

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

БЕШТА ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ



УДК 658.52.011.56:[681.5:621.771.068]

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ПЕРЕХІДНИМИ РЕЖИМАМИ
ЗМОТУВАННЯ СОРТОВОГО ПРОКАТУ НА ОСНОВІ ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ**

Спеціальність 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Кривий Ріг – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпро).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор, лауреат державної премії Української РСР в галузі науки і техніки
Куваєв Володимир Миколайович,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпро),
головний науковий співробітник, професор кафедри програмного забезпечення та комп'ютерних систем.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Купін Андрій Іванович,
ДВНЗ «Криворізький національний університет»
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж;

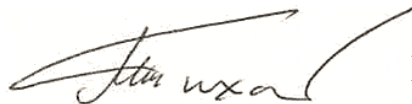
доктор технічних наук, професор,
Пазюк Михайло Юрійович,
«Запорізька державна інженерна академія» Міністерства
освіти і науки України,
завідувач кафедри автоматизованого управління
технологічними процесами.

Захист відбудеться «07» листопада 2019 р. об 11:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 09.052.03 у ДВНЗ «Криворізький національний університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 50027, м. Кривий Ріг, вул. В. Матусевича, 11, ауд. 345, тел. (056) 409-06-23.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці ДВНЗ «Криворізький національний університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 50002, м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37.

Автореферат розісланий «04» жовтня 2019 року

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 09.052.03



М.П. Тиханський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Одним з найбільш перспективних напрямів скорочення втрат металу в машинобудуванні є використання металопрокату, який поставляється в мотках, що дозволяє мінімізувати втрати прокату при його калібруванні для наступної металообробки. Величина втрат прокату при його калібруванні пов'язана з таким параметром прокату як точність і стабільність його поперечних геометричних розмірів. Задля стимулювання виробництва круглого прокату для подальшого калібрування стандартами України встановлені класи точності для розмірів його перетину – межі допусків для круглого прокату високої точності більш ніж у три рази вужче ніж у прокату звичайної точності, що дає змогу виробнику диференціювати ціни на прокат за класом точності. Так для звичайних класів, вимоги на допуски по відхиленню розмірів перетину круглого сортового прокату від номінальної величини згідно з ДСТУ 4738:2007 складають для звичайного класу точності В1: $\varnothing 14 - (+0,3;-0,5)$, $\varnothing 20 - (+0,4;-0,5)$, $\varnothing 28 - (+0,3;-0,7)$; для високого класу точності А1: $\varnothing 14 - (+0,1;-0,3)$, $\varnothing 20 - (+0,1;-0,4)$, $\varnothing 28 - (+0,1;-0,4)$, а для особливо високого класу точності АО1: $\varnothing 14 - (\pm 0,12)$, $\varnothing 20 - (\pm 0,15)$, $\varnothing 28 - (\pm 0,15)$. Важливими є і характеристики самого мотка, такі як-то відстань між витками у шарах мотка, щільність змотування, відсутність ушкоджень при транспортуванні і низки інших вимог. Дотримання вимог споживачів, зокрема, до якості сортового прокату, що поставляється в мотках, в умовах світового скорочення споживання прокату є актуальним науково-технічним завданням, яке зараз фактично неможливо вирішити без автоматизації відповідних процесів керування.

Проблемами автоматизації процесів керування технологічних ліній займалися вітчизняні вчені О.П. Чекмарьов, Г.Г. Грабовський, В.С. Єгоров, А.І. Купін, М.Ю. Пазюк, В.М. Куваєв та інші. У тім виробництво сортового прокату великих перетинів у мотках є достатньо унікальним, що потребує розробки науково-технічних рішень до його автоматизації.

Мотки сортового прокату діаметром 14 мм і вище отримують на моталках типу Гаррета змотуванням з натягом прокату для забезпечення вигину прокату в точці його зіткнення з мотком. Особливості змотування сортового прокату на моталках типу Гаррета, а саме, стрибкоподібна зміна швидкості прокату в точці його контакту з мотком при переході до змотування нового шару, призводить до неконтрольованого росту натягу прокату між моталкою і випускною кліттю. Це негативно позначається на процесі змотування прокату і призводить до локального утягнення профілю прокату, що не дозволяє гарантувати отримання прокату високої точності при змотуванні його моталками даного типу. Попередній аналіз засвідчив низький рівень автоматизації, що реалізований на застарілих технічних засобах.

У процесі змотування сортового прокату, через останній взаємодіють як системи безпосередньо моталки Гаррета – системи стола моталки й укладальника, так і системи трайбапарата та випускної кліті. Прийнятий локально-функціональний підхід до керування даними механізмами обмежує можливості з компенсації негативного впливу технологічних збурювань на якість прокату і мотка в цілому. В

даний час фактично відсутні дослідження з керування системами моталки при захопленні нею прокату, не розкриті причини окремих зривів крайніх витків прокату в процесі його змотування, що, багато в чому, визначає товарний вигляд мотка. Тим більше, відсутні обґрунтовані дослідження закономірностей керування системами, що забезпечують товарний вигляд мотка.

Таким чином, дослідження і розробка законів, методів, моделей та інших сучасних науково-технічних рішень з автоматизації процесу керування технологічними системами, що взаємодіють при змотуванні сортового прокату на моталках типу Гаррета, для запобігання локального утягування профілю прокату на різних стадіях процесу змотування, і забезпечення високих якісних показників цього процесу на основі ідентифікації перехідних режимів є актуальним науковим завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «Енергетика та енергоефективність» (Закон України від 11.07.2001 р. №2623-III). Дослідження виконані відповідно тематики держбюджетних науково-дослідних робіт «Енергозаощаджувальна автоматизація технологічних процесів виробництва сортового прокату» (№ держреєстрації 0110U000528), «Підвищення енергоефективності електромеханічного комплексу виробництва сортового прокату» (№ держреєстрації 0113U000410), «Енергозберігаюче керування електромеханічними комплексами і системами гірничо-металургійної промисловості» (№ держреєстрації 0115U002296), де автор був виконавцем окремих розділів, та госпдоговірних тем: №080104 «Дослідження ділянок охолодження та змотування сортового прокату на ДСДС 250/150-6 з метою їх комплексної автоматизації», №070807 «Надання науково-технічних послуг при розробці і впровадженні АСК моталок і термотрас моталок ДСДС 250/150-6», де автор був виконавцем.

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи* є автоматизація процесів керування автоматизованими системами, що взаємодіють при змотуванні сортового прокату моталками типу Гаррета для підвищення якості сортового прокату в мотках на основі ідентифікації перехідних режимів.

