

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Поворотнього Віктора Володимировича «Підвищення ефективності роботи станів холодної прокатки труб шляхом раціонального синтезу деталей робочих клітей»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.05.08 - Машини для металургійного виробництва

1. Актуальність теми та відповідність роботи спеціальності 05.05.08 - машини для металургійного виробництва

Важливою задачею виробництва холоднокатаних труб в сучасних умовах на металургійних підприємствах України є підвищення конкурентоспроможності продукції, що пов'язано з розширенням сортаменту труб та підвищенням їх якості, застосуванням нових важкодеформівних сплавів. Відомо, що стани холодної прокатки труб (ХПТ) відносяться до конструктивно складних агрегатів, тому підвищення їх ефективності є комплексна проблема, яка пов'язана з технологічними режимами деформації труби, що впливають на нестаціонарні динамічні навантаження в системі робочої кліті та несучу здатність її вузлів. З іншого боку пружні деформації робочих валків, станини кліті та її деталей впливають на якість труб, зокрема повздовжню різностінність.

Тому раціональний синтез деталей робочих клітей станів ХПТ на підставі дослідження їх навантаження та напружено-деформованого стану з урахуванням впливу конструктивних та динамічних параметрів на їх несучу здатність з метою підвищення ефективності роботи станів ХПТ та одержання нормованої різностінності труб є актуальними.

Тема, зміст і основні положення дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва».

2. Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Отримані у дисертації результати характеризуються достатньо повною аргументацією наукових положень, використанням сучасних методів дослідження, що підтверджуються аналізом науково-технічної літератури. Цьому сприяло використання широкого методологічного інструментарію та науково-літературної бази. Здобувачем, як зазначається у рукописі дисертації використано 104 найменувань джерел з урахуванням 24 публікацій автора, у яких відображені різні аспекти проблематики наукової роботи.

Отримані результати, висновки і рекомендації базуються на фундаментальних положеннях теоретичної механіки, опору матеріалів, динаміки механічних систем з пружними ланками. Обґрунтованість наукових положень дисертації забезпечується математичними моделями, які відповідають сучасним науковим уявленням про навантаження на елементи робочої кліті стана ХПТ і коливальним процесам у динамічних механічних системах з урахуванням пружності їх елементів.

Адекватність математичних моделей динамічних систем робочих клітей підтверджується збіжністю результатів імітаційного моделювання коливань робочих валків з експериментальними даними отриманими на діючих станах ХПТ. Моделювання напружено-деформованого стану (НДС) деталей робочих клітей

здійснювалось на підставі розроблених автором тривимірних комп'ютерних моделях загальноновизнаним методом скінчених елементів (МСЕ) з використанням ЕОМ.

Достовірність наукових результатів підтверджується коректністю постановки задач на підставі всебічного аналізу розрахункових схем робочих клітей станів ХПТ і узгодженості вихідних даних, застосуванням апробованих теоретичних методів з урахуванням загальноприйнятих та обґрунтованих припущень.

Тому вважаю **сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації в достатньому ступені обґрунтованими і достовірними** які відповідають сучасним уявленням про предмет дослідження.

3. Новизна наукових положень, результатів і рекомендацій

Робота беззаперечно містить нові наукові результати, які можливо сформулювати наступним чином:

1. Виконаний раціональний синтез структури та параметрів робочих клітей станів ХПТ при різних конструкціях станин та комплектаціях деталей з урахуванням показників міцності, що дозволяє збільшити гранично допустиме зусилля прокатки.

2. Визначено взаємозв'язок між положенням клину натискного пристрою та амплітудою коливань робочих валків, що особливо важливе для станин прямокутних конструкцій та впливає на різностінність труб.

3. Набув подальшого розвитку теоретичний опис пружних параметрів та об'ємного напружено-деформованого стану робочих валків станів ХПТ під кільцеві та напівдискові калібри, при цьому виявленні місця концентрацій та аналітичні залежності еквівалентних напружень, від зусилля прокатки та кута їх повороту, що дозволяє обирати граничне зусилля прокатки, коректувати сортамент та технологічні параметри прокатки.

4. Отримав подальший розвиток теоретичний опис процесу формування різностінності холоднокатаних труб в динамічній системі робочої кліти стана ХПТ на основі математичного моделювання вертикальних коливань робочих валків.

