

Національна академія наук України
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова

На правах рукопису

Зайцев Вадим Сергійович

Теоретичні основи розроблення та застосування
методів, технічних засобів та систем інформаційної
підтримки АСУ ресурсозберігаючими технологіями
в металургійному виробництві

05.13.08 - обчислювальні машини, системи та
мережі, елементи і пристрої
обчислювальної техніки і систем
керування

Автореферат дисертації на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук

Київ 1997

004.03

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00738091 (S)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Приазовському державному технічному університеті.

Офіційні опоненти : доктор технічних наук, професор Єгіпко Володимир Михайлович,
доктор технічних наук Романович Станіслав Семенович,
доктор технічних наук, професор Володарський Євген Тимофійович

Провідна організація : НПК "Київський інститут автоматки"

Захист відбудеться 26 червня 1997 р. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д01.39.04 в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України за адресою :

252022, Київ-22, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічному архіві інституту.

Автореферат розісланий 1997 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради

Гуменюк-Сичевський В.І.

Загальна характеристика роботи

Підвищення продуктивності виробництва, якості продукції, її надійності і, як наслідок, покращення економічних показників визначаються зараз ступенем оснащення виробництва комплексними автоматизованими системами управління на базі широкого використання обчислювальної та мікропроцесорної техніки. Успішна робота АСУ визначається своєчасним збиранням, передачею та переробкою інформації та прийняттям на цій основі оптимальних рішень.

При контролі та управлінні промисловими об'єктами і виробництвами виникає необхідність автоматичного збирання та обробки великих обсягів інформації. Складні системи, які використовуються для цієї мети, одержали назву інформаційно-вимірюваних систем. Такі системи необхідні, зокрема, при створенні АСУ основними виробництвами, у транспортних, енергетичних та інших господарствах великих промислових підприємств, у т.ч. і металургійних. Технологічні процеси у чорній металургії характеризуються суттєвою нестационарністю у часі, це ускладнює використання математичних моделей і вимагає їх подальшого та безперервного удосконалення. Удосконалення математичних моделей, які дозволяють ідентифікувати нестационарний динамічний процес та управляти ним, створення адекватних систем управління можливі тільки на основі одержання та своєчасної обробки інформації про поточні значення вихідних і вхідних величин.

Ефективна організація роботи технологічного металургійного комплексу передбачає рішення трьох груп керуючих завдань, які у практичному відношенні утворюють три рівня.

До вищого рівня належать завдання організації, синхронізації та координації окремих технологічних ділянок та виробництв.

До середнього рівня належать завдання оптимізації окремих ділянок та процесів. До нижчого ієрархічного рівня належать завдання контролю і стабілізації окремих режимних параметрів.

Оскільки нижчий рівень організації роботи технологічного комплексу може функціонувати самостійно, тоді як середній та вищий не можуть функціонувати без нижчого, зрозуміло, що розв'язання завдань контролю і невід'ємною складовою частиною АСУ будь-якого виду.

У прокатному виробництві одним із заходів, який спрямований на використання внутрішніх резервів, є зниження втрат придатного металу з обрізку і при прокатці з плюсовими допусками. Зазначені втрати виникають через те, що людина, яка у більшості випадків зараз керує технологічним потоком, не завжди може приймати оптимальні рішення.

Аналіз показує, що втрати придатного металу з обрізку і при прокатці з плюсовими допусками можна зменшити. Вирішальні значення при цьому має підвищення точності реалізації технологічних операцій на всіх ділянках прокатної переробки, які входять у поточну лінію.

Витратні коефіцієнти металу при виробництві прокату, який роставляється мірними довжинами, у переробних цехах суттєво залежать від параметрів заготовок, які надходять із заготовочного стану або МБЛЗ. Виходячи із умови мінімуму втрат у переробному цеху і враховуючи технологічні умови прокатки, можна розробити вимоги до розкрою металу на заготовочних станах та МБЛЗ. У свою чергу, зміна параметрів заготовок впливає на раціональну вагу злитків, які надходять на заготовочний стан. Транспортні перевезення між цехами на металургійному підприємстві можуть розглядатись як технологічні ділянки у загальному ланцюзі переробки. Такими ділянками є, наприклад, перевезення розплавленого чавуну із доменного цеху в мартенівський та конверторний цехи, точніше, в їх міксерні відділення, перевезення агломерату, окатишів, вапна, коксу та ін. з місць їх виробництва у доменні цехи металургійних підприємств, перевезення розплавленого шлаку до місць його переробки тощо. Названі ділянки на металургійному підприємстві характеризуються певною кількістю транспортних засобів (чавуновозні та шлаковозні ковші, хопери для перевезень сипких речовин, коксовози та ін.)

Названі транспортні засоби експлуатуються на території металургійного комбінату і, як правило, за межі підприємства не виходять. Крім транспортних засобів, які не виходять за межі підприємства, для нормальної роботи використовуються постійні транспортні засоби для перевезення сировини, заготовок та готової продукції від місць виробництва до місць використання між підприємствами, які розташовані, як правило, у різних місцях. У цьому випадку транспортні засоби змушені частину свого шляху здійснювати по залізничній системі Міністерства шляхів сполучення.

Для автоматизації контролю за рухомими об'єктами залізничного транспорту виникла і дуже актуальною є необхідність зчитування інформації з цих об'єктів. Створення технічних засобів контролю за місцезнаходженням вагонів та зайнятістю ділянок залізничних колій дозволяє успішно розв'язувати ряд завдань, які пов'язані з автоматизацією операцій обліку кількості грузів, які перевозяться з використанням транспортних засобів.

Різні технологічні ділянки розглядаються автором у зв'язку з тим, що пристрої, запропоновані для інформаційного забезпечення АСУ ТП на цих ділянках, використовують ті самі явища та конструкції пристроїв, які

створюються з різною метою, мають багато спільного. Для створення нових засобів та пристроїв автором пропонується більш широко використовувати явища, які виникають при поширенні та відображенні акустичних та електромагнітних хвиль.

Перераховані приклади технологічних ділянок аж ніяк не висчерпнуть необхідності та можливості запропонованих засобів та пристроїв, а наведені лише для ілюстрації ефективності їх використання з метою контролю та вимірювання за допомогою акустичних та електромагнітних хвиль.

У дисертації наводяться описи і деяких інших пристроїв автоматичного контролю та формування необхідної інформації, які розроблені з безпосередньою участю автора, які є одними з перших розробок у цій галузі, представляють певний інтерес і сьогодні.

Мета і напрямок досліджень

Метою дисертаційної роботи є вирішення наукової та практичної проблем створення нових методів, технічних засобів та систем інформаційної підтримки сучасних АСУ ресурсозберігаючими технологіями в металургійному виробництві.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються завдання:

- а) визначення на основі теоретичних та експериментальних досліджень основних чинників, які впливають на величину втрат на обраних технологічних ділянках виробництва;
- б) вибір параметрів технологічних процесів та виробів, які підлягають контролю, та точності їх визначення на основі аналізу математичних моделей;
- в) розробка нових засобів та пристроїв для контролю обраних параметрів і застосування їх у виробничих умовах;
- г) розробка автоматичних систем для зниження втрат виробництва на основі використання розроблених пристроїв.

Методи досліджень.

Оцінка правильності та ефективності розробок на всіх стадіях здійснювалась на основі експериментальних і теоретичних досліджень. У дисертації використаний математичний апарат теорії імовірностей, чисельні методи рішення звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у часткових похідних, лінійної алгебри та матриць, векторний аналіз.

Наукова новизна роботи.

1. Розроблені теоретичні основи мінімізації втрат при виробництві м'якого прокату, у тому числі:

- а) одержані математичні вираження для функції втрат;
- б) розроблені алгоритми розкрою заготовок по масі при різних способах формування вхідної інформації;
- в) сформульовані вимоги до виду і точності вихідної інформації;
- г) доведена можливість створення автоматичної системи дозування заготовок по масі із самонастройкою.

2. Розроблені оригінальні системи для реалізації розкрою заготовок по масі, виходячи із мінімуму втрат.

3. На основі аналізу сучасного стану АСУ на промисловому транспорті теоретично обґрунтована необхідність створення засобів автоматичного зчитування інформації з рухомих об'єктів та контролю за їх місцезнаходженням.

4. Розроблений комплексний інформаційний критерій, що дозволяє порівнювати технічні засоби контролю та вимірювання по таким параметрам, як точність, надійність, швидкодія та економічні показники.

5. Теоретично обґрунтована можливість використання явищ інтерференції та дифракції акустичних хвиль для вимірювання геометричних розмірів акустично непрозорих тіл.

6. Теоретично обґрунтована можливість вимірювання відстаней з допомогою акустичних хвиль у неоднорідному повітряному середовищі та розроблена методика таких вимірювань.

7. Досліджена променева картина при нормальному та похилому падінні акустичних хвиль у неоднорідних середовищах, зокрема, поблизу поверхні нагрітого тіла.

8. Розроблені нові способи та пристрої контролю та вимірювання за допомогою акустичних хвиль, у тому числі:

- а) засіб обліку виробів;
- б) засіб безконтактного вимірювання відстаней;
- в) засіб вимірювання відстаней до поверхні нагрітого тіла;
- г) засіб визначення теоретичного радіуса рулона у процесі намотки довгомірного матеріалу;
- д) засіб визначення махового моменту рулона смуги в процесі намотки;
- е) прилад для зчитування інформації із кодкових пластин рухомих об'єктів.

9. Теоретично обґрунтована можливість передачі енергії у контур, що рухається, достатньої для роботи кодових датчиків, за допомогою електромагнітного поля.

10. Запропонована більш раціональна порівняно з методом інтегральних рівнянь методика розрахунку передачі енергії у системі з двох контурів.

11. Теоретично обґрунтована можливість вимірювання відстаней до поверхні провідного тіла за допомогою систем із двох контурів (що індуктує електромагнітне поле та вимірювального).

12. Розроблені нові засоби та пристрої контролю та вимірювання за допомогою електромагнітних полів, у тому числі:

- а) пристрої для зчитування різної інформації з рухомих об'єктів залізничного транспорту (постійної, що формується на об'єкті, змінної);
- б) крапковий колійний датчик;
- в) система контролю зайнятості залізничної колії.

Практична цінність.

Нові засоби та пристрої дозволяють покращити інформаційну підтримку АСУ.

Більше того, без цих засобів та пристроїв створення деяких АСУ ТП у принципі утруднене. До таких АСУ ТП можна віднести системи, які забезпечують одержання заготовок заданої маси, системи стеження за рухливими об'єктами залізничного транспорту, системи визначення рівня розплаву в чавуновозних і сталерозливних ковшах, більш точного обліку вантажопотоків.

Реалізація результатів роботи.