Сформульована мета роботи зумовлює необхідність розв'язання наступних основних завдань досліджень:

- аналіз вимог до керування змотуванням сортового прокату на моталках типу Гаррета та формалізація завдань автоматизації процесу керування перехідними режимами змотування для запобігання локальних утягнень профілю прокату;
- установлення закономірностей необхідних для керування моталкою типу Гаррета в процесі захоплення прокату моталкою для запобігання локального утягнення профілю прокату;
- аналіз механізму зриву крайніх витків у процесі змотування прокату моталкою типу Гаррета й обґрунтування правил керування моталкою типу Гаррета, мінімізуючи можливість зриву крайніх витків, який призводить до локального утягнення профілю прокату;

- розробка автоматизованої системи керування системами, які взаємодіють при змотуванні сортового прокату на моталках типу Гаррета, що забезпечує мінімізацію коливань натягу прокату на ділянці випускна кліть-моталка при переході до змотування нового шару прокату на основі ідентифікації перехідних режимів та впровадження її в промислових умовах стану ДСДС 250/150-6 та навчальному процесі.

Об'єктом дослідження є процес взаємодії автоматизованих систем керування механізмами при змотуванні сортового прокату.

Предметом дослідження є закони, моделі і методи керування системами, взаємодіючими в процесі змотування сортового прокату, що забезпечують підвищення товарної якості мотків сортового прокату.

Методи дослідження. Для рішення поставленого завдання використовувалися аналітичні методи механіки й опору матеріалів для досліджень закономірності захоплення прокату моталкою і зриву крайніх витків, методи обробки металу тиском для встановлення закономірностей, що описують транспортування прокату трайбапаратом, теорії автоматичного керування, математичне моделювання для дослідження процесу змотування прокату з натягом і керування даним процесом, механіки і гідравліки при розробці системи укладальника.

Обґрунтування і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю допущень, відповідності розроблених математичних моделей фізичним процесам в системах, відповідності результатів моделювання параметрам, які спостерігаються у реальному технологічному процесі, результатами впровадження АСК моталок і термотрас моталок ДСДС 250/150-6 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», що забезпечує точність поперечного перетину прокату в межах площини допуску для прокату високої точності – $\pm 0,1$ мм.

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукові положення, що виносяться на захист:

- керована зміна швидкості обертання столу моталки, при захопленні прокату моталкою, в функції довжини прокату і фіксація завершення процесу захоплення по появі статичного струму навантаження моталки, рівного заданому значенню струму змотування забезпечує своєчасний перехід до режиму змотування прокату.

- включення контуру стабілізації прогину прокату шляхом регулювання швидкості випускної кліті при переході до намотування нового шару прокату і його відключення при досягненні прогину прокату заданої величини, забезпечує усунення локального утягнення профілю прокату в валках випускної кліті.

Наукова новизна отриманих результатів:

- удосконалено метод керованої зміни швидкості обертання столу моталки при захопленні прокату через створення моделі взаємодії прокату зі столом і барабаном моталки під час захоплення прокату моталкою, які забезпечують надійне захоплення прокату моталкою та своєчасний перехід до режиму змотування прокату з натягом із запобіганням ривків натягу і локального утягування профілю прокату;

– вперше обґрунтовано метод керування укладальником, шляхом застосування розрахунку за встановленою залежністю, який полягає у зміщенні точки (висоти) реверсу укладальника поточного шару відносно точки реверса укладальника попереднього шару на відповідну величину, що на відміну від відомих методів, дозволяє запобігти зриву крайніх витків при відсутності реборд та пов'язане з цим явище ривків натягу і локального утягування профілю прокату;

– на основі аналітичних методів вдосконалено математичну модель взаємодії трайбапарата і прокату яка, на відміну від відомих та існуючих транспортних систем, дозволяє врахувати необхідне зусилля для транспортування прокату з використанням як гладких, так і профільованих роликів, що дозволяє зменшити деформацію поверхні сортового прокату при його транспортуванні трайбапаратом;

– набув подальшого розвитку підхід до налаштування режиму транспортування прокату, що базується на теоретичних розрахунках швидкісних параметрів транспортування, який, на відміну від відомих підходів, дозволяє зменшити коефіцієнт випередження до 5% на основі параметричної ідентифікації режиму транспортування і обтиску прокату через контроль якісного струму і швидкості обертання трайбапарата, що у результаті підвищує транспортуючі властивості.

Практичне значення роботи полягає в наступному:

1. Розроблено алгоритми програмно-технічної реалізації керування змотуванням прокату моталками дрібносортно-дротового стану ДСДС 250/150-6 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», які забезпечили мінімізацію ривків натягу прокату при його змотуванні, що дозволило стабілізувати геометричні розміри перетину прокату у мотках на рівні вимог стандартів України до прокату високого класу точності.

2. Обґрунтовано науково-технічні рішення і розроблено систему керування укладальника, що забезпечує плавне регулювання швидкості його переміщення в широкому діапазоні швидкостей.

Впровадження результатів роботи. Результати роботи впроваджені в проектних рішеннях АСУ моталок і термотрас моталок ДСДС 250/150-6 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Отримані в дисертації теоретичні й практичні результати використовуються у навчальному процесі при підготовці фахівців зі спеціальностей: «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети й основних завдань досліджень, аналізі сучасних систем керування змотуванням прокату, проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, узагальненні отриманих наукових положень, уточненні відповідних рекомендацій, розширенні знань про автоматизацію процесу керування обладнанням, яке взаємодіє при змотуванні сортового прокату, перевірці в промислових умовах. Усі наукові результати, висновки та рекомендації отримані й сформульовані автором особисто. Здобувач брав участь у впровадженні результатів роботи у виробництві.

У працях, написаних у співавторстві, дисертантові належать такі результати: [1] – розробка моделі захоплення прокату моталкою типу Гаррета; [2] – розробка структури електрогідроприводу укладальника моталки та отримання аналітичних залежностей для розрахунку параметрів насоса та електродвигуна гідроприводу укладальника моталки; [3] – розробка моделі взаємодії механізмів ділянки кліть-моталка при змотуванні сортового прокату моталкою типу Гаррета; [4] – отримання аналітичних залежностей для розрахунку параметрів насоса та електродвигуна гідроприводу укладальника моталки; [5] – розробка моделі зриву витків у процесі намотування прокату на барабан моталки; [6] – моделювання натягу прокату.

Апробація результатів роботи. Основні матеріали і результати, одержані в дисертаційній роботі, доповідалися, обговорювалися і були схвалені на науково-технічних конференціях: XII Міжнародна конференція «Проблеми використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості» (м. Дніпро, 2016 р.); XII міжнародна науково-практична конференція «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2017» (м. Чернігів, 2017 р.); XIV Міжнародна конференція «Проблеми використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості» (м. Дніпро, 2018 р.); XVII науково-технічної конференції «Потураївські читання» (м. Дніпро, 2019 р.); XII Всеукраїнська науково-практична WEB конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. KICM-2019» (м. Кривий Ріг, 2019 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості та суспільства» (м. Кривий Ріг).