Вважаю важливим результатом роботи встановлені зв'язки між комплектацією, динамічними параметрами елементів робочих клітей станів ХПТ та величиною різностінності труб, а також з несучою здатністю устаткування.

4. Цінність для науки і практики результатів досліджень

Наукове і практичне значення роботи складається в розробці математичної моделі динамічної системи робочої кліти стана ХПТ та алгоритмів для імітаційного моделювання вертикальних коливань валків при врахуванні комплектації робочої кліти деталями з різною конструкцією та динамічними параметрами.

Важливим для практики є дослідження НДС двох типів станин (прямокутної та раціональної форми) робочих клітей трьох станів (ХПТ-32; 55; 90), робочих валків з різними калібрами та інших деталей, позначення місць концентрації напруження в деталях.

Слід визначити практичну цінність розробленої автором інженерної методики прогнозування значень різностінності труб з урахуванням конструктивних особливостей комплекту деталей робочої кліти станів ХПТ.

Значення практичних результатів підтверджується актом впровадження результатів дисертації в умовах ТОВ «НПФ «Восток-Плюс» і актом впровадження

результатів дисертації на підприємстві ВСМПО «Титан Україна» при модернізації робочої кліти ХПТ-32 зі станиною раціональної конструкції та робочими валками з кільцевими калібрами.

За темою дисертації отримані 3 патенти України на винахід та 6 патентів України на корисну модель, що теж вказує на практичне значення розробок.

Отримані в роботі практичні рекомендації з удосконалювання комплектації робочих клітей станів ХПТ мають перспективу подальшого використання при конструюванні нових і модернізації існуючих станів ХПТ, де неодмінно буде реалізовуватися тенденція до підвищення ефективності роботи за умови раціонального навантаження робочих клітей та зменшення різностінності труб.

5. Повнота відображення наукових положень в опублікованих роботах

Основний зміст дисертації викладено у 13 наукових працях, в тому числі: 7 статей у наукових фахових виданнях, затверджених ДАК МОН України, 3 з яких опублікована у виданнях, що індексуються у науково-метричній базі Index Scopus та Index Copernicus, 3 патенти України, 3 матеріалів праць науково-технічних конференцій. Аналіз публікацій дає підставу вважати, що наукові положення, висновки і рекомендації, які отримані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені в наукових працях.

6. Оцінка змісту дисертації

Мета і задачі дисертаційного дослідження обумовлені необхідністю наукового обґрунтування раціонального синтезу деталей робочих клітей станів ХПТ на основі дослідження НДС деталей робочої кліти, що сприймають технологічні навантаження, а також на основі результатів математичного моделювання вертикальних коливань робочих валків під час прокатки, що дозволяє забезпечити якість труб за рахунок впливу на величину їх поздовжньої різностінності, а також забезпечити раціональний вибір граничних значень сил прокатки для клітей різної комплектації.

По композиційній побудові робота представляє цільне дослідження в якому задачі вирішуються в логічній послідовності починаючи від аналізу існуючих конструкцій робочих клітей станів ХПТ та їх основних деталей, що сприймають навантаження в процесі взаємодії розкату та калібрів робочих валків; вибору метода та дослідження об'ємного НДС деталей робочих клітей; розробки комплексу розрахункових схем з урахуванням комплектації деталей кліти і математичних моделей для дослідження вертикальних коливань робочих валків, що впливає на різностінність труб; розробки рекомендації щодо раціонального вибору граничних значень сил прокатки для робочих клітей з деталями різних конструкцій; порівнянням результатів досліджень НДС деталей робочих клітей, а також максимальних значень амплітуд коливань робочих валків, одержаних математичним моделюванням, з результатами експерименту, одержаних в промислових умовах; розробки практичних рекомендації та технічних рішень.

У розділі 1 на підставі аналізу конструкцій робочих клітей станів ХПТ і результатів відомих досліджень впливу технологічних показників на якість труб, здобувачем обґрунтовано поставлений ряд задач пов'язаних з раціональним синтезом деталей робочих клітей і, як наслідок, підвищенням ефективності роботи станів ХПТ.

В якості предмета досліджень автор зосереджується на двох основних конструкціях станин робочих клітей-дуо з раціональною комплектацією деталей і вузлів, при цьому розглянути три типорозміри станів (ХПТ-32, 55 та 90).

