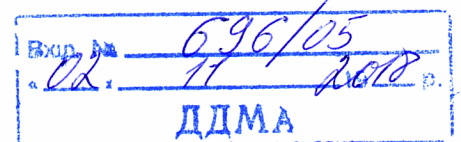


## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Гаврильченка Євгена Юрійовича «Удосконалення процесу правки гарячекатаних листів і конструктивних параметрів листопробірних машин для його реалізації», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 «Процеси та машини обробки тиском»

### Актуальність теми дисертації

Переорієнтація ринків збуту металургійної та машинобудівної галузі України вимагає підвищення якості металопродукції до вимог регламентованих європейськими та міжнародними стандартами і підвищення конкурентоспроможності обладнання для його виробництва. Вагому частку металургійної продукції займає листовий металопробірок, остаточну якість якого отримують на пробірних машинах. Однією з основних вимог до якості гарячекатаних листів є висока планшетність, яку можна отримати шляхом знакозмінного вигину в багатороликових листопробірних машинах. Традиційно такого виду машини дозволяють усунути дефекти поздовжньої кривизни. Однак світова тенденція удосконалення конструкцій листопробірних машин пов'язана з розширенням їх можливостей шляхом вигину робочих роликів, що дозволяє усунути і поперечну кривизну – коробуватість, хвилястість крайок. Конструктивно вигин робочих роликів досягають шляхом використання траверси, що ламається або шляхом примусового вигину за допомогою гідроциліндрів. Перспективним в цьому напрямку є досягнення вигину за рахунок сил правки, нерівномірно розподілених по довжині робочого ролика. Основною проблемою на шляху удосконалення конструкцій такого типу листопробірних машин є відсутність математичного апарату, що дозволяє прогнозувати усунення кривизни листів як в поздовжньому так і в поперечному напрямках. Також однією з тенденцій удосконалення ад'юстажного обладнання є розширення його технологічних можливостей. Яскравим прикладом такого підходу є використання в одній листопробірній машині декількох конструкцій робочих касет, що дозволяє замість кількох машин використовувати одну, яка обробляє весь сортамент пробірного стану. Ефективне використання сучасних листопробірних машин також нерозривно пов'язане з автоматичними системами їх керування, в основі яких лежать математичні моделі процесу правки. Крім точності, однією з головних вимог до цих моделей є швидкодія. Тривимірні моделі, побудовані, як правило, на методі скінченних елементів цією властивістю не володіють. Одним з виходів у цій ситуації це використання комплексних математичних моделей з використанням методів регресійного моделювання. Таким чином тема дисертаційної роботи Гаврильченка Є.Ю., спрямована на удосконалення технологій і обладнання процесів правки листів на основі розвитку методів розрахунку процесів правки, розробки програмного забезпе-



чення, що реалізує ці методи, а також розробки рекомендацій щодо удосконалення обладнання листопрямильних машин з диференційованим додатком сили правки по ширині листа є **актуальною**.

### **Зв'язок з державними та галузевими науковими програмами**

Дисертаційна робота виконувалась у рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, передбачених планами Міністерства освіти і науки України, на кафедрі автоматизованих металургійних машин та обладнання Донбаської державної машинобудівної академії (роботи № 0113U003979, № держ. реєстрації 0116U005584), в яких автор брав участь як виконавець.

### **Структура і зміст дисертації**

Дисертація викладена на 287 сторінках. Вона містить в собі анотації із переліком праць, вступ, п'ять розділів, список використаних джерел загалом з 176 найменувань. Об'єм основного тексту дисертації складає 132 сторінки тексту. Дисертація містить 107 рисунків, з яких 67 на 57 окремих сторінках і 20 таблиць, з яких 11 на 12 окремих сторінках і 10 додатків на 47 сторінках.

### **Достовірність та обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих в дисертації**

Основні теоретичні результати роботи базуються на використанні чисельно-аналітичного методу на основі рішень одномірної умови безперервності геометричних параметрів пружної лінії листів при реалізації процесу правки, скінченно-елементного моделювання і методів планованого експерименту та знаходяться у відповідності з відомими положеннями та математичним апаратом теорії пластичності, теорії пружності та теорії обробки металів тиском. Розроблені автором підходи до аналізу процесу правки листів піддані співставленню, як з відомими теоретичними рішеннями, так і з результатами експериментальних досліджень. Останні були проведені в лабораторних умовах на спеціально створеній установці та в промислових умовах на діючому обладнанні. При проведенні експериментальних досліджень були застосовані методи фізичного моделювання. Для обробки отриманих даних були застосовані методи статистичної обробки. Розроблені в роботі математичні моделі були підтверджені експериментально, розроблені методики і алгоритми у вигляді програмних засобів були впроваджені в систему керування діючого промислового обладнання. В цілому, отримані рішення успішно пройшли перевірку і можна вважати їх достовірними.