На основі розроблених засобів та пристроїв створені та впроваджені:

- а) автоматична система вагового дозування заготовок на ножицях бльомінга 1170 комбінату "Азовсталь";
- б) апаратура контролю положення вагону у вагоноперекидачеві Маріупольського морського порту;
- в) акустичний пристрій для контролю наявності металу;
- г) удосконалена система управління летучими ножицями на комбінаті ім. Ілліча;
- д) система для вимірювання рівня розплаву у чавуновозних ковшах;
- е) система для вимірювання зазору між валками і погодження лінійних швидкостей валков у цеху ЛПЦ-4500 МК ім. Ілліча.

В дослідну експлуатацію була впроваджена система автоматичного зчитування номерів вагонів при зважуванні вантажів на вагах у залізничному цеху МК "Азовсталь".

Правильність теоретичних висновків та практичну цінність розробок автора підтверджують результати випробувань у промислових умовах, а саме:

а) випробування апаратури автоматичного зчитування інформації електронно-індукційного принципу дії, розробленої Приазовським державним технічним університетом з рушійного пересувного поїзда на експериментальному кільці ст. Щербинка;

б) випробування макетного зразка системи автоматичного зчитування інформації з пересувного поїзда у Мінському метрополітені;

в) приймальні випробування колійної педалі (реверсивного колійного датчика контролю ходження пересувного поїзда) на експериментальному кільці ст. Щербинка;

г) дослідно-промислові випробування системи безперервного контролю ширини листів у процесі прокатки в ЛПЦ-4500 МК ім. Ілліча;

д) приймальні випробування системи автоматичного зчитування інформації з пересувного поїзда у Мінському метрополітені;

е) попередні випробування модернізованої електронноіндукційної системи зчитування інформації з пересувного поїзда на ст. Щербинка.

Всі перелічені заходи по впровадженню та випробуванням систем підтверджуються актами впровадження, актами та протоколами випробувань. Результати роботи використовуються у навчальному процесі в лекційних курсах "Теоретичні основи електроавтоматики", "Основи автоматизації, АСУ та застосування мікропроцесорів", "АСУ промисловим транспортом", а також у лабораторному практикумі, курсовому та дипломному проектуванні при підготовці спеціалістів за спеціальністю "Автоматизація технологічних процесів та виробництв".

Основні положення, які виносяться на захист:

а) нові теоретичні положення та науково обгрунтовані технічні рішення, які виникають при виробництві мірного прокату і створенні технічних засобів та систем реалізації цих рішень;

б) теоретично обгрунтовані основи створення методів та технічних засобів інформаційної підтримки сучасних АСУ, використовуючих акустичні хвилі;

в) теоретично обгрунтовані основи створення методів, технічних засобів та систем інформаційної підтримки сучасних АСУ, використовуючих електромагнітні поля та хвилі;

г) комплекс засобів та пристроїв для виявлення виробів, контролю та вимірювання відстаней та геометричних розмірів виробів, у тому числі у неоднорідних середовищах;

д) комплекс засобів для зчитування інформації з пересувних об'єктів, які не мають автономних джерел живлення, для виявлення пересувних об'єктів залізничного транспорту та контролю зайнятості ділянок залізничної колії;

е) комплекс пристроїв для отримання та обробки технологічної інформації з метою створення локальних АСУ ТП та інформаційного забезпечення АСУ більш високих рівней.

Апробація роботи.

Дисертаційна робота та окремі її розділи доповідались та обговорювались:

а) на Всесоюзній науково-технічній конференції "Розробка та впровадження АСУ прокатними станами" (Москва, 1975 р.);

б) на Республіканській межгалузевій науково-технічній конференції "Шляхи скорочення застосування ручної та тяжкої, а також некваліфікованої праці" (м. Київ, 1975 р.);

в) на Всесоюзній науково-технічній конференції "Автоматизація листових станів гарячої прокатки" (м. Москва, 1977 р.);

г) на Всесоюзній науково-технічній конференції "Прогресивні технологічні процеси у виробництві холоднокатаного листа" (м. Липецьк, 1985 р.);

д) на Всесоюзній науково-технічній конференції "Розробка та впровадження АСУ ТП у прокатному виробництві" (м. Москва, 1987 р.);

є) на Всесоюзній науково-технічній конференції "Завдання технічного переозброєння листопркатного виробництва" (м. Дніпропетровськ, 1987 р.);

ж) на Всесоюзному науково-дослідному семінарі "Управління перевезенням на основі автоматизації" (м. Ростов-на-Дону, 1990 р.);

з) на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Ждановського металургійного інституту (Приазовського державного технічного університету) (м. Маріуполь, 1977-1988 рр., 1990-1996 рр.).

По темі дисертації опубліковано 54 роботи, у т.ч. 4 монографії, 6 авторських свідоцтв та патентів на винаходи, 26 статей, 8 доповідей.

Дисертація складається із вступу, шести глав, заключення, списку літератури, який вміщує 148 найменувань.

Обсяг дисертації складає 303 стор. машинописного тексту, 107 малюнків, 11 таблиць.

Загальний обсяг 303 сторінок .

Зміст роботи.

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета та напрямки досліджень та розробок, подана загальна характеристика роботи, викладені відомості про апробацію роботи, стисло викладено зміст роботи.

У першій главі на основі обробки експериментальних даних та аналізу одержаних даних вироблені вимоги до обсягу і точності інформації, необхідної для створення АСУ ТП, мінімізуючої втрати при виробництві мірного прокату (рейків та листів). Встановлено, що вага погонного метра (п.м.) мірного прокату та вага заготовки залежать від випадкової зміни багатьох технологічних параметрів і самі є величинами випадковими, для яких може бути прийнятий нормальний закон розподілу щільності імовірностей.

Вияток складає вага литих заготовок, призначених для отримання мірних листів. Значення цього параметру не завжди вдається підпорядкувати якому-небудь із відомих законів розподілу. У цьому випадку необхідно використати гістограму розподілу ваги литих заготовок.

Встановлено, що математичне очікування ваги п.м. рейок $M [q]$ зростає в залежності від числа розкатів, прокатаних у чистовому калібрі. Середнє квадратичне відхилення (СКВ) σ_q ваги q п.м. рейок залишається при цьому практично незмінним, дорівнює 0,3 кг.

Вага п.м. рейок визначалася шляхом вирізання проб із рейкового розкату на пилах гарячого різання, їх ретельного обміру штангенциркулем з точністю $\pm 0,1$ мм та зважування на вагах з класом точності 0,01 із наступним перерахуванням отриманих результатів до погонного метра.

Згідно з технологічними інструкціями вага п.м. рейок не повинна перевищувати номінальної більш ніж на 0,3 кг.

Для випадкової величини q з нормальним розподілом щільності імовірності, імовірність влучення в інтервал $(q_{\text{ном}} \pm 0,3 \text{ кг})$ складає біля 68%. Ця імовірність визначена за допомогою інтеграла імовірностей при умові, що СКВ σ_q складає 0,3 кг.

Отримані дані свідчать про те, що у 32% всіх отриманих рейок вага п.м. знаходиться поза інтервалом $(q_{\text{ном}} \pm 0,3 \text{ кг})$. Це веде до скорочених рейок, до того, що придатний метал іде в обрізь, і так само веде до надмірних та зайвих витрат металу при прокатці рейок із плюсовими допусками. Аналогічна ситуація виникає і при виробництві мірних листів у товстолистовому прокатному цеху.

При дослідженні статистичних характеристик мірних листів масу п.м. листів розраховували на підставі обробки результатів випробувань, при яких важили кожний лист, вимірювали його геометричні розміри і по пробах, що вирізали, які також ретельно важили та обмірювали, перерахували отримані дані на п.м. листа. Товщину листів визначили з точністю $\pm 0,01$ мм, товщину заготовок - з точністю $\pm 0,1$ мм, довжину та ширину заготовок та листів - з точністю ± 1 мм. СКВ σ_Q маси заготовок Q складало від 74 кг до 89 кг (в залежності від номінальної ваги заготовок). Математичне очікування ваги заготовок $M[Q]$ в середньому на 50 кг виходило менше номінального. СКВ σ_q п.м. листів складало від 3 кг до 5 кг у залежності від товщини листів.

Втрати, які пов'язані з відходом придатного металу в обрізь, виникають при виконанні умови

$$\Delta Q = Q_i - q_i l_0 > 0, \quad (1)$$

де Q_i та q_i - поточні значення ваги заготовки та ваги п.м. мірного прокату (рейок або листів);

l_0 - мінімальна необхідна довжина розкату, як розрахована із умови отримання нормальної продукції, технологічної обрізі з урахуванням відбору необхідних проб.

При виконанні умови

$$\Delta Q_i = Q_i - q_i l_0 < 0 \quad (2)$$

виникають витрати, які пов'язані з отриманням скороченого прокату. Величина ΔQ_i є величиною випадковою, підкоряється законові розподілу, який є композицією законів розподілу щільностей імовірностей величин Q_i та q_i тобто у випадку, який розглядаємо

$$M[\Delta Q_i] = M[Q_i] - M[q_i] l_0, \quad (3)$$

$$\sigma_{\Delta Q_i} = \sqrt{\sigma_{Q_i}^2 + l_0^2 \sigma_{q_i}^2} \quad (4)$$

де $M[\Delta Q_i]$, $M[Q_i]$, $M[q_i]$ - математичні очікування відповідних величин:

$\sigma_{\Delta Q_i}$, σ_{Q_i} , σ_{q_i} - СКВ відповідних величин.

Витрати у грошовому вираженні на одну заготовку для рейок можуть бути визначені у вигляді функції втрат A_i , як

$$A_i = \Delta Q_i p_i c_1 + [25 - \Delta l_i] v_i c_2, \quad (5)$$

де p_i - імовірність появи обрізі, тобто, імовірність появи подій $\Delta Q > 0$;

v_i - імовірність появи скорочених рейок, тобто імовірність появи подій $\Delta Q_i < 0$;

ΔQ_i - відхилення ваги заготовки від розрахованого;

25 - довжина нормальної рейки, м;

Δl_i - величина скороченої рейки,

$$\Delta l_i = \left| \frac{\Delta Q_i}{q_i} \right|, \text{ м};$$

$C_1 = C_{\text{опт.}} - C_{\text{обр.}}$, $C_{\text{опт.}}$ - оптова ціна 1 т рейок;

$C_{\text{обр.}}$ - ціна 1 т габарітної обрізі, грн/т;

C_2 - скидка з оптової ціни для скорочених рейок (за п.м.), грн/т.

Для мірних листів функція втрат запропонована у вигляді

$$A_i = \Delta Q_i r_i c_1 + [q_i l_0 - \Delta Q_i] v_i c_2, \quad (6)$$

де ΔQ_i - відхилення ваги литої заготовки від розрахованого значення, кг;

l_0 - довжина мірного листа, м;

q_i - імовірність появи додаткової обрізі;

v_i - імовірність появи скороченого листа;

$c_1 = c' - c'_{\text{обр}}$, c' - собівартість листа після його прокатки на листовій клітці,

$c_{\text{обр}}$ - вартість обрізі, грн/кг;

$c_2 = c - c_{\text{укор}}$, $c_{\text{укор}}$ - собівартість скороченого листа, грн/кг;

c - собівартість придатного листа, грн/кг.