Здобувач приходять до аргументованих висновків, що при однакових типорозмірах станів існують деталі одного функціонального навантаження, але різних конструкцій, які відрізняються значеннями жорсткості та запасу міцності. Це пов'язано з деформаціями та несучій здатністю кліті, а ще впливає на різностінність труб і ефективність роботи стану.

В якості аналітичного методу дослідження об'ємного напружено-деформованого стану елементів робочих клітей здобувач приймає метод скінчених елементів, що є раціональним для дослідження складної просторової конструкції робочої кліті.

У розділі 2 виконана схематизація динамічного навантаження на станину робочої кліті з урахуванням максимальної сили прокатки та сил інерції.

Наведені дослідження об'ємного НДС елементів різних конструкцій робочих клітей станів ХПТ-32, 55 та 90 на підставі тривимірних комп'ютерних моделей з використанням методу скінчених елементів.

Результати моделювання представлені у вигляді полів напружень та пружних деформацій деталей робочих клітей. Визначені жорсткості деталей робочих клітей, виявлені місця концентрацій еквівалентних напружень в станинах та робочих валках різних конструкцій, встановлені залежності максимальних прогинів робочих валків під напівдискові калібри від кута їх повороту, деформації опорних вузлів та підшипників.

Автором вперше одержаний взаємозв'язок між положенням клину натискного пристрою в станинах прямокутних конструкцій та пружними деформаціями поперечин станин, які впливають на амплітуду (зміна в межах 2...11%) коливань робочих валків, що є **науковою новизною даної роботи**.

Для зниження напружень в робочих валках автором запропоновано використання в якості опор сферичні підшипники ковзання замість роликів конічних підшипників.

У розділі 3 розроблена динамічна та математична модель системи робочої кліті стана ХПТ на підставі геометричних та динамічних параметрів деталей та вузлів, що **представляє практичний результат даної роботи**.

Одержано залежності жорсткостей установок робочих валків різних конструкцій з використанням в якості опор роликів підшипників кочення та шарнірних підшипників ковзання. Отримані аналітичні залежності зміни жорсткості підшипників кочення з урахуванням нерівномірності руху робочої кліті.

В результаті математичного моделювання вимушених коливань в динамічній системі робочої кліті встановлено взаємозв'язки між амплітудами коливань робочих валків та величиною різностінності труб при використанні в робочій кліті деталей одного функціонального призначення, але різних конструкцій та динамічних параметрів, що є **науковою новизною даної роботи**.

Для восьми комплектації робочих клітей станів ХПТ отримані спектри власних частот приведених п'яти масових коливальних систем робочих клітей та частоти збурюючі сил. Частотний аналіз показав, що коливальна система кліті

високочастотна та з урахуванням частот збурення знаходиться в дорезонансній зоні.

У розділі 4 наведені результати експериментальних вимірювань товщини стінок труб з титанових сплавів, що були прокатані на станах ХПТ підприємства «ВСМПО ТИТАН УКРАЇНА», оснащених станинами раціональної та прямокутної конструкцій, з подальшим використанням неруйнівного методу контролю для замірів поздовжньої різностінності труб.

На підставі розробленої математичної моделі з урахуванням комплектації робочої кліти та технологічних параметрів прокатки автором проведено порівняння результатів аналітичного розв'язання, що описує вертикальні коливання робочих валків, з результатами натурних замірів поздовжньої різностінності труб.

Наведений в роботі алгоритм для прогнозування очікуваної різностінності холоднокатаних труб при заданій комплектації робочої кліти, **має практичне значення.**

Для верифікації тривимірних комп'ютерних моделей в роботі представлено результати порівняння напружень та пружних деформацій, одержані з використанням тензометричного методу досліджень та методу скінчених елементів, які виникають під час прокатки труб в станинах раціональної і прямокутної конструкцій.

У розділі 5 дисертації автор приводить розрахунки навантажувальної здатності робочих валків та станин клітей станів ХПТ-32, 55, 90. Розглянути типові руйнування робочих валків та станин клітей.