Найбільш суттєвими та важливими висновками роботи є висновки 2...5. В них викладено результати досліджень, які містять наступне: зі збільшенням крайової хвилястості листів при одних і тих же налаштуваннях ЛПМ різниця в подовженні волокон по середині листа і його крайках збільшується, що підвищує ефективність процесу, проте кінцева кривизна листів також зростає, але з меншою інтенсивністю; зі збільшенням перекриття роликів кінцева кривизна

листів змінюється нерівномірно з яскраво вираженими мінімумами функцій, що засвідчує про необхідність вирішення задач оптимізаційного плану з визначення перекриття роликів залежно від параметрів вихідного листа; зі збільшенням довжини хвилі крайової хвилястості листів різниця в подовженні волокон по середині і крайках листа зменшується, що свідчить про необхідність урахування крім амплітуди хвилі і витяжок при визначенні налаштувань роликів; на основі результатів реалізації тривимірної скінченно-елементної моделі процесу правки встановлено, що хвилястість листа зменшується при збільшенні вигину та перекриття роликів, при цьому показано, що при певній хвилястості одноразовим вигином роликів досягти необхідну хвилястість крайок згідно стандартам не є можливим і найбільш значущим фактором при цьому є зменшення параметра  $W/h$  до рівня 0,25; встановлено, що необхідний рівень площинності можна досягти вигином робочих роликів на рівні 1,5...2,0 мм; експериментально визначений фактичний вплив коефіцієнта проникнення пластичної деформації на результуючу площинність листів і встановлено, що для гарячої правки найбільш прийнятне значення 2,5...4, у той час як для холодної правки – 4...6 залежно від вихідної кривизни листів.

Результати дисертаційної роботи у вигляді технічних рішень, практичних рекомендацій і програмних продуктів використані на ПрАТ «Новоукраїнський машинобудівний завод» при створенні технологій, устаткування та систем автоматичного керування листопробивальною машиною товстолистового прокатного стану 2850 і касет для листопробивальної машини агрегату поперечного різання конструкції НКМЗ. Окремі положення дисертації використовуються в навчальному процесі.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

Серед положень, які представлені в дисертації, науковою новизною відрізняються наступні:

1 Вперше на основі розробленої тривимірної скінченно-елементної моделі встановлено закономірності напружено-деформованого стану металу при правці нерівномірно розподілених по ширині дефектів площинності шляхом диференційованого додатка сил правки по ширині листа.

2 Вперше встановлено вплив конструктивних параметрів листопробивальних машин з диференційованим додатком сили правки по ширині листів, зокрема кількості роликів, що згинаються, і величини їх вигину на площинність гарячекатаних листів.

3 Уточнені закономірності проникнення пластичної деформації по висоті перерізу гарячекатаних листів при правці на основі вдосконалення одновимірної математичної моделі напружено-деформованого стану та результуючих показників площинності при правці гарячекатаних листів на багатороликових машинах, що включає чисельні ітераційні рішення умов безперервності геометричних параметрів пружної лінії.

### **Практична цінність результатів дисертації**

Практична цінність отриманих в роботі результатів складають наступні.

1 Комплекс методик і відповідних до них програмних засобів з автоматизованого розрахунку та проектування технологій і устаткування процесів багаторазового знакозмінного вигину з диференційованим додатком сил по ширині листа, що забезпечує зниження трудомісткості відповідних проектно-конструкторських і проектно-технологічних робіт;

2 Практичні рекомендації з удосконалення технологічних режимів роботи, складу, основних конструктивних параметрів і налаштувань механічного устаткування листопрямильних машин з можливістю диференційованого додатку сил по ширині листа, що забезпечують розширення сортаменту, підвищення якості та економію матеріальних ресурсів при виробництві гарячекатаних листів, чотири з яких визнано винаходами.