У загальному випадку $v_i = 1 - p_i$, оскільки імовірність події $\Delta Q_i = 0$ дуже мала. Функції втрат за вираженнями (5) та (6) уявляють собою цільові функції. Варіюючи числові характеристики ваги заготовок та ваги п.м. мірного прокату для кожного сполучення можна визначити імовірності появи позитивної або негативної величини ΔQ_i , використовуючи вираження (3), (4) та інтеграл імовірностей.

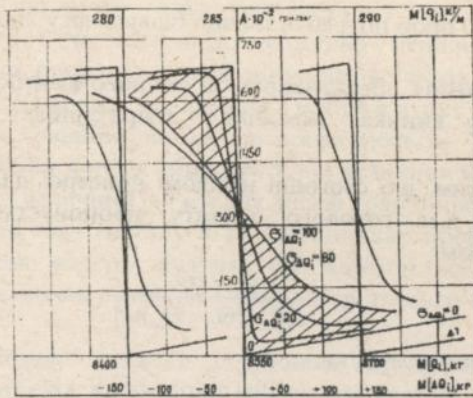
На мал. 1 показані криві функції втрат, які побудовані за виразом (6) для листів товщиною 18 мм, шириною 2000 мм та довжиною 14 000 мм. Криві побудовані для трьох значень математичного очікування ваги п.м. листів та відповідного їм математичного очікування ваги заготовок (із однієї заготовки отримують два мірних листи).

Аналіз кривих показує:

а) мінімум втрат при виробництві мірного прокату виникає тільки при позитивних значеннях величини ΔQ_i (1);

б) для виконання умови (1) необхідно забезпечити отримання заготовок із заданими числовими характеристиками;

в) ця вимога відноситься і до числових характеристик ваги п.м. листів.



Малюнок 1 - Залежність функції втрат від параметрів ΔQ_i та $\sigma_{\Delta Q_i}$

Оскільки вага п.м. рейок змінюється на протязі кампанії випускного калібру чистової кліти на замовлення, визначеному виробкою валків, вага заготовок, які надходять із заготовочного стану, повинна змінюватись так, щоб умова (1) виконувалась також при будь-якому значенні п.м. рейок.

Із викладеного вище впливає необхідність контролю ваги п.м. готового прокату та ваги заготовок.

Хоча СКВ σ_q ваги п.м. готового прокату визначається варіацією умов прокатки, наша уява про нього перекручується СКВ σ_{qn} , зумовленими похибки визначення величини q . Має місце співвідношення

$$\sigma_q = \sqrt{\sigma_{qn}^2 + \sigma_{qi}^2},$$

де σ_{qn} визначається тільки варіацією умов прокатки.

Зменшення СКВ σ_q може бути досягнута за рахунок зменшення погрешності визначення σ_{qn} . Для зменшення огріху середнього необхідно збільшувати число вимірів, причому

$$\tilde{\sigma}_{qi} = \frac{\sigma_{qi}}{\sqrt{n}},$$

де σ_{qi} - середня квадратична похибка середнього;
 n - число вимірювань.

Так, для рейок при $\sigma_q = 0,3$ кг

$\sigma_{qn} = 0,18$ кг, а $\sigma_{qi} = 0,24$ кг.

Для отримання $\sigma_q = 0,2$ кг при $\sigma_{qn} = 0,18$ кг σ_{qi} повинно задовольняти умові $\sigma_{qi} \leq 0,087$ кг. Для цього необхідно зробити не менше 8 - 10 вимірювань. При одноразовому вимірюванні час обробки складає декілька

хвилин, обробка 10 проб потребує значно більше часу, це може привести до появи браку.

Для забезпечення оперативного та точного контролю цієї ваги п.м. готового прокату виникає завдання апаратурного контролю цього параметру.

В зв'язку з тим, що сьогодні невідомі пристрої для безпосереднього визначення ваги п.м. готового прокату, пропонується визначити цю величину за виразом

$$q_i = \frac{Q_i - \delta Q_i}{L_i [1 - (\Theta_i - \Theta_x) \alpha]}$$

де Q_i - вага заготовки, кг;

δQ_i - втрати металу при нагріві та прокатці, кг;

L_i - довжина розпеченого розкату, м;

θ_i - температура розкату перед порізкою, $^{\circ}\text{C}$;

θ_x - температура охололого прокату, $^{\circ}\text{C}$;

α - температурний коефіцієнт лінійного розширення, м/град.

Помилка визначення ваги п.м. готового прокату залежить від помилок при визначенні ваги заготовки Q_i , довжини L_i та температур θ_i та θ_x .

Температура металу θ_i в момент різання може бути визначена за допомогою стандартних пірометрів з точністю $\pm 10^{\circ}\text{C}$. Для виміру довжини розкатки можна використати пристрої, які засновані на використанні телевізійної техніки, фотоімпульсних, із вимірюванням роликів, які дозволяють контролювати цей параметр з точністю $\pm 0,05$ м.

Характеристики ваги заготовок, яка вимагається, може бути визначена за виразом:

$$Q = qL(1 - \alpha\Theta),$$

$$\sigma_Q = \sqrt{M^2[L]\{1 - \alpha M[\Theta]\}^2 \sigma_q^2 + M^2[q]\{1 - \alpha M[\Theta]\}^2 \sigma_L^2 + \alpha^2 M^2[q]M^2[L]\sigma_{\Theta}^2}$$

де $M[\theta]$, $M[q]$ та $M[L]$ - математичні очікування відповідних величин;

σ_Q , σ_q , σ_L , σ_{θ} - СКВ відповідних величин.

Абсолютні відхилення величин Q , q , L та θ можна визначити із нормального закону розподілу у вигляді

$$\varepsilon_q \approx 3\sigma_q, \varepsilon_Q \approx 3\sigma_Q, \varepsilon_L \approx 3\sigma_L, \varepsilon_{\theta} \approx 3\sigma_{\theta}.$$

На МК "Азовсталь" прокатують 3 типи рейок Р65, Р50 та С49, у яких σ_q приблизно однакові і дорівнює 0,3 кг на п.м. рейки. Довжина розкатки та її температура також мають характеристики однакові для всіх типів рейок. Вага заготовки залежить при інших рівних умовах від ваги п.м. рейок q .

При прокатці мірних листів для зниження втрат необхідно, по-перше, стабілізувати масу заготовок та вагу п.м. листів з тим, щоб дисперсії цих випадкових величин були знижені до можливо менших значень та, по-друге, здійснювати прокатку у полі мінусових допусків, враховуючи при цьому, що величина допуску, яка визначає мінімум втрат залежить від ваги литої заготовки та товщини листів, що прокатуються. Такі рекомендації розроблені і мінусовий допуск змінюється від величини 0,17 мм для листів товщиною 10 мм до величини 0,4 мм для листів товщиною 20 мм.

При намотці смуг металу в рулон виникає проблема визначення поточного значення радіусу рулона, що намотується. Ця інформація необхідна для визначення поточного значення махового моменту рулону у процесі намотки.

Маховий момент моталки з рулоном M_q пропонується автором визначати за формулою

$$M_g = \frac{\left\{ GD_M^2 + \sum_{i=1}^k [2gpb\pi(2R_{pi}h_i - h_i^2)(2R_{pi}^2 - 2R_{pi}h_i + h_i^2)] \right\}}{375} \cdot \frac{dn_M}{dt} \quad (7)$$

де GD_M^2 - маховий момент моталки;

g - прискорення сили ваги;

ρ - питома вага металу;

b - ширина смуги;

R_{pi} - поточне значення радіусу рулону;

h_i - товщина смуги у i -му витку;

i - порядковий номер витка;

n_M - швидкість обертання моталки;

Радіус рулону R_{pi} пропонується визначити із вираження

$$R_{pi} = L - x_i,$$

де L - відстань від осі моталки до місця установки вимірювального перетворювача;

x_i - виміряна відстань від поверхні намотуваного матеріалу до місця установки вимірювального перетворювача.

Комплекс пристроїв для систем локальної автоматизації стану 4500 МК ім. Ілліча розроблений з метою автоматизації операцій по контролю за поточними значеннями деяких важливих параметрів прокатки. За завданням необхідно розробити такі системи контролю та управління:

- а) систему для вимірювання зусиль при прокатці;
- б) систему для вимірювання зазору між валками;
- в) систему погодженого управління головним приводом та валками;
- г) систему для вимірювання шишини листів.

Узагальнюючи викладене у першій главі, необхідно відзначити:

а) на основі аналізу залежності втрат, які виникають при виробництві мірного прокату, винайдені оптимальні значення статистичних характеристик ваги заготовок і ваги п.м. готового мірного прокату, які забезпечують мінімум втрат;

б) на основі аналізу залежностей ваги п.м. готового мірного прокату від точності визначення ваги заготовок, довжини розкатки та температури металу сформульовані вимоги до точності дозування заготовок у масі і до точності вимірювальних пристроїв;

в) отримані аналітичні вирази для визначення динамічного моменту моталки з рулоном із використанням інформації про радіус рулона, отриманої в результаті прямих вимірювань;

г) стисло сформульовані вимоги до систем локальної автоматизації на стані 4500 МК ім. Ілліча.

У другій главі на основі аналізу вантажопотоків, необхідних для організації технологічних операцій на окремих ділянках металургійного підприємства, сформульовані вимоги до організаційної та функціональної структур АСУ залізничних перевезень металургійного підприємства.

На основі аналізу перевезень на окремих ділянках сформульовані вимоги до інформаційного забезпечення АСУ.

Проаналізоване транспортування рідкого чавуну у чавуновозних ковшах із доменого цеху в конверторний та мартеновський цехи, перевезення агломерату на ділянці аглофабрика - домений цех, перевезення коксу на ділянці коксохімічний завод - домений цех.

Наведені матеріали за станом та тенденціями розвитку АСУ транспортними перевезеннями на залізничному транспорті.

Однією із вузлових проблем є правильний вибір засобів та пристроїв інформаційного забезпечення АСУ.

До таких необхідно віднести пристрої автоматичного зчитування інформації з пересувних об'єктів, у тому числі інформації змінної та такої, що формується на пересувному об'єкті, пристрої контролю зайнятості ділянки залізничної колії на основі застосування крапкових колійних безконтактних датчиків, пристрої автоматичного зважування вантажів та інші.

При перевезеннях рідкого чавуну велике значення має зниження втрат тепла. На теплові втрати та, в кінцевому рахунку, на температуру чавуну, який зливається в міксер, найбільшого впливу надає маса чавуну, який наливається у ківш, час транспортування наповнених та порожніх ковшів, втрати при наливі та зливів ковшів, у відділеннях десульфурації та скачування шлаку.