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано в 10 працях, зокрема: 6 – статей у наукових фахових виданнях України, з яких 2 – у виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Scopus, 4 – у збірниках наукових праць і матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної джерел та додатків. Загальний обсяг роботи 185 сторінок, з них 143 сторінок – основного тексту. Дисертація містить 72 рисунки, 2 таблиці, і 5 додатків на 39 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито стан проблеми та обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи металопереробного комплексу України, на основі автоматизації процесу керування змотуванням сортового прокату на моталках типу Гаррета, сформульована мета і завдання дослідження, наведено відомості про наукову новизну і практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** проаналізовано процес отримання сортового прокату в мотках. Виявлено вплив систем, що у своїй взаємодії впливають на отримання мотка потрібної якості. Розглянуто особливості та проблеми процесу керування змотуванням сортового прокату на моталках типу Гаррета. Формалізовані завдання автоматизації процесу керування перехідними режимами змотування для запобігання локальних утягнень профілю прокату. Показано, що при змотуванні

сортового прокату критерій керування має вигляд двостороннього обмеження натягу змотування на ділянці випускна кліть – моталка.

Встановлено, що найбільш критичними щодо обмежень величин натягу прокату є перехідні режими процесу змотування, а саме, процес захоплення прокату моталкою та процес переходу до намотування нового шару мотка.

На основі проведеного аналізу як технології так і систем автоматизації процесом керування змотуванням прокату сформульовані наукові завдання та обрані напрямки рішення для підвищення якості змотування та товарного вигляду готового мотка через параметричну ідентифікацію параметрів, що є суттєвими для протікання процесу у перехідних режимах змотування прокату і визначення принципів керування процесом змотування в цих режимах.

У **другому розділі** запропоновані моделі та виконано аналітичні дослідження процесу транспортування прокату трайбапаратом, процесу захоплення моталкою прокату, механізму зриву витків при переході до змотування наступного шару, та встановлені закономірності для автоматизованого керування цими процесами на основі ідентифікації точок зміни режимів при контролі параметрів об'єкту керування.

Аналіз процесу захоплення прокату моталкою дозволив виділити такі основні стадії: захід прокату в моталку, захоплення прокату столом моталки, захоплення прокату барабаном моталки.

Стадія заходу прокату в моталку починається з моменту виходу переднього торця прокату з укладальника і закінчується в момент торкання прокатом борту столу моталки. У цій стадії необхідно забезпечити таку швидкість обертання столу моталки, щоб лінійна швидкість поверхні столу в точці дотику з прокатом була мінімальною, але не менше лінійної швидкості прокату.

Встановлено, що перехід від стадії захоплення прокату столом моталки до стадії захоплення прокату барабаном моталки відбувається при певному куті охоплення прокатом столу моталки:

$$\varphi_{\text{п_ни}} = -\frac{1}{\mu_{\text{тр_пс}}} \cdot \ln \left(1 - \frac{2 \cdot \sigma_{\text{т}} \cdot D_{\text{п}}}{3 \cdot \pi \cdot \rho \cdot V_{\text{п}}^2 \cdot \hat{R}_{\text{U}_0 - \text{A}_0}} \right), \quad (1)$$

де $\mu_{\text{тр_пс}}$ – коефіцієнт тертя поверхні прокату об борт і піддон стола, од.; $\sigma_{\text{т}}$ – границя текучості стали при температурі, кг/м·с²; ступені і швидкості деформації прокату при вигині; $D_{\text{п}}$ – діаметр прокату, м; ρ – щільність прокату, кг/м³; $V_{\text{п}}$ – швидкість прокату, м/с; $\hat{R}_{\text{U}_0 - \text{A}_0}$ – проекція $R_{\text{U}_0 - \text{A}_0}$ на пряму, перпендикулярну, векторові $F_{\text{н_п}}$ (плече сили $F_{\text{н_п}}$), м.

На момент завершення захоплення прокату столом моталки швидкість обертання моталки повинна бути такою, щоб лінійна швидкість поверхні барабана збігалася з лінійною швидкістю прокату, а швидкість обертання моталки повинна підтримуватися постійною до завершення стадії захоплення прокату барабаном.

Стадія захоплення барабаном моталки закінчується, коли прокат охопить барабан моталки на певний кут - кут, при якому в прокаті виникає натяг заданої величини:

$$\varphi_{б_зхв} = \frac{1}{\mu_{тр_пб}} \cdot \ln \left(\frac{\frac{\sigma_{н_м_з}}{\rho \cdot V_{п}^2} - 1}{\frac{g \cdot R_{пс}}{V_{п}^2} - \left(1 + \frac{g \cdot R_{пс}}{V_{п}^2} \right) \cdot \exp(-\mu_{тр_пс} \cdot \varphi_{п})} \right), \quad (2)$$

де $\mu_{тр_пб}$ – коефіцієнт тертя прокату об барабан моталки, од.; $\sigma_{н_м_з_min}$ – питоме зусилля в прокаті, кг/м·с²; $R_{пс}$ – внутрішній радіус бурта піддона моталки, м; $\varphi_{п}$ – кут прилягання прокату до бурта піддона стола, рад..

Після завершення процесу захоплення прокату барабаном моталки вона повинна негайно переводиться в режим стабілізації якірного струму.

В результаті дослідження процесу захоплення прокату моталкою встановлено, що керування швидкістю обертання столу моталки має здійснюватися не в функції часу, а в функції довжини прокату, який зайшов в моталку, а закінчення процесу захоплення ідентифікується появою статичного струму навантаження моталки, рівного заданому значенню струму змотування.

Для встановлення закономірностей керування на основі яких запобігає зриву крайніх витків мотка досліджено процес переходу до намотування нового шару мотка прокату. В результаті досліджень встановлено, що висота точки переходу до намотування нового шару, при однаковому верхньому положенні укладальника, зміщується по висоті відповідно до виразу:

$$h_{п_в(n)} = L_{y(n)} \cdot \left(2 \cdot \mu_{тр} \cdot \sqrt{\frac{D_{п}}{D_{н(n)}}} - \frac{z_{мв(n)}}{\pi \cdot D_{н(n)}} \right), \quad (3)$$

де $h_{п_в(n)}$ – висота верхнього положення точки початку прилягання прокату n -го шару до мотка при зупиненому укладальнику, м; $L_{y(n)}$ – відстань до носка укладальника від лінії руху точки початку прилягання прокату n -го шару до мотка, м; $\mu_{тр}$ – коефіцієнт тертя між витками, од.; $z_{мв(n)}$ – відстань між витками n -го шару, м; $D_{н(n)}$ – діаметр змотування n -го шару, м.