3 Результати дисертаційної роботи у вигляді технічних рішень, практичних рекомендацій і програмних продуктів використані на ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» при створенні технологій, устаткування та систем автоматичного керування листопрямильної машини товстолистого прокатного стану 2850 і касет для листопрямильної машини агрегату поперечного різання конструкції НКМЗ. З урахуванням часткової участі автора економічний ефект від впровадження результатів роботи, отриманий за рахунок зниження трудомісткості проектних робіт, розширення сортаменту, підвищення якості та збільшення виходу придатної металопродукції, склав 320 тис. гривень.

Окремі положення дисертації використовуються навчальному процесі.

### **Апробація роботи**

Основні положення та матеріали дисертаційної роботи опубліковано в 10 статтях з наукової тематики, з них 5 статей у фахових виданнях, у тому числі 2 – в зарубіжних виданнях, що входять до наукометричних баз, зокрема 1 стаття – до бази Scopus, причому вона має чотири цитування, технічні рішення захищені 1 патентом України і 3 патентами України на корисну модель. Робота пройшла достатню апробацію, так як її результати доповідалися та обговорювалися на міжнародних, всеукраїнських і регіональних науково-технічних і науково-практичних конференціях, у тому числі: з проблем дослідження та удосконалення технологій та обладнання обробки тиском 2014-2017 рр. ( м. Краматорськ, ДДМА); «Стратегія якості в промисловості та освіті» ( м. Варна, Болгарія, 2014); «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії» (м. Харків, 2014); на науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу ДДМА (м. Краматорськ, 2015-2017 рр.); науковому семінарі при спеціалізованій раді Д 12.105.01 ДДМА ( 2017 р.).

### **Ідентичність автореферату змісту дисертації**

Зміст автореферату відповідає положенням дисертації.

## Оцінка оформлення дисертації та автореферату

Дисертаційна робота та автореферат добре оформлені та ілюстровані, написані чіткою технічною мовою. В роботі є ряд редакційних неточностей, але загальна кількість таких помилок незначна.

### Зауваження до дисертації

**1. Щодо розділу 1.** «Огляд технологій, обладнання, методів розрахунку і перспективи розвитку багатороликових листопробних машин»:

- Так як цілі і завдання роботи стосуються тільки питань правки товст листового металу, в схемі, наведеній на рис.1.1 існуючі види спотворення площинності сортових профілів можна було б не приводити.

- Наводяться таблиці 1.1 - 1.3, в яких відображені вимоги вітчизняних і європейських стандартів по площинності і відхилень по ширині і товщині гарячекатаних товстих листів. Однак ніяких висновків про те, які ж заходи технологічного, наукового, організаційного характеру слід робити з метою досягнення цілей і завдань, поставлених в роботі - а саме підвищення якості та конкурентоспроможності вітчизняної листової металопродукції не зроблено.

- У табл. 1.5 наведені аналітичні залежності, що використовуються в математичній моделі процесу правки, розробленої у ДДМА-УкрНДІметалургмаші, відмінною рисою яких є можливість безпосереднього прогнозування не тільки сили  $P_j$  та моментів  $M_j$  правки, а й результуючої поздовжньої кривизни  $\chi_i$ .

Зовсім не зрозуміла структура цієї таблиці. Ні за текстом, ні в самій таблиці не вказано, з яких міркувань отримані і що собою являють показники  $c$ ,  $K_{min}$ ,  $\phi$ . Що означають стовпці в цій таблиці? На підставі чого обрані і що характеризують наведені в стовпчиках інтервали величини  $c$ .

**2. Щодо розділу 2.** «Вибір напрямків, методів теоретичних і експериментальних досліджень в області правки гарячекатаних листів».

- Без жодних пояснень по прив'язці до даної роботи і якого б не було аналізу наведені таблиці 2.4, 2.5, в яких характеризується марочний і розмірний сортамент стану 3600 і механічні властивості металу, одержувані при контрольованій прокатці по різним категоріям міцності. Для чого вони наведені?

- В описі методів експериментальних досліджень в розділі 2.3 основна увага приділяється опису конструктивних особливостей розробленої правильної установки 9x100x250 і нічого не говориться о заготовках, які використовуються при проведенні досліджень. Перш за все, які габарити досліджуваних смуг, зокрема, їх довжина. Судячи з рис. 2.1 установка змонтована безпосередньо біля вікна корпусу і не зрозуміло, як виконувати задавання або приймання правленої смуги з РПМ.