Контроль кількості чавуну, що наливається у ківш, можливий або шляхом вимірювання рівня розплаву, або шляхом його зважування.

Скорочення часу транспортування можливо при створенні системи стеження за місцем знаходження налитих ті порожніх ковшів, для чого необхідно обладнати ковші пристроями для зчитування інформації про їх номер, а також обладнати пристроями контролю зайнятості колії всі технологічні ділянки при транспортуванні ковшів.

При перевезенні агломерату та коксу для точного обліку вантажів, що перевозяться, необхідний повагонний контроль.

Обладнання кожного хопера коксовозу пристроями для зчитування інформації про їх номер дозволить вести повагоний облік їх тари, вага тари коливається у межах 0,5 - 1,5 т за рахунок залишків сипких, ваги брутто, і потім за допомогою ЕОМ обчислювати вагу нетто, враховувати загальну кількість перевезеного матеріалу за зміну, добу, тиждень тощо.

У третій главі зроблений аналіз існуючих засобів та пристроїв інформаційного забезпечення АСУ та обраний напрямок подальших розробок.

У процесі розробки АСУ виникає проблема вибору засобів інформаційного забезпечення із тих, що вже існують або необхідність розробки нових пристроїв для отримання необхідної інформації. Для порівняльної оцінки різних вимірjuвальних пристроїв автором пропонується використовувати комплексний інформаційний критерій,

$$K_u = \frac{g_u}{\gamma(c_1 + c_2)t}v,$$

де q_u - кількість інформації, отримана в результаті вимірювання;

γ - інтенсивність відмовлень всіх елементів, які входять у склад пристрою;

c_1 - купівельна вартість (ціна) пристрою;

c_2 - щорічні експлуатаційні витрати;

t - розрахунковий термін служби пристрою,

$$t = c_1/a,$$

ϑ де a - розмір амотизаційних відрахувань для даного виду техніки;

v - швидкодія.

Кількість інформації q_u , отримана в результаті вимірювання, дорівнює спаду невизначеності

$$g_u = H(x) - H(x/x_n),$$

тобто різниці ентропій H до та після вимірювання (x_n - показання приладу).

Оскільки у загальному випадку

$$H(x) = - \int_{-\infty}^{+\infty} P(x) \log P(x) dx,$$

то для різних законів в розподілу щільності імовірності отримані відповідні вирази. Так, для закону рівномірного розподілу щільності імовірності

$$g_u = -\log \frac{2\Delta}{x_2 - x_1},$$

де Δ - абсолютна погрішність вимірювання;

x_1 та x_2 - мінімально та максимально можливі значення параметру.

Для нормального закону розподілу щільності імовірності

$$g_u = \log \frac{\sigma_1}{\sigma_2},$$

де σ_1 та σ_2 - середні квадратичні відхилення параметру до та після вимірювання.

Інтенсивність відмови всіх елементів, які входять у пристрій, визначається за виразом

$$\gamma = \sum_{i=1}^N \gamma_i N_i,$$

де γ_i - інтенсивність відмови 1-го елемента;

N_i - число елементів i -го типу;

S - число елементів пристрою.

Були проаналізовані існуючі технічні засоби для отримання інформації про геометричні розміри прокату та для зчитування інформації з пересувних об'єктів, які не мають автономних джерел живлення.

Розглянутий фотоімпульсний вимірювач положення металу, який може бути використаний для визначення довжини прокату, лазерний вимірювач довжини смуги та швидкості її руху, використання вимірювального ролика для визначення довжин металу, що відрізується.

Розглянуті пристрої для визначення ширини прокату за допомогою фотоелектричних перетворювачів та телевізійного вимірювача поперечних розмірів.

Проаналізовані також і існуючі конструкції вимірювачів товщини прокату. Для цієї мети придатні фотоімпульсні перетворювачі, телевізійні методи із використанням лазерів як джерела світла, радіолокаційні пристрої, акустичні методи та пристрої.

При аналізі пристроїв для контролю геометричних розмірів були розглянуті конструкції ВНДУ Met маш, фірм "Exsatest", "Brown Boverly", "Philco Lonsdale Division", "Krautkremer" та інш.

При розгляданні проблеми та зчитуванні інформації з пересувних об'єктів були коротко розглянуті основні методи:

а) оптичні;

- б) акустичні;
- в) феромагнітні;
- г) радіоактивні;
- д) електромагнітні.

При аналізі було виявлено, що оптичні методи, які базуються на використанні телевізійної техніки або на використанні відзеркалення лазерного променя від світлочуттєвих елементів, що закріплюються на вагоні, представляються малоперспективними через великі забруднення як оптики, так і номерів вагонів.

Застосування радіоактивних методів, яке базується на використанні радіоактивних речовин для кодування номера вагону, вимагає прийняття спеціальних заходів для захисту людей.

Акустичні методи, які засновані на відбутті падаючої звукової хвилі від кодової пластини достатньо прості, дешеві та надійні. Однак, на відкритому повітрі тракт вимірювання піддається зовнішнім впливам (вітер, налипання пилу на кодові платини). Пристрій добре працює у закритих приміщеннях.

Феромагнітні методи засновані на тому, що пластини вагону намагнічуються з раніш обраною полярністю та чередуванням областей намагнічування так, щоб вони відповідали тільки даному вагону.

У розробках Харківського та Московського інститутів інженерів транспорту такою частиною вагону обрана колесна пара. Але при русі вагону виникають удари, вібрації, які руйнують зони штучного намагнічування, в зв'язку з чим необхідно передбачати спеціальні блоки у складі пристрою, які забезпечують повторний запис інформації в місцях зчитування. Це різко ускладнює систему, знижує її надійність.

Головки, що зчитують та намагнічують, необхідно установлювати близько від залізничного полотна та вагонів.

В останній час перевага надається електромагнітним методам.

При цьому на пересувному об'єкті встановлюється кодовий датчик, який починає передавати інформації при попаданні на нього направленої електромагнітної хвилі.

Як правило, кодовий датчик здійснить приймач-перетворювач, ПЗП із занесеним в нього номером об'єкта та передавач, несуча хвиля якого модулюється інформацією, яка міститься у ПЗП.

Як правило, ці системи працюють у метровому та сантиметровому діапазонах. Відома розробка у країнах СНД (система "Лотос", Україна), системи фірм "RCA", "Дженерал електрик", "Вестингауз" (США) та інші.

Всі ці системи працездатні, достань ефективні, але мають ряд вад. Суттєвий вплив на роботу пристроїв надають погодні умови (дощ, туман, наявність на корпусі датчика провідної пилюки та інші). При наявності

декількох паралельних колій між блоком зчитування та об'єктом з кодовим датчиком, можливо екранування датчика іншими об'єктами, які знаходяться на цих паралельних коліях. Системи, які використовують радіоапаратуру, що працює у сантиметровому діапазоні, коштують дорого та складні в обслугованні.

Широке розповсюдження на транспорті отримують в останній час системи, які одержують первинну інформацію від крапкових шляхових датчиків, спрацьовуючих при проходженні контролюємої ними зони кожної колесної пари.

На базі використання таких датчиків можуть бути створені системи:

- а) контролю зайнятості ділянки залізничної колії шляхом підрахування осей вагонів та локомотивів, які ввійшли на ділянку та вийшли з неї;
- б) підтвердження прослідування поїзда у повному складі;
- в) виявлення довжини базових вагонів;
- г) лічби осей у пристроях контролю перегрітих букс та включення (відключення) дорожнього обладнання;
- д) включення проїзної та попереджувальної сигналізації;
- е) гіркової автоматики та інш.

Відомі різні конструкції крапкових колійних датчиків. Фірма "Siemens" (Німеччина) розробила магнітоконтатний датчик на основі геркону, індукційний електромагнітний датчик, датчик вихретоковий. Фірми "Servo" та "Дженерал електрик" (США) розробили магнітоіндукційні датчики. Фірма "Sumimoto Electric Indastri LTD" (Японія) розробила п'єзоелектричні дорожні датчики і т. ін.

Перелічені типи датчиків мають певні вади. Так, магнітоіндукційні датчики, які засновані на явищі наведення ЕДС, працюють тільки при пересуванні колеса та не реєструють колеса, якщо воно нерухоме, навіть якщо знаходиться у зоні дії такого датчика.

Вихретокові датчики вимагають свердлення головки рейки, при безпосередньому впливові колес капсули таких датчиків швидко зношуються.

Найбільш надійний індукційний електромагнітний датчик фірми "Siemens" має велику вагу (біля 20 кг), складну електронну схему, що знижує його надійність та підвищує вартість.

За допомогою комплексного інформаційного критерія зроблено висновок про доцільність розробки більш простої та надійної конструкції вимірювання ширини (висоти) литих та катаних заготовок.

Такі ж висновки отримані і при порівнянні пристроїв інформації, працюючих у діапазоні СВЧ та в середньохвильовому діапазоні, а також при обґрунтуванні доцільності розробки крапкового резонансного колійного датчика.

У четвертій главі та у додатку А на заснові явищ, пов'язаних із випромінюванням, розповсюдженням та відбиттям акустичних хвиль, описуються нові способи та пристрої інформаційного забезпечення АСУ, створені автором або з його безпосередньою участю. Застосування акустичних методів пов'язане з тим, що пристрої, які використовують акустичні хвилі, як правило, прості, компактні, порівняно недорогі. характеризуються відсутністю проникаючих випромінювань.

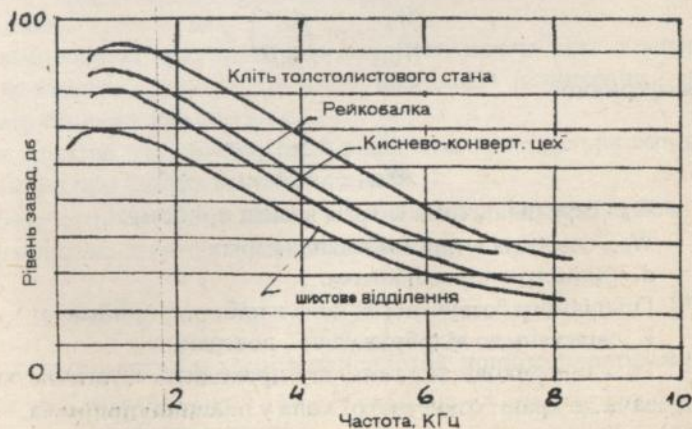
Основні труднощі, які виникають при використанні акустичних методів, пов'язані з наявністю на промислових підприємствах акустичних перешкод у широкому частотному діапазоні, а також з різною швидкістю поширення звуку в середовищах, що володіють неоднорідними характеристиками у напрямку розповсюдження та відбиття акустичних хвиль.

На металургійних підприємствах достатньо високий рівень акустичних перешкод практично на всіх ділянках технологічного переділу, у т.ч. в прокатних цехах.

Наявність розплавленого та нагрітого металу створює досить високі градієнти температурного поля в середовищах, де виникає поширення та відбиття акустичних хвиль.