Встановлено, що подія «зриву витка» є наслідком зсуву точки переходу поточного і попереднього шарів відносно один одного та носить імовірнісний характер. Можливість зриву витка обумовлена відсутністю опори поточного витка в точці його переходу на новий шар на прокат попереднього шару, а сам зрив може бути ідентифікований по збільшенню швидкості моталки при верхньому положенні укладальника.

Встановлено, що для запобігання зриву витків необхідно, щоб кут повороту стола моталки після проходження укладальником фіксованої висоти підйому до його верхнього положення був менше такого ж кута повороту при намотуванні попереднього шару:

$$\Delta\varphi_{\text{доп}(n+2)} = \Delta\varphi_{\text{доп}(n)} - \left[4 \cdot \pi \cdot \frac{\mu_{\text{тр}}}{z_{\text{мв}}} \cdot \left(L_{y(n+2)} \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{н}(n+2)}}} - L_{y(n)} \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{н}(n)}}} \right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot \pi + 2 \cdot \left(\frac{L_{y(n)}}{D_{\text{н}(n)}} - \frac{L_{y(n+2)}}{D_{\text{н}(n+2)}} \right) - \pi \cdot \frac{D_{\text{п}}}{z_{\text{мв}}} \right], \quad (4)$$

де $\Delta\varphi_{\text{доп}(n+2)}$ – кут повороту барабана моталки після спрацьовування датчика верхнього положення укладальника для $(n+2)$ -го шару, рад.; $\Delta\varphi_{\text{доп}(n)}$ – кут повороту барабана моталки після спрацьовування датчика верхнього положення укладальника для n -го шару, рад.; $L_{y(n+2)}$ – відстань від лінії руху точки початку прилягання прокату до мотка до носка укладальника для $(n+2)$ -го шару, м; $D_{\text{н}(n+2)}$ – діаметр змотування $(n+2)$ -го шару, м; $L_{y(n)}$ – відстань від лінії руху точки початку прилягання прокату до мотка до носка укладальника для n -го шару, м.

Запропоновано і обґрунтовано спосіб керування укладальником при досягненні їм крайнього положення, що забезпечує запобігання зриву витків, заснований на керуванні, по куту повороту барабана моталки, затримкою на переключення напрямку руху (реверсу) укладальника.

У роботі також були досліджені вплив трайбапарата на точність поперечних геометричних розмірів прокату в мотках і транспортуюча сила трайбапарата, яка виникає за рахунок малих обтиснень прокату.

Запропонована методика розрахунку транспортуючих зусиль трайбапарата при різній формі роликів при транспортуванні прокату до моталки.

Показано, що профільні ролики при тій же транспортуючій силі менше деформують прокат, а транспортуюча сила при інших рівних умовах тим більше, чим менше коефіцієнт випередження:

$$\frac{T_{\text{тр}}(K_{\text{тр}})}{T_{\text{тр}}(K_{\text{тр}}=1)} = \text{sign}(K_{\text{тр}} - 1) \cdot (K_{\text{тр}_V} \cdot V_{\text{п}} \cdot |K_{\text{тр}} - 1| + 1)^{-0,25}, \quad (5)$$

де $T_{\text{тр}}$ – відносне тягнуче зусилля трайбапарата, кг/м·с²; $K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт випередження трайбапарата, од.; $K_{\text{тр}_V} = 0,33$ – коефіцієнт впливу швидкості прокату на тертя, с/м.

Наведені результати розрахунків показують, що доцільно підтримувати коефіцієнт випередження трайбапарата до захоплення прокату моталкою на рівні 5 %, а не 10–15 %, як прийнято зараз. Це забезпечує мінімальну величину деформації прокату при тій же транспортуючій силі трайбапарата.

Показано, що контроль якісного струму і швидкості обертання трайбапарата забезпечує повну параметричну ідентифікацію режиму транспортування прокату і забезпечує можливість автоматичного керування цим процесом.

У **третьому розділі** виконано експериментальні дослідження процесу змотування сортового прокату, як об'єкту керування; розроблена комплексна модель ділянки змотування сортового прокату, що включає математичну модель натягу прокату на ділянці випускна кліть – моталка і модель систем, що беруть

участь у змотуванні сортового прокату; досліджено процес змотування прокату на моделі за різними способами керування.

Метою експериментальних досліджень був аналіз процесу змотування сортового прокату, зокрема, величини натягу на ділянці випускна кліть-моталка в умовах дрібносоротно-дротового стану ДСДС 250/150-6 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», для уточнення факторів, що приводять до коливань натягу на даній ділянці за для керування цим процесом.

При проведенні експериментальних досліджень були виявлені істотні коливання прогину прокату за випускною кліттю, що є непрямим свідченням коливання натягу прокату, який має суттєвий вплив на відхилення поперечних геометричних розмірів прокату в мотку.

У результаті експериментальних досліджень також встановлено, що підвищений натяг прокату за випускною кліттю є наслідком двох основних факторів: завищеного заданого струму змотуванням моталки і завищеного транспортуючого зусилля трайбапарата.

Аналіз показав, що плавна зміна прогину прокату на ділянці випускна кліть-моталка пов'язана зі зміною довжини траси прокату при русі укладальника, а коливання прогину прокату з переходом до намотування нового шару.

У зв'язку зі складністю об'єкта керування і наявності перехресних зв'язків пошук методів стабілізації натягу проводився з використанням математичної моделі.

Загальна структурна схема моделі системи керування змотуванням прокату у режимі стабілізації тільки струму моталки (базова схема) наведена на рис. 1.

