії (перефабрикація партії).

Відповідно до функцій, які реалізуються АСУ ТП прокатки та загальними вимогами до інформаційного забезпечення системи, СІС виконує такі функції:

- 1) введення наряд-завдання;
- 2) зберігання масивів;
- 3) оперативний пошук у масиві необхідних комплектів даних та видача їх на пристрої індикації;
- 4) контроль надходження заготовок на ділянку клітей;
- 5) слідування за переміщенням усіх заготовок ділянки клітей;
- 6) ідентифікація заготовок, які надходять на прокатку в чорнову та чистову кліті.

Структурно система інформаційного супроводу складається з двох підсистем: підсистеми обробки масивів даних (ПОМ), яка виконує функції, перелічені у пп. 1), 2), 3),

та підсистеми слідкування за заготівками (ПСЗ) — пп. 4), 5), 6). Для введення та зберігання комплектів даних заготовок у ПОМ організовано масив наряд-завдань NZ з п'яти однакових підмасивів ($M0, \dots, M4$), кожен з яких розрахований на запис одного наряд-завдання, що містить до 50-ти комплектів даних заготовок включно. Запис наряд-завдання в певний підмасив виконується залежно від номера наряд-завдання. Запис вихідних даних усередині підмасивів здійснюється відповідно до номера партії вихідних даних NP ($NP = 1, \dots, NP = 50$). Номер елемента (місце в масиві NZ) для запису комплекту даних певної партії формується так:

$$NEL = \left[OCT\left(\frac{NNZ}{50}\right) \right] \times 50 + NP, \quad (1)$$

де NEL — номер елемента запису комплекту даних; $\left[OCT\left(\frac{NNZ}{50}\right) \right]$ — залишок від поділу номера наряд-завдання на максимальну кількість партій у наряд-завданні; NP — номер партії.

Величина $\left[OCT\left(\frac{NNZ}{50}\right) \right]$ у виразі (1) інтерпретується як номер підмасиву.

У зв'язку з тим, що введення комплектів даних безпосередньо перед прокаткою представляло б певні труднощі, наряд-завдання в систему вводяться за ступенем їхнього надходження від фабрикатора. Завчасне введення наряд-завдання і зумовлює потребу у вільних підмасивах.

У разі перефабрикації партії (поділу партії на підпартії) підпартії мають подвійний ідентифікатор — номер партії NP та номер підпартії у цій партії P . Запис підпартій здійснюється відповідно до їх номера за порядком $P, P+1, P+2$ тощо. В цьому випадку вихідні дані вводяться у підмасив так: комплекти даних партій заготовок записуються, починаючи з першого елемента підмасиву (згори донизу), комплекти даних підпартій — починаючи з останнього елемента підмасиву (знизу догори).

У разі відсутності вільного місця наприкінці підмасиву комплекти даних підпартій заготовок вводяться на місця викатаних партій також за принципом знизу догори.

В основі функціонування підсистеми слідкування за заготівками лежить модель ідентифікації заготовок (МІЗ) — інформаційна модель ділянки клітей стану. МІЗ з певним ступенем точності (достатнім для керуючих підсистем АСУ ТП та операторів-технологів) відображає розташування заготовок на лінії стану. Заготівки в МІЗ відображаються ідентифікатором, який містить номер партії і порядковий номер заготівки в партії. Ідентифікатор заготівки розташовується в першій комірці моделі. Для зменшення часу реакції МІЗ на один ініціативний сигнал реєстр МІЗ містить кілька комірок пам'яті (крім комірки з ідентифікатором заготівки), в яких записується, зберігається та транспортується за моделлю необхідна інформація. Так, у другу комірку поміщається кількість заготовок у партії, в третю — товщина заготівки, у четверту — товщина готового прокату, у п'яту — номер елемента запису комплекту вихідних даних у масиві NZ , в шосту — товщина підкату (за результатами вимірювань у чорновій кліті). Введення в МІЗ зазначених параметрів забезпечує зменшення кількості інформаційних потоків однієї програми (зменшення кількості зв'язків з іншими масивами) і цим підвищує реакцію ПСЗ на зміну ситуації на стані.

При розробці МІЗ враховувалися такі обмеження: можливе розміщення датчиків, особливості технології прокати окремих сортamentів на стані, необхідність інформації про точне положення заготівки на тій чи іншій ділянці лінії стану.