Згадані фактори, природно, необхідно враховувати при розробці вимірювальних акустичних пристроїв, через те, що вони суттєво впливають на точність вимірювань.

На мал. 2 наведені криві, що характеризують рівень промислових перешкод, що виникають на деяких ділянках металургійного виробництва.



Малюнок 2 - Рівень промислових завод.

На заснові аналізу рівней промислових перешкод встановлений частотний діапазон застосованих акустичних хвиль.

Бажано, щоб застосовувалися хвилі з частотами вище 18 кГц, щоб вони не сприймалися людиною.

Верхня межа частот застосованих акустичних хвиль повинна визначатися із урахуванням умов в місці їх застосування. Не слід використовувати частоти вище 25 кГц, бо із зростанням частоти суттєво зростає затухання.

Крім того, у діапазоні 20 - 25 кГц можна використовувати будь-які джерела звуку (електродинамічні, п'єзоелектричні, газострумні, магнітострикуїні).

Дослідженні температурні поля над нагрітим металом (листовий, заготовний). Отриманий розподіл температури добре апроксимується показовими функціями типу

$$T = T_{\max} e^{-ax},$$

де a - коефіцієнт згасання, m^{-1} ;

x - відстань від нагрітої поверхні до точки виміру;

T_{\max} - температура на поверхні нагрітого тіла.

Проаналізоване відбиття звуку від холодних плоскої та сферичної відбиваючих поверхней.

Отримані співвідношення, що характеризують послаблення звуку в залежності від відстані джерела звуку до відбиваючої поверхні.

Для плоскої поверхні звуку використовують вираження

$$\frac{W_n}{W_{изл}} = \left(\frac{d_u}{4Ltg\beta} \right)^2 e^{-2\alpha L},$$

для сферичної

$$\frac{W_n}{W_{изл}} = \left(\frac{d_u}{D_s} \right)^2 e^{-2\alpha L_m},$$

де W_n - середня питома енергія в місці прийому;

$W_{изл}$ - середня випромінювана енергія;

d_u - діаметр випромінювача;

D_s - діаметр "озвученого" кола в площині приймача;

L - відстань до відображуючої поверхні;

L_m - підсумкова відстань, що проходить акустично хвилею від випромінювача до краю "озвученого" кола у площині приймача;

α - коефіцієнт згасання;

β - кут розходження звукового пучка.

При аналізі відбиття падаючої звукової хвилі від нагрітої поверхні здійснювалась заміна безперервного неоднорідного середовища на шарувато-неоднорідне середовище.

Плоска звукова хвиля, розповсюджуючись у бік нагрітого тіла, проходить послідовно через виділені шари, відбиваючись від меж цих шарів. При цьому потужність відбитої хвилі буде визначатись за виразом

$$P = P_0 \sin\left(\omega t + \frac{\omega \ln T/T_{\max}}{a20,067\sqrt{T}}\right)$$

де P_0 - потужність випромінюваної акустичної хвилі;

P - потужність акустичної хвилі у місці прийому;

ω - кругова частота.

Другий додаток у дужках являє собою змінну фазу при проходженні звукової хвилі через шар, температура якого дорівнює T . Відбитий сигнал буде мати цю фазу подвоєною (із урахуванням зворотнього ходу). Таким чином, у точці вимірювання відбитого сигналу буде мати місце суперпозиція гармонійних хвиль малої амплітуди різних фаз.

Фаза послідовних відбиттів зростає при переході від шару до шару зі зростанням пробігу хвилі. При збільшенні пробігу на половину довжини хвилі фаза відбиття змінюється на 2π . Тому фаза послідовних відбиттів буде проходити повне коло, а через те, що властивості середовища змінюються повільно, внески меж, розташованих на відстані половини хвилі майже у точності знищують одне одного.

У результаті відбиття залишається близьким до нуля, що підтверджується експериментально.

Відбитого сигналу від нагрітої поверхні більш ніж на 200°C практично немає.

При вимірюванні відстаней до нагрітих нижче цієї температури поверхней необхідно враховувати зміну швидкості поширення звуку в залежності від температури середовища.

Поряд з рухом середовища та її вологістю температура середовища вносить похибки при вимірюваннях відстаней.

У роботі отримана залежність залежність, яка зв'яже між собою вимірювану відстань x та час поширення сигналу.

$$\tau = 2 \left[\frac{x}{c_0} + \frac{1}{ac_0} \ln \frac{1 + \alpha_T T_n}{1 + \alpha_T T_n e^{ax}} \right], \quad (8)$$

де T_n - температура у місці встановлення прийомно-випромінюючої апаратури;

x - вимірювана відстань;

α_T - температурний коефіцієнт швидкості звуку, град. $^{-1}$;

c_0 - швидкість звуку при $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$;
 α - коефіцієнт, м^{-1} .

Теоретичний аналіз явища дифракції дозволив обґрунтувати можливість використання цього явища для вимірювання геометричних розмірів акустично непрозорих тіл. Дослідження променевої картини поля при нормальному, похилому падінні акустичних хвиль у неоднорідному нагрітому середовищі, зокрема, поблизу поверхні нагрітого тіла накладає обмеження на область температур, при яких доцільно використати акустичні хвилі. Таким граничним значенням є температура середовища та тіл не більше $50 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

На заснові вищевикладеного розроблені засоби та пристрої, які використовують для вимірювання відстаней та виявлення об'єктів, акустичні хвилі.

Засіб облику виробів заключається в тім, що випромінюють акустичну хвилю, частота якої змінюється за заданим періодичним законом. Наявність відбитої хвилі при появі виробів призводить до періодичної зміни інтерференційного растру, який виражається у зміні ширини зон підвищеного та зниженого тисків.

Приймачі реєструють за період зміни частоти не менш двох разів підвищення сигналу, один раз при збільшенні частоти, другий раз при її зниженні.

Зміни довжини акустичної хвилі, а отже, і зрушення інтерференційного растру можна визначити за формулою

$$\Delta\lambda_a = \frac{c}{f_0 \pm \Delta f} - \lambda_{a0},$$

де $\Delta\lambda_a$ - зміна довжини хвилі;

c - швидкість звуку;

f_0 - вихідне значення частоти акустичних коливань;

λ_{a0} - довжина хвилі при частоті f_0 ,

$$\lambda_{a0} = \frac{c}{f_0}.$$

Засіб безконтактного вимірювання відстаней складається в тому, що опромінюють поверхню об'єкту, відстань до якої вимірюється за допомогою акустичного перетворювача. При цьому виникає стояча хвиля. При зміні частоти випромінюваних коливань у точці прийому будуть спостерігатись максимуми та мінімуми сигналу. Фіксуючи частоти, при яких у точці прийому реєструють максимуми та мінімуми сигналу, можна визначити шукану відстань від точки прийому до об'єкту за формулами

$$L = \frac{nc(T)}{2(f_0 - f_1)},$$

або

$$L = \frac{nc(T)}{2(f_2 - f_0)},$$

де L - шукана відстань;

$c(T)$ - швидкість звуку у середовищі при температурі T ;

n - число екстремумів звукового тиску, зафіксованих приймачем або при зменшенні частоти від f_0 до f_1 , або при збільшенні її від f_0 до f_2 .

Такий засіб дозволяє надійно вимірювати відстані до об'єкту у будь-якому діапазоні їх змін та визначати напруження відхилення контролюємого об'єкту.

Пристрій зчитування інформації з кодових пластин рухомих об'єктів залізничного транспорту складається в тому, що на рухомому об'єкті закріплюється кодова пластина, на якій інформація про номер об'єкту представлена у двоїчному коді у вигляді западин та виступів та пластини, на якій западини та виступи розташовані рівномірно. На ці пластини спрямовується акустична хвиля, а відбиті від кожної пластини сигнали фіксуються окремими приймачами.

При русі об'єкту на вхід приймачів потрапляють сигнали, відбиті від кодової пластини (інформаційні) та від пластини з рівномірно розташованими западинами та виступами (масштабні). Останні призначені для виключення впливу швидкості пересування об'єкту. Оскільки приймчі встановлені в пучностях стоячої хвилі, а глибина западин складає чверть довжини хвилі, то виступи, які відповідають одиниці, дають на приймачеві підвищений рівень сигналу, а западини, які відповідають нулю - мінімальний рівень сигналу. Передбачається корекція частоти випромінюємої хвилі так, щоб довжина хвилі залишалась незмінною при зміні температури середовища.

Засіб вимірювання відстані до поверхні нагрітого тіла, зокрема, для контролю рівня розплаву в ківшах, заключається у такому.

У напрямку нагрітої поверхні випромінюється звуковий сигнал. За моментами випромінювання та прийому відбитого сигналу визначається час пробігу хвилею відстані $2x$. За допомогою пірометра визначається температура поверхні нагрітого тіла, за допомогою термопари визначається температура середовища у місці встановлення приймача. Шукана відстань визначається із залежності

$$x = f(T_F, T_H, \tau) \quad (9)$$

де T_F - температура відбиваючої поверхні;
 T_n - температура середовища у місці випромінювання та прийому звукового сигналу;
 t - час поширення звукового сигналу від випромінювача до приймача.

Вираз (9) є рішенням виразу (8) відносно вимірюваної відстані.

Засіб визначення теоретичного радіусу рулону, у процесі намотування довгомірного матеріалу дозволяє контролювати поточне значення радіусу рулону у процесі намотування і підвищує точність одержання рулонів заданих геометричних розмірів та маси.

На поверхню рулону випромінюється зондируючий імпульс, переднім фронтом зондируючого імпульсу запускається лічильник масштабних імпульсів, зупинка якого здійснюється переднім фронтом відбитого сигналу. Пірометром визначається температура поверхні рулону, термопарою визначається температура середовища.

Відстань x до поверхні рулону визначається за вираженням (9). Поточне значення радіусу рулону визначається як

$$R_i = L - x_i,$$

де L - відстань від осі моталки до місця встановлення приймача та випромінювача.

На заснові отриманої інформації здійснюється розрахунок теоретичного радіусу рулону з урахуванням транспортного запізнення

$$R_i = -\frac{h+\delta}{2} + \sqrt{\left(R_i + \frac{h+\delta}{2}\right)^2 + \frac{h+\delta}{\pi} \int_0^t v(t) dt},$$

де h - товщина металлу;

δ - середнє значення зазору між витками у зазорі;

R_i - поточне значення радіусу рулону;

$v(t)$ - закон зміни лінійної швидкості матеріалу;

t - проміжок часу, через який треба визначити теоретичне значення радіусу рулону.

Засіб визначення махового моменту рулона смуги у процесі намотки також заснований на отриманні інформації про поточне значення радіусу R_i за допомогою акустичного далекоміру. Маховий момент визначається із вираження (7).

За допомогою акустичних датчиків досягнуто також підвищення надійності роботи вагоноопрокидувача. З метою недопущення пошкодження вагонів, які знаходяться поблизу піднімаючої платформи з розвантажуванням вагоном, команда на розвантаження подається тільки у випадку відсутності вагонів у контролюємії акустичними датчиками зоні.