**3. Щодо розділу 3.** «Математичне моделювання енергосилових і геометричних параметрів процесу правки гарячекатаних листів»

- На стор. 107 пишеться, що з аналізу представлених залежностей можна зробити висновок про вплив властивостей матеріалу, його геометричних характеристик, форми хвилі і налаштувань роликів на кінцеву відносну кривизну листа. Такий висновок можна було б зробити і без проведення відповідних досліджень. Докладного аналізу результатів, отриманих в розділі немає. Не проаналізовано і не пояснено, чому залежності для сили правки і залишкової кривизни на рис. 3.7 а і б для товщини 4 і 14 мм носять абсолютно різний характер. Чому спостерігаються такі скачки за значеннями кривизни і зусилля правки при зміні кута нахилу касети при товщині листа  $h$  4 мм.

**4. Щодо розділу 4.** «Експериментальні дослідження процесів правки гарячекатаних листів на листопробних машинах з диференційованим додатком сили правки по ширині прокату»

- У табл. 4.2 (стор. 131) вказані величини перегинів листа на роликах при експериментальних дослідженнях. Як можна перевірити настройку ролика зі зміщенням в 1,875 мм і навіщо потрібна така точність?

- У висновку (стор. 141) пишеться, що була підтверджена достовірність тривимірної скінченно-елементної моделі по відношенню до показників якості холодної правки листів з коробуватістю і хвилястістю. Однак, в розділі наведені результати експериментальних досліджень правки листа тільки з хвилястістю.

- Наведені в табл.4.2 узагальнені дані про результати промислового експерименту вимагають більш ретельного аналізу і пояснення отриманих результатів, так як: а) в ряді випадків при одних і тих же налаштуваннях валків і однаковому матеріалі величина похибки зусилля значно відрізняється (від 8.3% до 33,3% для сталі 3сп  $h = 10$  мм); б) похибки змінюють знак від + 33,3% до - 24%; в) в таблиці вміщено велику кількість значень зусиль, похибка яких значно перевищує загальноприйнятту для інженерних розрахунків.

- Якщо за результатами експериментальних досліджень зусиль правки наводиться великий масив даних, отриманих при правці листів різної товщини і марок сталей, то за результатами замірів результуючої площинності листів немає ніяких фактичних даних. Тільки методика проведення досліджень і констатація того, що за результатами правки гарячекатаних товстих листів з різних марок сталей  $h = 8 - 100$  мм не було зауважень з боку ВТК цеху. Хоча б який-небудь протокол, який підтверджує це треба було оформити.

**5. Щодо розділу 5.** «Автоматизоване проектування технологічних налаштувань листопробної машини з диференційованим додатком сили правки по ширині листів».

- У розділі порушена логіка послідовності проведення досліджень та порядку викладу матеріалів по ним. Спочатку слід було б виконати планування експерименту з метою виявлення основних факторів, що впливають на процес правки. Потім розробити алгоритм автоматизованого налаштування ЛПМ для підвищення планшетності листів з урахуванням впливу на неї осно-

вних виявлених технологічних і конструктивних чинників, перевірити адекватність розробленого алгоритму розрахунками настройки дослідної ЛПМ; підтвердити, при можливості, отримані результати розрахунків реальним фізичним експериментом і тільки після цього переносити результати виконаних досліджень на реальну ЛПМ Ашинського метзаводу.

### Висновок

Зауваження, зроблені при розгляді матеріалів дисертації, не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Дисертацію виконано на достатньо високому рівні і вона є завершеною науково-дослідною роботою, одержані в ній наукові результати вносять значний вклад в підвищення ефективності процесів правки листового металопрокату.

Дисертаційна робота «Удосконалення процесу правки гарячекатаних листів і конструктивних параметрів листопробних машин для його реалізації» відповідає вимогам п. 9 та п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567. Вважаю, що її автор Гаврильченко Євген Юрійович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

### Офіційний опонент

Завідувач кафедру технології матеріалів Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка, доктор технічних наук, професор



**О. І. Тришевський**

Підпис Тришевського О. І. засвідчую  
Начальник відділу кадрів




**Л.С. Харчевнікова**