Розроблена МІЗ містить 19 інформаційних реєстрів та 12 керуючих входів. Характерною особливістю МІЗ діючого стану є наявність сполучених реєстрів. Сполученими

називаються такі реєстри, номери яких відрізняються на 1 та перенесення інформації в яких здійснюється автоматично при звільненні наступного реєстру. Сполучені реєстри в МІЗ формуються на тих ділянках, де немає розгалуження матеріальних потоків і немає потреби фіксувати точне розташування заготовок, а лише послідовність їх проходження.

Керуючі входи МІЗ формуються за ініціативними сигналами від фотореле з лінії стану (перехід заготовки через контрольний переріз) з урахуванням інформаційних сигналів (напрямок матеріального потоку, розчин валків у клітях за перетворювачами кута в код тощо), реєстрів МІЗ, сучасного та наступного стану МІЗ. Питання забезпечення якості та достовірності первинної інформації викладено у [7, 8]. Для деяких сортamentів металу керуючі входи МІЗ формуються не за загальними вітками алгоритму, а спеціально розробленими з урахуванням специфіки прокатки даного сортamentу. Принцип побудови МІЗ передбачає оперативне виявлення помилок у моделі та їх автоматичне усунення.

Для протоколювання роботи СІС обидві підсистеми (ПОМ, ПСЗ) у певних ситуаціях видають повідомлення. Кожне повідомлення супроводжується видачею системного часу.

ПОМ видає повідомлення про введення наряд-завдання із зазначенням номера наряд-завдання; про помилку в параметрі під час введення комплексу даних із зазначенням порядкового номера помилкового параметра в рядку.

ПСЗ видає повідомлення про початок прокатки чергової партії заготовок; про коригування МІЗ із зазначенням параметрів коригування (шифру заготовки, номера коригованого реєстру МІЗ, а також місця, звідки здійснено коригування); про помилку МІЗ із зазначенням номера керуючого входу.

Описана система інформаційного супроводу впроваджена у промислову експлуатацію на товстолистовому стані 3600 [2].

4. Висновки

У статті розглянуто принципи побудови та методи реалізації інформаційних функцій АСУ ТП ТЛС. Інформаційні системи забезпечують реєстрацію технологічних параметрів процесу, видачу оперативних звітних даних адміністрації та в АСУ виробництвом, прогнозування перевантажень обладнання та захист його від поломок.

Описані вище підходи до реалізації інформаційних функцій АСУ ТП ТЛС були використані Науково-виробничою корпорацією «Київський інститут автоматики» при розробці інформаційного забезпечення ряду впроваджених в експлуатацію АСУ ТП ТЛС, у тому числі на товстолистових станах 2250, 3600 і 5000, листовому стані 1500.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Суботін О.В. Інформаційне забезпечення систем управління прокатних станів. *MININGMETALTECH 2023 — The mining and metals sector*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2023. Vol. 2. P. 68–71. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-102>.
2. Грабовський Г.Г., Ієвлев Н.Г., Корбут В.Б., Бутко В.Г. Основные принципы построения и опыт внедрения АСУ толстолистовыми прокатными станами. Интернет-издание «Metaljournal» (metaljournal.com.ua). Оубл. 13 марта 2014.
3. Грабовський Г.Г., Ієвлев М.Г. Автоматизовані системи захисту устаткування прокатних клітей від перевантажень та інформаційної підтримки процесу прокатки. *Метал та лиття України*. 2015. № 7. С. 29–33.
4. Грабовський Г.Г., Ієвлев М.Г., Корбут В.Б., Гнеушев О.М. Принципи побудови та методи реалізації автоматизованої системи інформаційного супроводу металу в товстолистовому цеху. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2005. № 4, Ч. 1, Т. 1. С. 35–37.
5. Олейник В.В., Павленко И.А. Принципы построения и методы реализации системы информационного сопровождения на действующем толстолистовом стане. Автоматизация листовых прокатных станов. К: Киевский институт автоматики, 1983. С. 118–122.

6. Олейник В.В., Караульщикова В.П. Применение теории массового обслуживания при исследовании и проектировании систем информационного сопровождения. Автоматизация конвертерного и прокатного производств. К.: Киевский институт автоматики, 1987. С. 116–123.
7. Суботін О.В., Разживін О.В. Підвищення достовірності первинної інформації в системах комплексної автоматизації прокатних станів. *Обробка матеріалів тиском*. 2010. № 3 (24). С. 205–211.
8. Грабовський Г.Г. ІАСК товстолистовими прокатними станами. К.: Техніка, 2001. 448 с.

Стаття надійшла до редакції 26.05.2026 / прийнята до друку 13.08.2026