У прийомний тракт пристрою введений селективний підсилювач, що дозволяє пропускати та підсилювати коливання тільки робочої частотності. Пристрій для вимірювання ширини листів заснований на вимірюванні рівней акустичних сигналів, величина яких залежить від ступеня перекриття звукових трактів крайками листів. Як джерела звуку можуть бути використанні електродинамічні або газострумні випромінювачі. досягнута точність визначення ширини листів ± 10 мм (незалежно від ширини листів).

У п'ятій главі та у додатку А на заснові явищ, пов'язаних із випромінюванням, поширенням та відбиттям електромагнітних хвиль та явищ в електромагнітних полях описуються нові пристрої інформаційного забезпечення АСУ, створені автором або з його непосредньою участю

У ряді випадків отримання інформації за допомогою електромагнітних полів та хвиль є більш кращим, ніж використання інших фізичних явищ (акустичних, за допомогою проникаючих випромінювань та інш.).

Це стосується перш за все зчитування інформації з об'єктів, що пересуваються з великою швидкістю, контролю та вимірюванню у суттєво неоднорідних середовищах.

Саме за таких умов були розроблені пристрої, що використовують електромагнітні поля. Це пристрої для зчитування інформації з пересувних об'єктів, у тому числі з об'єктів, які не мають автономних джерел живлення, пристрої для контролю геометричних розмірів нагрітих тіл, що проводять струм, крапкові колійні датчики та ін. При зчитуванні інформації з об'єктів, що не мають автономних джерел живлення, на об'єкт необхідно в місці зчитування передавати енергію, що запезпечує роботу кодових датчиків.

Теоретично обгрунтована та розроблена раціональна методика розрахунку передачі енергії у рухомий контур у системі із двох контурів.

При використанні цієї методики обсяг обчислень істотно менше порівняно із загальним методом складання та рішення інтегральних рівнянь.

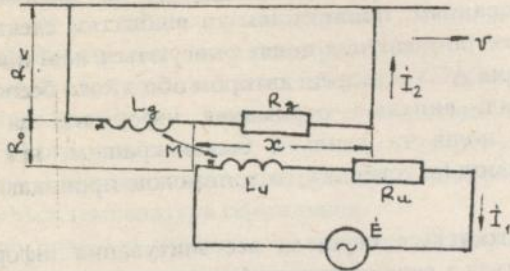
У даній роботі обраний індукційний засіб передачі електромагнітної енергії у контур, що рухається.

У місці зчитування інформації розташовується індуктор, який створює електромагнітне поле частотою біля 1 МГц. При русі об'єкту в поле індуктора потрапляє прийомний контур, в якому ЕДС, що наводиться, і забезпечує роботу кодового датчика (див. мал. 3).

Взаємна індуктивність M між контуром, що рухається та індуктором визначається із вираження:

$$M = \frac{\mu_0 w x}{2\pi} (\ln R_k - \ln R_0), \quad (10)$$

- де μ_0 - магнітна проникливість повітря (вакууму);
 w - число витків індуктора;
 R_k - висота прийомного контуру;
 R_0 - відстань між прийомним контуром та індуктором;
 x - перекриття контуру та індуктора.



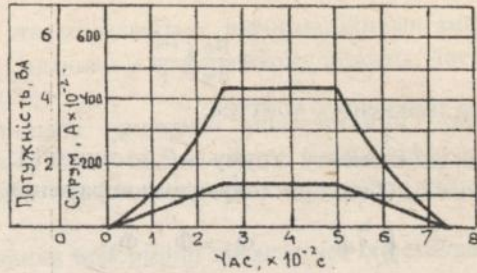
Малюнок 3 - Схема заміщення системи індуктор-приймний контур

Оскільки величина взаємоіндуктивності є величиною перемінною, що залежить від швидкості v пересування об'єкту ($x = vt$, де t - час), то система рівнянь, що описує поведінку системи контур- індуктор включає в себе перемінну величину M (мал. 3). Розбиваючи проміжок часу знаходження контуру над індуктором на n інтервалів та приймаючи, що на протязі n -го інтервалу взаємоіндуктивність M є величиною постійною, для цього інтервалу система рівнянь у символічній формі має вигляд

$$\begin{aligned} \dot{I}_{1n}(R_u + j\omega L_u) + \dot{I}_{2n}j\omega M &= \dot{E}, \\ \dot{I}_{1n}j\omega M + \dot{I}_{2n}(R_g + jx_g) &= 0, \end{aligned} \quad (11)$$

- де I_{1n}, I_{2n} - струми в індукторі та контурі;
 R_u та L_u - активний опір та індуктивність індуктору;
 M - взаємоіндуктивність;
 R_g та $x_g = \omega L$ - активний та реактивний опір контуру із датчиком;
 E - ЄДС у індукторі;
 ω - кругова частота.

Розв'язуючи систему рівнянь (11) для кожного n -го проміжку часу з урахуванням значення взаємоіндуктивності M для цього ж проміжку із вираження (10), можна отримати залежності струмів та повних потужностей у прийомному контурі від часу проходження прийомним контурам зони індуктора (мал. 4).



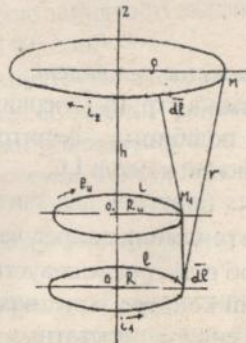
Малюнок 4 - Залежність струму та потужності у прийомному контркі від часу

У загальному випадку, коли контури мають довільне розташування, розрахунок діється з допомогою лінійного інтеграла по відповідальному контуру та інтеграла по об'єму біля точки, у котрій шукаються векторний потенціал магнітного поля і напруженість електричного поля.

При створенні пристроїв для контролю відстаней до поверхні нагрітого тіла, що проводить струм та для виявлення цих тіл у контролюємій зоні розглянута задача розрахунку електромагнітного поля контура із круговим струмом у присутності тіла, що проводить та наявності у цьому полі додаткового контуру (див. мал. 5).

Точка M лежить на поверхні контролюємого тіла, що проводить, точка M_1 належить вимірювальному контуруві.

При розрахунку величини ЕДС у вимірювальному контурі E_{11} використовувались вираження для векторних потенціалів струма i_1 , та наведеного у провідному тілі струма i_2 .



Малюнок 5 - Вимірювальний та задаючий контури поблизу провідній поверхні

$$\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint \frac{i d\vec{l}}{r},$$

де l - довжина замкненого контура;

r - відстань від елементу струму $i d\vec{l}$ до точки M .

Для визначення ЕДС використовувалися вираження

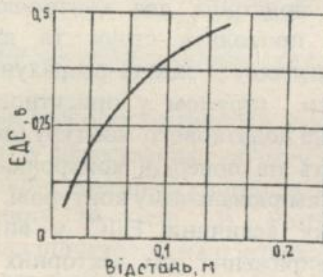
$$\dot{E} = -\frac{d\Phi_p}{dt}, \quad \Phi = \oint_L \vec{A} d\vec{l}, \quad \Phi_p = \Phi_1 - \Phi_2$$

де L - довжина вимірювального контура;

Φ_1 - магнітний потік, що створюється контуром з струмом i_1 ;

Φ_2 - потік, що створюється вихровими струмами i_2 у вимірювальному контурі.

На мал. 6 показана залежність ЕДС у вимірювальному контурі від відстані до поверхні провідного тіла.



Малюнок 6 - Залежність ЕДС в вимірювальному контурі від відстані до провідного тіла

Аналогічні розв'язання закладені і в конструкцію крапкового датчика. Реєструється зміна струму у первинному контурі, і для підсилення ефекту на П - подібному феритовому сердечнику додатково розташовується резонансний контур LC.

Далі розглядаються пристрої для зчитування інформації з пересувних об'єктів, що не мають автономних джерел живлення.

На пересувному об'єкті розташовується кодовий датчик, включений послідовно у прийомний контур. При знаходженні над індуктором в місці зчитування отриманої енергії достатньо, щоб кодовий датчик почав видавати інформацію, що знаходиться в його пам'яті. Прийомний контур використаний як антена, що передає.

Для живлення індуктора використовується перемінний струм частотою 880 кГц, передачі інформації здійснюються на несучій частоті біля

36 мГц. Несуча частота моделюється інформаційними імпульсами, що поступають із пам'яті датчика у телеграфному режимі. Частота тактових імпульсів складає 55 кГц.

У прийомній частині пристрою використаний приймач прямого посилення з детектором. На виході має бути тільки інформаційний пакет, який містить 32 біта. (восмирозрядне десяткове число у двоїчно-десятковому коді).

Точність зчитування інформації досягається споставленням сигналів, що послідовно приймаються. Приймна частина пристрою припиняє роботу при першому ж співпаданні двох інформаційних послідовностей по 32 біта. Імовірність появи перешкоди у вигляді двох співпадаючих послідовностей дуже мала (13×10^{-34}) і така подія практично неможлива.

Пристрій для зчитування інформації працює за принципом: або сигнал на виході є і він правильний, або його немає взагалі.

У роботі описуються три варіанти для зчитування інформації з пересувних об'єктів:

а) з постійною інформацією про пересувний об'єкт, що міститься в ПЗП кодового датчика;

б) з інформацією, що формується на об'єкті, наприклад, про вагу об'єкта, про температуру, тобто будь-яку інформацію, що отримується від первинних перетворювачів, які встановлюються на об'єкті та перетвореною АЦП у цифровий код;

в) із змінною інформацією, коли інформація, що міститься у пристрої, який зпам'ятовує, у місці зчитування може бути замінена на іншу.

На основі використання безконтактного крапкового дорожнього датчика створена система контролю зайнятості залізничних колій (СКЗ).

СКЗ може здійснювати такі функції:

а) здійснювати контроль зайнятості різних ділянок залізничних колій у тих випадках, коли вони не обладнані рейковими ланцюгами або обладнання рейковими ланцюгами ускладнене;

б) для використання у системах зчитування інформації з рухового поїзду;

в) для підтвердження проходження поїзду у повному складі через контролюєму ділянку;

г) для включення попереджувальної та проїзної сигналізації;

д) для включення дорожнього обладнання та підрахунку кількості осей у пристроях автоматичного контролю перегріву букс;

е) для виявлення вагонів із заданою довжиною бази;

ж) для використання в системах визначення осності та лічби вагонів та локомотивів;

з) для визначення напрямку руху, миттєвої та середньої швидкості руху поїзда.

Застосування крапкових датчиків та систем, створених на їх заснові, дозволяє широко застосовувати мікропроцесорну техніку.

СКЗ залізничних колій базується на підрахунку числа вісей рухомого поїзду, входячих на контролюєму ділянку та виходячих з неї.