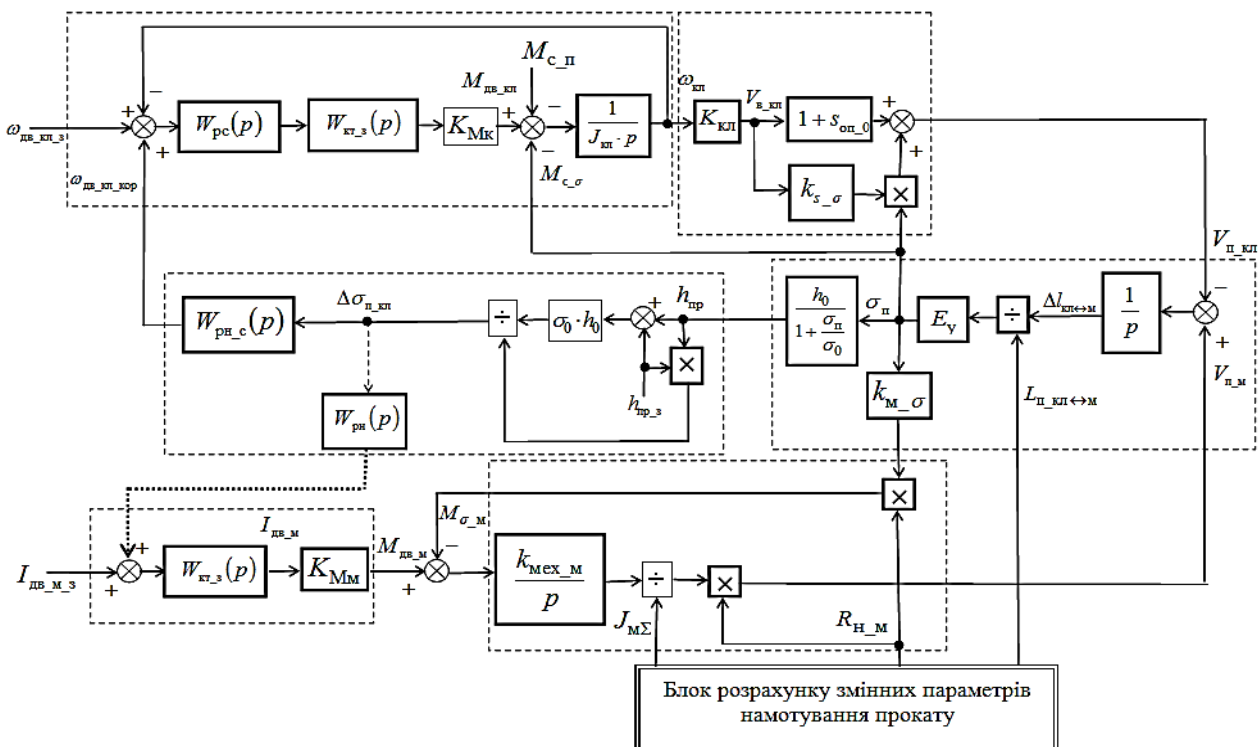


Рис. 1. Загальна структурна схема моделі системи керування змотуванням прокату моталкою типу Гаррета

Аналіз структурної схеми показує, що єдиним способом непрямого контролю натягу прокату за випускною кліттю є величина прогину прокату. Проаналізовано два канали керування за стабілізацією прогину: корекція струму змотування та регулювання швидкості випускної кліті і встановлено, що найбільш дієвим каналом регулювання є регулювання швидкості випускної кліті.

Підтвердження попередньо отриманих результатів і оцінювання технологічної ефективності керування процесом змотування в перехідних режимах проводилися на моделі.

Дослідження включали три основні режими керування:

- змотування в режимі стабілізації тільки струму моталки (за базовою схемою);
- змотування в режимі стабілізації струму моталки з його корекцією по відхиленню прогину прокату від заданої величини;
- змотування в режимі стабілізації струму моталки з корекцією швидкості обертання випускної кліті по відхиленню прогину прокату від заданої величини;

У результаті досліджень на моделі встановлено, що при відсутності контурів керування по стабілізації натягу прокату на ділянці моталка-випускна кліть перехідний процес, викликаний реверсом укладальника і початком змотування наступного шару носить коливальний характер.

Для підвищення динамічної точності стабілізації натягу прокату на ділянці моталка-кліть було запропоновано використовувати зворотній зв'язок по натягу прокату на цій ділянці з оцінкою натягу по прогину прокату за кліттю. Величина натягу виражається через величину прогину:

$$\sigma_{п_кл} = \sigma_{кр} \cdot \left(\frac{h_{пр_0}}{h_{пр}} - 1 \right), \quad (6)$$

де $\sigma_{п_кл}$ – питомий натяг прокату за випускною кліттю, $\text{кг/м}\cdot\text{с}^2$; $\sigma_{кр}$ – критичний питомий натяг, $\text{кг/м}\cdot\text{с}^2$; $h_{пр_0}$ – висота стріли прогину прокату при нульовому натягу, м; $h_{пр}$ – висота стріли прогину прокату, м.

Реалізація вузла порівняння фактичного і заданого питомих натягів в прокаті при контролі стріли прогину прокату має вигляд, як на рис. 2.

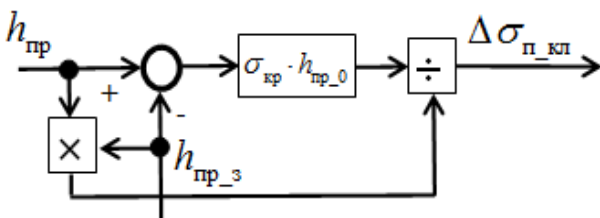


Рис. 2. Реалізація вузла порівняння

змотування наступного шару, істотно (у два рази) перевищує верхнє граничне значення пружно-пластичної деформації прокату з температурою, що відповідає температурі прокату на виході випускної кліті.

Результати моделювання представлені у вигляді графіків рис. 3.

За результатами моделювання помітно що максимальна (пікова) величина питомого натягу прокату на ділянці моталка-випускна кліть у перехідному процесі, викликаного реверсом укладальника і початком



Рис. 3. Результати моделювання

Так мінімальна величина питомого натягу прокату на ділянці моталка-випускна кліть у перехідному процесі, викликаного реверсом укладальника і початком змотування наступного шару, лежить незначно вище значення при якому забезпечуються необхідні значення вигину і прилягання прокату до поверхні мотка.

Дослідження на моделі показали, що завищення заданого струму моталки зв'язано з необхідністю безумовно забезпечити натяг

прокату більше мінімально припустимого в перехідному процесі, викликаному реверсом укладальника і початком змотування наступного шару. Завдання величини струму змотування моталки визначається, у першу чергу, вимогами стійкого ведення технологічного процесу з одержанням товарного виду мотка, а вже в другу чергу – вимогами по стабільності поперечних розмірів прокату, тобто по мінімізації утягнення профілю в калібрі випускній кліті від переднього натягу.

Коливання питомого натягу прокату, викликаного ходом укладальника в межах одного шару змотування прокату є незначними (до 2 Н/мм^2) і не впливають на режим змотування.

При наявності контуру керування по стабілізації натягу прокату на ділянці моталка-випускна кліть шляхом корекції струму змотування перехідний процес, викликаний реверсом укладальника і початком змотування наступного шару, також носить коливальний характер. Спостерігається зменшення амплітуд як верхньої так і нижньої напівхвиль коливань у середньому на 10-15 %, що не забезпечує усунення утягнення профілю.

При наявності контуру керування по стабілізації натягу прокату на ділянці моталка-випускна кліть шляхом корекції швидкості обертання випускної кліті перехідний процес, викликаний реверсом укладальника і початком змотування наступного шару, перестає носити коливальний характер. Спостерігається зменшення амплітуди верхньої напівхвилі в два рази в порівнянні з випадком без контурів керування по стабілізації натягу прокату і повна відсутність нижньої напівхвилі перехідного процесу, що дозволяє знизити рівень завдання струму моталки без ризику погіршити якість змотування.