Для цього на вхідних та вихідних коліях встановлюються спарені крапкові датчики, які дозволяють здійснювати підрахунок вісей при будь-якому напрямку руху за допомогою реверсивних лічильників. При співпаданні числа вісей, що ввійшли на контрольовану ділянку та тих, що вийшли, виробляється сигнал про незайнятість ділянки.

Наводиться також стислий опис радіолокаційного датчика наявності металу, що працює у діапазоні СВЧ (довжина хвилі біля 3 см). Датчик може працювати, використовуючи як відбитий сигнал, так і фіксуючи перекриття радіоканалу металевим виробом.

У шостій главі наводяться алгоритми автоматичного дозування заготовок по масі розроблених автором. В заснові розробок алгоритмів покладено вираження

$$\Delta l = \frac{l_0}{S_0} \Delta S_{cp},$$

де Δl - поправка на довжину заготовок;

l_0 та S_0 - номінальні довжина та площа поперечного перерізу заготовки;

ΔS_{cp} - середнє відхилення площі перерізу по довжині заготовки.

Отримане вираження для оцінки відхилення площі прямокутного перерізу або листових заготовок у вигляді

$$\Delta S = H_0 \Delta B + B_0 \Delta H,$$

де H_0 та B_0 - номінальні висота та ширина заготовки;

ΔH та ΔB - відхилення висоти та ширини заготовки від номінальних значень.

Для практичної реалізації пропонуються алгоритми для визначення скорегованої довжини заготовки, виходячи із умови постійності її маси, у вигляді

$$l_k \approx \frac{Q_0}{\rho S_0 \pm \rho [H_0 (B - B_0) + B_0 (H - H_0)]},$$

де Q_0 - задана вага заготовки;

ρ - щільність металу при його температурі в момент розкрою;

B та H - фактичні ширина та висота заготовки.

Цим вираженням можна користуватися при наявності пристроїв для безпосереднього вимірювання висоти та ширини заготовок. При прокатці

рейкових заготовок, коли розкат перед останнім проходом завжди кантується, рекомендується використовувати вираження

$$l_k = l_0 - \lambda_1 h_{-1} - \lambda_2 h + \lambda_3 \Theta,$$

$$\lambda_0 = l_{от} + \lambda_1 h_{-ном} + \lambda_2 h_{ном} - 12,24x_1;$$

$$\lambda_1 = l_0 / B_0; \lambda_2 = l_0 / H_0; \lambda_3 = 0,012\lambda_1;$$

$$h_{-1} = h_{-изм} + f_d; h = h_{изм} + f_d; \Theta = \Theta_i;$$

де

l_0 - номінальна довжина заготовки;

$l_{от}$ - задана довжина заготовки;

$h_{-ном}$, $h_{ном}$, $h_{-изм}$, $h_{изм}$ - номінальні та вимірені величини зазорів між валками в останньому та передостанньому проходах;

f_d - сумарна виробка по дну калібру;

Θ_i - поточне значення температури металу.

Для визначення довжини заготовки, крім наведених вище, можна використати вираження

$$l_k = l_0 \pm \left[\frac{l_0}{S_0} \Delta S + \Delta l_{\Theta} \right],$$

де l_0 - номінальна довжина заготовки;

S_0 - номінальна площа поперечного перерізу;

ΔS - відхилення площі поперечного перерізу;

Δl_{Θ} - поправка на температуру заготовки,

$$\Delta l_{\Theta} = \alpha l_0 \Delta \theta,$$

α - температурний коефіцієнт розширення;

$\Delta \theta$ - відхилення температури заготовки її номінального значення.

Враховуючи, що відхилення площі поперечного перерізу заготовок залежать від виробки кристалізатора, від зносу тянучих валків, тобто від кількості пройденого через кристалізатор металу, пропонується використати для визначення відхилення площі вираження

$$\Delta S = a_0 + a_1 l_c + a_2 l_c^2$$

де l_c - підсумкова довжина злитка від початку кампанії кристалізатора;

a_0 , a_1 , a_2 - коефіцієнти, які визначаються за результатами обробки статистичних даних.

Розглянуті питання побудови автоматичної системи вагового дозування, яка сама настроюється. У цьому випадку обов'язковим є зваження отриманих заготовок та на підставі інформації про їх фактичну

вагу уточнення коефіцієнтів в алгоритмах розкрою. (λ_i та a_i). Ефективність каналу самонастройки підтверджена експериментальним шляхом.

Таким чином, підтверджується необхідність для успішної реалізації алгоритмів розкрою установалення пристроїв для визначення довжини, ширини, висоти заготовок, а також пристрою для вимірювання зазорів між прокатними валками.

У главі також викладаються відомості про розроблені та ті, що розроблюються пристрої та системи, що реалізують, зокрема, і функції інформаційної підтримки АСУ поряд із розв'язанням деяких задач з локальної автоматизації технологічних процесів.

До таких систем належать, в першу чергу, удосконалена система вагового дозування заготовок. Відмінності описаної системи від інших складаються у тому, що отримані заготовки після порізу зважуються. На підставі інформації про фактичну вагу заготовки розраховується поправлення на довжину для чергової заготовки із урахуванням фактичної погоної ваги $g_{нф}$, визначеної із вираження

$$g_{нф} = \frac{G_{\phi}}{l_n \pm \Delta l_t},$$

де G_{ϕ} - фактична вага заготовки;

l_n - номінальна довжина заготовки;

Δl_t - температурне поправлення.

Із урахуванням величини $g_{нф}$, визначаємої для декількох заготовок, розраховується величина корекції площі поперечного перерізу прокату $\Delta F_{кор}$. Отримана величина корекції сумується в обчислювальному пристрої із середнім відхиленням площі ΔF_{cp} , і довжина відрізаємих заготовок l_s знаходиться у відповідності із вираженням

$$l_s = l_n \pm \left[\frac{l_n}{F_n} (\Delta F_{cp} \pm \Delta F_{кп}) + \Delta l_t \right],$$

де F_n - номінальна площа поперечного перерізу заготовок.

Наводиться опис пристрою автоматичної компенсації зношування валків кліті сортового прокатного стану.

Різновтовщинність прокатаних на сортовому стані смуг пояснюється рядом причин, утому числі коливанням температури прокатуемого металу, пружною деформацією кліті, зношуванням валків у процесі прокатки і т. ін.

Завдання зменшення різновтовщинності вирішується, якщо за кліттю встановити товщиномір та на основі його показань корегувати зазор між валками.

Якщо товщиномір відсутній або його установа економічно недоцільне, то може бути рекомендований такий пристрій для зменшення різнотовщинності.

На базовій довжині L реєструється кількість імпульсів, пропорційних катаючому діаметрові. По мірі зношування валків та зменшення катаючого діаметру число імпульсів збільшується.

Різниця імпульсів у послідовних проходах, що характеризує величину зношування валків, використовується як корегуючий сигнал для системи регулювання розтвору валків, яка і усуває різнотовщинність прокату.

Для вимірювання зусиль при прокатці на ЛПЦ-4500 використане вимірювання підсумкової деформації стоск кліті за допомогою магнітодіодів типу КД301Г, електрична провідність яких змінюється при зміні напруги магнітного поля, у якому вони знаходяться.

Як джерело магнітного поля використовується розімкнута система постійного магніту. Оскільки магнітодіоди твердо укріплені на станині, то вони пересуваються у магнітному полі джерела. Схема обробки сигналу, пропорційного деформації станини, залежної, в свою чергу, від зусилля при прокатці, передбачає виділення статичної та динамічної складаючих з метою усунення впливу температурного подовження станини.

Система вимірювання зазору між валками базується на підрахунку числа імпульсів, пропорційного величині переміщення нажимного пристрою. Оскільки механічна система існуючого нажимного пристрою володіє суттєвою нелінійністю, це враховується у схемі дільника імпульсів, що поступають на вхід реверсивного лічильника. Окрім того, враховується також та обставина, що передавальне число редуктора є число дрібне, що веде до зміни числа масштабних імпульсів, що припадають на 1 мм шляху, який проходить верхній валок.

Для усунення пробуксовок при незахваті металу валками та зменшення динамічних ударів впроваджена система узгодженого управління головним приводом та валками.

Система заснована на автоматичному управлінні швидкістю робочих та станиних роликів відповідно фактичній швидкості головних валків.

У момент захвату металу валками кліті, лінійна швидкість валків буде узгоджена із лінійною швидкістю задачі металу у валки за допомогою датчиків інтенсивності робочих рольгангів та станиних роликів.

Це суттєво знижує пробуксовки металу та динамічні удари та дозволяє підвищити продуктивність праці.

Для стабілізації маси литих заготовок на МНЛЗ розроблена система, що заснована на реалізації алгоритму

$$l_p = \frac{Q}{F \rho(t_u)}$$

де Q - задана вага заготовки;

F - фактична площа поперечного перерізу заготовки;

$\rho(t_u)$ - щільність металу при зміряній температурі в момент різу.

Відхилення площі поперечного перерізу від заданого здійснюється шляхом вимірювання фактичних ширини та висоти заготовки з допомогою описаного вище пристрою для вимірювання відстаней до поверхні провідного тіла.

У додатку А наводяться дані про розроблені за участю автора оригінальні автоматичні системи на пристроях.

У додатку Б містяться матеріали про впровадження та випробування створених засобів та пристроїв.

Висновки

Основним науковим результатом дисертаційної роботи є розроблені теоретичні положення та науково обгрунтовані технічні рішення що до системного аналізу при виробництві мірного прокату та транспортних перевезеннях і створення відповідних методів, технічних засобів та систем інформаційної підтримки АСУ ресурсосберегаючими технологіями.

Розроблені нові теоретичні положення та науково обгрунтовані технічні рішення конкретизуються наступними результатами:

а) вперше виконані дослідження при виробництві мірного прокату на підставі системного підходу, розроблені математичні моделі для функції витрат та алгоритми, мінімізуючі ці витрати;

б) розроблений комплексний інформаційний критерій, що дозволяє порівнювати технічні засоби контролю та вимірювання;

в) теоретично обгрунтовані можливості використання акустичних хвиль для створення методів та технічних засобів для вимірювання відстаней у неоднорідному повітряному середовищі;

г) теоретично обгрунтовані можливості використання електромагнітних хвиль та полей для передачі енергії у контур, що рухається, достатньої для роботи технічних засобів передачі інформації з рухомих об'єктів, а також для вимірювання відстаней до поверхні провідного тіла, причому запропонована більш раціональна методика розрахунку передачі енергії порівняно з методом інтегральних рівнянь;

д) запропоновані різні алгоритми розкрою заготовок па масі, які мінімізують втрати при виробництві рейок та листів;

е) вперше отримані математичні вирази для визначення махового моменту рулона для смуги та теоретичного радіусу рулона;

ж) розроблений ряд оригінальних методів, технічних засобів та систем інформаційної підтримки сучасних АСУ, які захищені авторськими свідоцтвами і патентами і які упроваджені у виробництві.

Основний зміст дисертації відображен у таких роботах:

1. В.С. Зайцев. Снижение потерь при производстве мерного проката /Ждановский металлургический ин-т. Жданов, 1988, 117 с./ Деп. в Черметинформация 30.12.88. N 4868.

2. В.С.Зайцев. Электронная система контроля занятости железно-дорожного пути /Приазовский госуд. технич. ун-т.- Мариуполь 1994-14с.-Деп. в ГНТБ Украины № 750-УК-94 от 18.02.94

3. В.С.Зайцев. Применение акустических волн для создания технических средств информационного обеспечения АСУ /Приазовский госуд. технич. ун-т.- Мариуполь 1995-51с.-Деп. в ГНТБ Украины № 2061-УК-95 от 12.09.95

4. В.С.Зайцев. Применение электромагнитных полей для создания технических средств информационного обеспечения АСУ /Приазовский госуд. технич. ун-т.- Мариуполь 1995-67с.-Деп. в ГНТБ Украины № 2062-УК-95 от 12.09.95

5. В.С.Зайцев, А.В.Асаулук, А.И.Садовничий. Автоматическое считывание информации с вагонов / Промышленный транспорт.- М.:Транспорт, №2, 1985-с.9

6. В.С.Зайцев, В.Г.Козак, Г.М.Цеунов. Автоматизация технологических процессов в толстолистовом прокатном цехе завода "Азовсталь" / Тез. докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Разработка и внедрение АСУ прокатными станами", Москва, 1975,с.19

7. В.С.Зайцев, В.Л.Барбаров, М.С.Бабицкий, В.В.Грицай. Снижение потерь при производстве листов на толстолистовом стане / Тез. докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Разработка и внедрение АСУ прокатными станами", Москва, 1977,с.11-12

8. В.С.Зайцев, В.Г.Козак, Г.М.Цеунов, А.Н.Чернышев, В.Б.Ефимов, В.С.Ткачев. Снижение доли ручного труда в прокатном производстве завода "Азовсталь" /Тез. доклада Республиканской межотраслевой научно-технической конференции "Пути сокращения ручного и тяжелого, а также неквалифицированного труда:", Киев, 1975, с.92-95

9. В.С.Зайцев.Использование акустических и электромагнитных волн для создания устройств контроля и измерения при производстве листового проката/Тез. доклада Всесоюзной научно-технической конференции "Прогрессивные технологические процессы в производстве холоднокатанного листа", Липецк, 1985, с.48-49

10. В.С.Зайцев, С.И.Володин, С.С.Греков, Н.В.Шейко. Комплекс систем для информационного обеспечения АСУ ТП Стана 4500 / Тез.докл. Всесоюзной научно-технической конференции "Разработка и внедрение АСУ ТП в прокатном производстве", Москва, 1987, с.12

11. В.С.Зайцев, А.А.Вахтин. Оптимизация теоретических методов расчетов при использовании акустических и электромагнитных волн для создания устройств контроля геометрических размеров листа/ Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции "Задачи технического перевооружения листопрокатного производства" Днепропетровск, 1987, с.78-79

12. В.С.Зайцев. Автоматическая система считывания информации с подвижных объектов железнодорожного транспорта / Тез. докл. на Всесоюзном научно-техническом семинаре, Ростов - на - Дону, 1990, с.12-13

13. А.Н.Чернышев, В.Б.Ефимов, В.С.Зайцев. Самонастраивающаяся автоматическая система весового дозирования рельсовых заготовок на ножницах блюминга 1170 завода "Азовсталь" / Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции "Разработка и внедрение АСУ прокатными станами", Москва, 1975, с.30-31

14. В.С.Зайцев., В.Г.Носов, М.С.Бабицкий, В.В.Грицай. О снижении потерь при производстве мерных листов на толстолистовом стане / Сталь, №5, 1981, Москва, с.46-48

15. А.с. №1158864 В.С.Зайцев, А.А.Вахтин, В.К.Манчха и Б.В.Емельянов Способ измерения расстояния до поверхности нагретого тела / БИ №20, 1985

16. А.с. №413726 А.Н.Чернышев, В.Б.Ефимов, С.Т.Плискановский. В.С.Зайцев. Система рационального пореза прокатанных на заготовочном стане полос металла / В открытой печати не публиковалось

17. А.с. №1133156 В.С.Зайцев, А.В.Асаулук, А.И.Садовничий. Устройство для считывания информации с кодовых пластин подвижных объектов / БИ №1, 1985, -М.

18. А. С. № 641413 В.С.Зайцев, П.И.Чудновец, В.В.Грицай и Ю.М.Буймов. Способ учета изделий / БИ №1, 1979, -М.

19. А. С. №1781566 В.С.Зайцев, А.А.Вахтин. Способ бесконтактного измерения расстояний / БИ №43, 1980, - М.

20. А. С. №1343238 В.Л.Мазур, В.С.Зайцев, Г.И.Налча, А.А.Вахтин, Е.А.Парсенюк, Н.В.Шейко, И.В.Любченко. Способ определения теоретического радиуса рулона в процессе намотки длинномерного материала / БИ № 37, 1987, -М.

21. А. С. №1357104 В.С.Зайцев, В.Л.Мазур, Г.И.Налча, А.А.Вахтин, Е.А.Парсенюк, Н.В.Шейко, И.В.Любченко. Способ определения махового момента рулона полосы в процессе намотки / БИ №45, 1987, -М.

22. В.С.Зайцев, В.Я.Притужалов, А.Н.Саянкин, А.С.Шашкин. Повышение надежности вагонопрокидывателя с помощью акустического устройства контроля положения вагонов / Экспресс - информация "Морской транспорт", № 6, 1980, - М., с.14-17.

23. А. С. № 1125905 В.С.Зайцев, В.И.Гусаров, А.В.Асаулук и А.И.Садовничий. Устройство для считывания информации с подвижных объектов железнодорожного транспорта / В открытой печати не публиковалось. - М, Выдано 10.10.1983

24. А. С. № 1394619 В.С.Зайцев, В.И.Гусаров, Л.У.Шевченко. А.В.Асаулук и А.И.Садовничий. Устройство для передачи информации с подвижных объектов железнодорожного транспорта / В открытой печати не публиковалось. - М, Выдано 15.10.1985.

25. А. С. № 1550770 В.С.Зайцев, А.В.Асаулук, А.И.Садовничий. Устройство для считывания информации с подвижных объектов железнодорожного транспорта / В открытой печати не публиковалось. - М, Выдано 15.12.1986.

26. Патент России № 2003544 на изобретение В.С.Зайцев. Устройство для считывания формируемой на подвижных объектах железнодорожного транспорта информации / БИ № 43-44,-М., 30.11.1991

27. Патент России № 2001801 на изобретение В.С.Зайцев, А.И.Садовничий. Точечный резонансный путевой датчик / БИ № 39-40,-М., 30.10.1993

28. Патент России № 2042551 на изобретение В.С.Зайцев, А.И.Садовничий. Устройство для считывания сменной информации с подвижных объектов железнодорожного транспорта / М, 09.03.1992.

29. В.С.Зайцев и А.С.Федоров. Радиолокационный датчик наличия металла / Бюллетень ЦНИИ и ТЭИ ЧМ №20, 1976, с.42-43

30. А. С. № 528973 А.П.Чекмарев, А.Н.Чернышев, В.С.Зайцев, Ф.С.Клафас, В.И.Бойко, В.А.Чухнов и А.В.Михайлов. Устройство автоматической компенсации износа валков клетки сортового прокатного стана / БИ № 35,-М., 25.09.1976

31. В.С.Зайцев, Ф.С.Клафас, К.Х.Ханча. Автоматическая система контроля работы и учета простоя основных агрегатов металлургического завода / Бюллетень ЦНИИ и ТЭИ ЧМ №21, 1975, с.59

32. С.Т.Плискановский, В.А.Маковский, В.Я.Кожух, Г.П.Каминский, В.С.Зайцев. Применение вычислительной техники на металлургическом заводе. - М.:Металлургия, 1973,-272с.

33. В.С.Зайцев, В.Л.Барбаров, В.В.Грицай. Автоматизация технологических процессов в толстолистовом прокатном цехе / Механизация и автоматизация производства, №2, 1978, - М., с.14-15

34. В.С.Зайцев. Локальные устройства автоматизации в толстолистовом прокатном цехе и способы определения махового момента и теоретического радиуса рулона / Приазовский государственный технический университет - Мариуполь, 1996. Деп. в УкрІНТЕУ № 127 Ук96.

35. В.С. Зайцев, Л.А. Добровольская. Комплексный информационный критерий для выбора устройств контроля и измерения / Приазовский государственный технический университет - Мариуполь, 1996, Деп. в Укр ІНТЕУ № 126 Ук96.

36. Рішення про видачу патента на винахід по заявці N 95094198 від 19.09.95. В.С. Зайцев. Пристрій для отримання заготовок стабільної маси на машинах безперервного лиття заготовок. /Держпатент України 11.01.97. -13 с.

Зайцев В.С. Теоретические основы разработки и применение методов, технических средств и систем информационной поддержки АСУ ресурсосберегающими технологиями в металлургическом производстве.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.08 - вычислительные машины, системы и сети. элементы и устройства вычислительной техники и систем управления. Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, Киев, 1997.

В работе содержатся теоретические исследования и анализ мерного проката и транспортных перевозок на металлургическом предприятии на различных участках технологического передела. На основе системного подхода получены математические модели и алгоритмы, минимизирующие потери производства, сформулированы требования к техническим средствам контроля и измерения.

Теоретически обоснована возможность создания принципиально новых способов и устройств, использующих явления возникающие при распространении и отражении акустических и электромагнитных волн. Приводится описание этих устройств, предназначенных, в основном, для измерения расстояний в неоднородных средах и для считывания информации с подвижных объектов, не имеющих автономных источников питания.

Zaitzev V.S. Theoretical foundations for development and application of methods, technological means and information systems for resource saving technologies in metal production.

This dissertation is offered in fulfillment of the requirements for the Sc.D. in Engineering specializing in computers, systems and nets, computer engineering

elements and devices, control systems. Speciality 05.13.08. Glushkovs Institute of Cybernetics, National Ukraine Academy of Sciences, Kiev, 1997.

The author has investigated and analyzed the production of rolled stock in sections as well as the mean of transportation involued at different stages of technological this process.

Mathematical models and algorithms minimizing the production losses have developed on the basis of system approach.

Requirements for technical means of control and measurements are identified. Theoretical substantiation is given the possibility of changing basically new methods and devices using the phenomena shut occur when acoustic and electromagnetic waves expand and reflect. The devices designed to be used for measuing distanse in heterogenous media as well as for reading the information from the mobile objects that are not equipped with autonomous power sourses are descibed.

Ключові слова: теоретичні основи, моделі, алгоритми, акустичні та електромагнітні хвилі, методи, технічні засоби, системи.

183 144

AB 38.164