При наявності контуру керування по стабілізації натягу прокату на ділянці моталка-випускна кліть шляхом корекції швидкості обертання випускної кліті і розбіжності значень заданого натягу прокату даного контуру і заданого натягу прокату струмом змотування фактичний сталий натяг прокату на ділянці моталка-

випускна кліть буде визначатися заданим струмом моталки, а наявність контуру стабілізації натягу прокату на ділянці моталка-випускна кліть шляхом корекції швидкості обертання випускної кліті буде приводити до відхилення сталого значення швидкості обертання випускної кліті від заданого значення. Тому контур стабілізації натягу прокату на ділянці моталка-випускна кліть шляхом корекції швидкості обертання випускної кліті повинен включатися тільки в момент реверса укладальника (початок змотування наступного шару) і відключатися по досягненню величиною натягу заданого граничного значення.

У **четвертому розділі** виконано: розробка структури системи керування взаємозалежними системами ділянки змотування сортового прокату, розробка системи керування укладальника моталки, розробка системи керування взаємозалежними системами ділянки моталок. Алгоритм керування автоматичними системами з підтримки прогину завданої величини наведено на рис. 4.

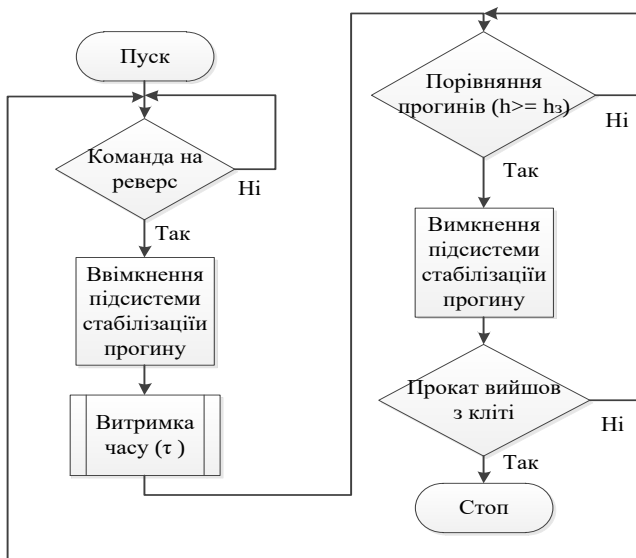


Рис. 4. Алгоритм керування автоматичними системами з підтримки прогину завданої величини

застосування керуючого пристрою для укладальника з гідронасосом об'ємної дії, що приводиться в обертання асинхронним двигуном з векторним регулюванням швидкості обертання;

– вирівнювання швидкостей руху водила нагору і вниз при однаковій швидкості обертання електродвигуна насоса забезпечується врізанням у трубопровід, з'єднаний з нижньою порожниною гідроциліндра паралельно включених: регульованого клапана тиску і лінійного регульованого дроселя зі зворотніми клапанами. Настроюванням клапана тиску забезпечується вирівнювання швидкостей руху укладальника нагору і вниз при мінімальній швидкості руху водила, дроселем – при максимальній швидкості руху водила, а зворотні клапани забезпечують вільне нагнітання масла в нижню порожнину гідроциліндра при русі водила укладальника нагору;

У результаті розробки і впровадження системи керування взаємозалежними системами ділянки змотування сортового прокату встановлене наступне:

– система керування взаємозалежними системами ділянки змотування сортового прокату повинна реалізовуватися як централізована система керування, що формує уставки і дискретні команди для локальних систем керування окремих механізмів, що беруть участь у змотуванні сортового прокату;

– для забезпечення плавного регулювання швидкості переміщення водила укладальника в широкому діапазоні швидкостей раціональним науково-технічним рішенням є

– насос керуючого пристрою для укладальника повинен вибиратися виходячи з забезпечення максимальної швидкості переміщення водила, а потужність електродвигуна – по забезпеченню його тривалої роботи при мінімальній швидкості руху водила;

– промислова експлуатація системи керування взаємозалежними системами ділянки змотування сортового прокату підтвердила коректність і ефективність отриманих у роботі науково-технічних результатів.

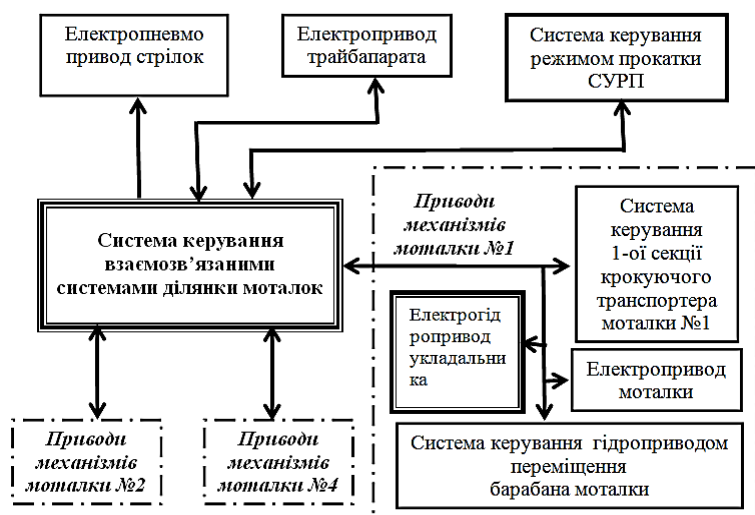


Рис. 5. Структура технічних засобів керування системами ділянки моталок

Реалізація запропонованих у роботі науково-технічних рішень забезпечується системою керування системами ділянки моталок структура якої наведена на рис. 5.

До впровадження системи керування в момент захоплення ріст струму складав від 5 до 20 % від номінального режиму, після – момент захоплення прокату моталкою не ідентифікувався. До впровадження системи керування ефект зриву витків спостерігався на кожному 3–5 мотку, після впровадження системи на 10–20 мотку (в залежності від профілерозміру).

Результати досліджень лягли в проектні рішення АСК моталок і термотрас моталок дрібносортно-дротового стану 250/150-6 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішене актуальне наукове завдання розробки моделей, методів і системи автоматизації процесів керування при змотуванні сортового прокату на основі нових законів керування, в яких встановлено, що швидкість обертання стола моталки в момент захоплення прокату змінюється в функції довжини прокату, а завершення процесу захоплення ідентифікується при появі статичного струму навантаження моталки, рівного заданому значенню струму змотування, а включення контуру стабілізації прогину прокату шляхом регулювання швидкості випускної кліті при переході до намотування нового шару прокату і його відключення при досягненні прогину прокату заданої величини, забезпечує усунення локального утягнення профілю прокату в валках випускної кліті, що забезпечує підвищення якості сортового прокату в мотках.

Наукові положення і науково-технічні рішення з керування взаємозалежними системами, що забезпечують намотування прокату моталками типу Гаррета, підтверджені експлуатацією відповідної системи керування, впровадженої на дрібносортно-дротовому стані ДСДС 250/150-6 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Отримано наступні наукові результати:

1) удосконалено закономірності керованої зміни швидкості обертання столу моталки при захопленні прокату за рахунок створення математичної моделі взаємодії прокату зі столом і барабаном моталки під час захоплення прокату моталкою на основі методів теорії спротиву матеріалів, які забезпечують надійне захоплення прокату моталкою та своєчасний перехід до режиму змотування прокату з натягом із запобіганням ривків натягу і локального утягування профілю прокату;

2) вперше обґрунтовано закон керування укладальником, шляхом застосування розрахунку за встановленою залежністю, який полягає у зміщенні точки (висоти) реверсу укладальника поточного шару відносно точки реверса укладальника попереднього шару на відповідну величину, що на відміну від відомих законів, дозволяє запобігти зриву крайніх витків при відсутності реборд та пов'язане з цим явище ривків натягу і локального утягування профілю прокату;

3) уточнено, що включення контуру стабілізації прогину прокату шляхом регулювання швидкості випускної кліті при переході до намотування нового шару прокату і його відключення при досягненні прогину прокату заданої величини, забезпечує усунення локального утягнення профілю прокату в валках випускної кліті шляхом скорочення часу узгодження швидкості прокату на виході з кліті зі швидкістю більш ніж на 50%.

4) підтверджено умови за яких підвищення швидкості обертання столу моталки безпосередньо після початку захоплення прокату столом моталки до рівня співпадання швидкості поверхні барабана моталки і прокату безпосередньо після початку захоплення прокату столом моталки та ідентифікація моменту завершення захоплення прокату моталкою по статичному струму навантаження моталки, що дорівнює заданому струму змотування – забезпечують надійне захоплення прокату моталкою та своєчасний перехід до режиму змотування прокату з натягом;

5) набув подальшого розвитку науковий підхід до автоматичного керування моментом реверсу укладальника, який забезпечує зміщення точки прилягання поточного шару відносно моменту реверса укладальника при змотуванні попереднього шару на величину, яка розраховується за залежністю, що встановлена, запобігає зриву крайніх витків при змотуванні прокату на моталці типу Гаррета;

6) на основі врахування необхідного зусилля і деформації поверхні прокату при його транспортуванні встановлено, що вдосконалення контролю якісного струму і швидкості обертання трайбапарату забезпечує повну параметричну ідентифікацію режиму транспортування прокату, що дає можливість підвищити точність настройки даного режиму і зменшити коефіцієнт випередження трайбапарата з 10-15 % до 5 %.

Цільова спрямованість дослідження дозволила одержати наступні практичні результати:

1) створено систему керування взаємозалежними системами механізмів ділянки змотування сортового прокату для дрібносоротно-дротового стану ДСДС 250/150-6 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», що дозволяє запобігти ривкам натягу і локального утягування профілю прокату при його змотуванні за для отримання

сортового прокату з точністю розмірів його перетину, що відповідають класам точності A1, AO1;

2) обґрунтовано науково-технічні рішення і розроблено систему керування укладальником, що забезпечує плавне регулювання швидкості його переміщення у всьому робочому діапазоні швидкостей;

3) методики, алгоритми та програмне забезпечення з дисертації використовуються у навчальному процесі у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Бешта Д.О. Оптимальні умови заходу прокату в моталку типу Гаррета / В.М. Куваєв, В.П. Іващенко, Д.О. Іванов, І.В. Політов, Д.О. Бешта // Теория и практика металлургии. – 2017. – №1–2 (108–109). – С. 59–63.

2. Бешта Д.О. Розробка електрогідропривода укладальника моталки для процесу змотування сортового прокату / В.М. Куваєв, Д.О. Бешта // Гірничая електромеханіка та автоматика. – 2016. – №97. – С. 16–20.

3. Бешта Д.О. Динамічна модель взаємодії механізмів ділянки кліть-моталка при змотуванні сортового прокату моталкою типу Гаррета / В.М. Куваєв, Д.О. Бешта // Науковий вісник НГУ : Науково-технічний журнал. – 2017. – №4(160). – С. 61–66.

4. Бешта Д.О. Розрахунок параметрів насоса та електродвигуна гідропривода укладальника моталки для процесу змотування сортового прокату / Д.О. Бешта, Л.І. Цвіркун // Гірничая електромеханіка та автоматика. – 2017. – №98. – С. 67–73.

5. Бешта Д.О. Аналітичні дослідження механізму зриву витків у процесі намотування прокату на барабан моталки / В.М. Куваєв, Д.О. Бешта // Теория и практика металлургии. – 2017. – №3–4 (110–111). – С. 105–110.

6. D. Beshta. Active control system of mill products tension at the outlet of roughing train in continuous light-section mill / M. Kuzmenko, M. Rybalchenko, O. Boyko, D. Beshta // Naukovyi Visnyk NNU. – 2018. – №5 (167). – P. 61–66.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Бешта Д.О. Специфіка намотування дрібно сортового прокату моталкою з обертовим столом / Д.О. Бешта // Проблеми використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості: зб. наук. пр. XII Міжн. конф., 23–24 листопада 2016 р. – Дніпро: НГУ, 2017. – №2. – С. 35–39.

8. Бешта Д.О. Моделювання систем технологічної автоматизації прокатної лінії сортового стана / Д.О. Бешта // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2017: матер. XII Міжн. наук.-практ. конф., 26–29 червня 2017 р. – Чернівці: ЧНТУ. – 2017. – С. 165–168.

9. Бешта Д.О. Особливості керування моталками типу Гаррета у перехідних режимах намотування сортового прокату / Д.О. Бешта // Потурайівські

читання: матер. XVII наук.-техніч. конф., 25 січня 2019 р. – Дніпро: НТУ ДП. – 2019. – С. 12.

10. Бешта Д.О. Особливості автоматичного керування трайбапаратом на сортопрокатних станах перед моталкою типу Гаррета / Д.О. Бешта // Розвиток промисловості та суспільства: матер. Міжн. наук.-техніч. конф., 22–24 травня 2019 р. – Кривий Ріг: КНУ. – 2019. – С. 147.

АНОТАЦІЯ

Бешта Д.О. Автоматизація процесів керування перехідними режимами змотування сортового прокату на основі їх ідентифікації. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування. – ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, 2019.

Представлена робота присвячена вирішенню наукового завдання дослідження і розробки законів, методів, моделей та інших сучасних науково-технічних рішень з автоматизації процесу керування технологічними системами, взаємодіючими при змотуванні сортового прокату на моталках типу Гаррета, що запобігають локальному утягуванню профілю прокату на різних стадіях процесу змотування на основі ідентифікації перехідних режимів і забезпечують високі якісні показники цього процесу. Розроблений комплекс науково-технічних рішень дозволяє забезпечити вимоги, що ставляться до товарної продукції: точність геометричних розмірів поперечного перерізу прокату, необхідна щільність змотування прокату в мотках, товарний вигляду мотків прокату.

У ході виконання роботи проведено аналіз вимог до керування процесом змотування прокату моталкою типу Гаррета.

Установлені закономірності необхідні для керування моталкою типу Гаррета в процесі захоплення прокату моталкою.

Проведено аналіз механізму зриву крайніх витків у процесі змотування прокату моталкою типу Гаррета й обґрунтування правил керування моталкою типу Гаррета, мінімізуючи імовірність такого зриву витків.

Визначені закономірності, що описують взаємозв'язок трайбапарата з прокатом, і формування стратегії керування системою трайбапарата в процесі змотування прокату.

Виконана розробка системи керування системами, взаємодіючими при змотуванні сортового прокату на моталках типу Гаррета, що забезпечує мінімізацію коливань натягу прокату на ділянці випускна кліть-моталка при переході до змотування нового шару прокату.

Ключові слова: технологічний процес, система керування, змотування сортового прокату, математична модель, моталка типу Гаррета, закони керування змотуванням, розрахунковий експеримент.

АННОТАЦИЯ

Бешта Д.А. Автоматизация процессов управления переходными режимами сматывания сортового проката на основе их идентификации. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – автоматизация процессов управления. – ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, 2019.

Представленная работа посвящена решению научной задачи исследования и разработки законов, методов, моделей и других современных научно-технических решений по автоматизации процесса управления технологическими системами, взаимодействующими при сматывании сортового проката на моталках типа Гаррета, предотвращающие локальную утяжку профиля проката на разных стадиях процесса сматывания на основе идентификации переходных режимов и обеспечивающие высокие качественные показатели этого процесса.

Для решения поставленной задачи использовались аналитические методы механики и сопротивления материалов для исследований закономерности захвата проката моталкой и срыва крайних витков, обработка металла давлением для установления закономерностей, описывающих транспортировку проката трайбаппаратом, теория автоматического управления, математическое моделирование для исследования процесса сматывания проката с натяжением и управление данным процессом, механика и гидравлика при разработке системы укладчика.

Разработанный комплекс научно-технических решений позволяет обеспечить требования, предъявляемые к товарной продукции: точность геометрических размеров поперечного сечения проката, необходимую плотность сматывания проката в мотках, товарный вид мотков проката.

В ходе выполнения работы проведен анализ требований к управлению процессом сматывания проката моталкой типа Гаррета.

Усовершенствованы закономерности управляемого изменения скорости вращения стола моталки при захвате проката за счет создания математической модели взаимодействия проката со столом и барабаном моталки во время захвата проката моталкой, которые обеспечивают надежный захват проката моталкой и своевременный переход к режиму сматывания проката с натяжением с предотвращением рывков натяжения и локальной утяжки профиля проката

Проведен анализ механизма срыва крайних витков в процессе сматывания проката моталками типа и обоснован закон управления укладчиком, путем применения расчета по установленной зависимости, который заключается в смещении точки (высоты) реверса укладчика текущего слоя относительно точки реверса укладчика предыдущего слоя на соответствующую величину, в отличие от известных законов, что позволяет предотвратить срыв крайних витков при отсутствии реборд и связанное с этим явление рывков натяжения и локального втягивания профиля проката

Определены закономерности, описывающие взаимосвязь трайбаппарата с прокатом и формирование стратегии управления системой трайбаппарата в процессе смотки проката. На основе учета необходимого усилия и деформации поверхности проката при его транспортировке установлено, что согласованный контроль якорного тока и скорости вращения трайбаппарата обеспечивают полную параметрическую идентификацию режима транспортировки проката, что позволяет повысить точность настройки данного режима и уменьшить коэффициент опережения трайбаппарата с 10-15 % до 5 %.

Уточнено, что включение контура стабилизации прогиба проката путем регулирования скорости выпускной клетки при переходе к намотке нового слоя проката и его отключение при достижении прогиба проката заданной величины, обеспечивают устранение локальной утяжки профиля проката в валках выпускной клетки путем сокращения времени согласования скорости проката на выходе из клетки со скоростью намотки.

Выполнена разработка системы управления взаимозависимыми системами механизмов участка смотки сортового проката для мелкосортно-проволочного стана ДСДС 250 / 150-6 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», что позволяет предотвратить рывки натяжения и локальную утяжку профиля проката при его сматывании для получения сортового проката с высокой точностью размеров его сечения.

Обоснованы научно-технические решения и разработана система управления укладчиком, который обеспечивает плавное регулирование скорости его перемещения в широком диапазоне скоростей.

Ключевые слова: технологический процесс, система управления, сматывание сортового проката, математическая модель, моталка типа Гаррета, законы управления смоткой, расчётный эксперимент.

ABSTRACT

Beshta D.A. Automation of processes for managing transient modes of winding long rolled products based on their identification. – As a manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.13.07 – automation of control processes. – SIHE "Kryvyi Rih National University", Kryvyi Rih, 2019.

The presented work is devoted to solving the scientific problem of building an interconnected control system that ensures the coiling of rolled products by Garrett-type winders based on identification transient modes in order to obtain high-quality skeins of long products.

The developed complex of scientific and technical solutions allows to meet the requirements for marketable products: the accuracy of the geometric dimensions of the rolled cross-section, the necessary density of winding rolled products in the coils, reel of salable type.

In the course of the work, an analysis was made of the requirements for managing the process of rolling the coiler of a Garret type.

The regularities necessary for controlling the Garrett type winder in the process of capturing the winder rolled are established.

An analysis of the mechanism for breaking the edge turns in the process of winding long product on the coilers Garrett type has been carried out and the rules for controlling the coilers of the Garrett type have been substantiated, minimizing the likelihood of such a break of the turn of coil.

The laws describing the relationship of the wire feeding with rental and the formation of a strategy for managing the wire feeding system during coiling of the long product were determined.

The development of a control system for systems that interact when winding long products on Garrett-type winders is developed, which minimizes the fluctuations in the tension of the rolled stock at the site of the exit-winder stand during the transition to winding a new rolled stock.

Key words: technological process, control system, rolled section winding, mathematical model, Garrett type winder, winding control laws, computational experiment.

БЕШТА ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ПЕРЕХІДНИМИ РЕЖИМАМИ
ЗМОТУВАННЯ СОРТОВОГО ПРОКАТУ НА ОСНОВІ ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ**

(Автореферат)

Підписано до друку __.__.2019 р.
Гарнітура Times. Друк різнографічний.
Папір офсетний. 0,9 умов. друк. арк.
Тираж 100 прим. Зам. №____
Друк ТОВ "БАРВІКС"

Свідоцтво про внесення до державного реєстру
№24 від 25.07.2000 р.
49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 21