На підставі аналітичних залежностей еквівалентних напружень, що виникають в досліджуваних деталях, від величини зусилля прокатки, автором визначено значення гранично допустимих величин зусиль прокатки при різних коефіцієнтах запасу міцності робочої кліти, що має практичне значення для раціонального комплектування робочих клітей при заданому сортаменті труб та технологічних параметрах прокатки, що **представляє наукову новизну даної роботи.**

Здобувачем в співавторстві розроблена низка оригінальних технічних рішень конструкції робочих клітей станів ХПТ та її вузлів, що сприятимуть підвищенню якості холоднокатаних труб, рівномірному навантаженню в шатунах робочих клітей, зменшенню часу на проведення обслуговування станів ХПТ при поточних ремонтах і перевалці робочих валків. Запропоновані технічні рішення по конструкціям клітей станів ХПТ, що захищені 3 патентами України на винахід, є важливим **практичним результатом даної роботи.**

Отримані в даному розділі результати відкривають можливість для подальших досліджень та удосконалення конструкції робочих клітей станів ХПТ та їх вузлів.

7. При знайомстві з дисертацією і авторефератом виник ряд зауважень:

1. На стор. 47 автор вважає, що «використані третя та четверта теорії міцності добре підтверджуються експериментами, однак четверта теорія вважається більш точною завдяки врахуванню другого головного напруження», але в таблиці 2.3 (стор.48) значення максимальних напружень в станинах згідно четвертої теорії міцності мають менші значення. З тексту незрозуміло для чого наведені результати моделювання НДС за третьою теорією міцності.

2. На стор.58 автор вказує, що «у напружень, які виникають в конструкціях

робочих валків в процесі прокатки, будуть змінними не тільки їх значення, але й місця концентрації», але в тексті нажалі немає пояснень як змінюються положення місця концентрації в залежності від кута повороту валків.

3. Використання в якості опор робочих валків сферичних підшипників ковзання (стор.59) за рахунок додаткової кутової рухливості дійсно знижує еквівалентні напруження в порівнянні з роликковими підшипниками, але при цьому прогини валків будуть більші в порівнянні з опорами на роликкових підшипниках. Автор не приводить порівняння деформацій валка для цього технічного рішення.

4. З формули (3.1) незрозуміло, чому радіальна жорсткість роликкового підшипника змінюється в часі зі сталою частотою ω , якщо за формулою (3.4) ця частота функція часу.

5. В таблицях 3.3 та 3.4 не наведені одиниці виміру коефіцієнтів a , b , c , P та деякі інші числові коефіцієнти не мають пояснень.

6. В табл. 3.6, 3.7 деякі жорсткості приведеної динамічної системи відрізняються більш ніж в 10 разів, наскільки доречно для дослідження коливань валків залишати п'яти масову коливальну систему, якщо редукована система з меншою кількістю ступенів вільності може дати аналогічні результати.

7. В п.3.4 при дослідженні вертикальних коливань незрозуміло які приймалися значення характеристики змінної складової сили прокатки, що обумовлена різностінністю вихідної трубної заготовки.

8. В таблиці 3.11 наведені спектри деяких частот збурення та їх причина, але немає аналітичних залежностей до їх розрахунку. При цьому всі наведені частоти пов'язані з частотою подвійних ходів кліті.

9. В таблиці 5.1 (стор.127) наведені значення коефіцієнту k для місць концентрації напружень, але не зрозуміло при яких значеннях навантаження та максимальних напружень вони отримані.

10. Автор наводить в п.5.1 факти руйнування робочих валків та станин робочих клітей, а також в Додатку Е (стор.195-196) наведені місця розташування концентраторів напружень в станинах клітей та робочих валках станів ХПТ, але відсутня інформація про геометрію концентраторів (отворів, галтельних переходів та ін.), що ускладнює аналіз отриманих максимальних напружень та розробку подальших рекомендацій по їх зниженню.

11. В п.2.5 та Додатку Є (стор.197-199) в таблицях немає роз'яснення про сумарні (максимальні та мінімальні) деформації деталей робочих клітей та як вони отримані, крім того наскільки коректно визначати розрахункову деформацію з точністю до 0,01 мкм.

12. Кінцева різностінність труби є результатом складної сумарної зміни товщини стінки при дії нестационарних силових технологічних факторів, відносного руху кліті та заготовки, та ін. Спробу автора (в п.4.2) прогнозувати різностінність труб тільки на підставі лінійної пружної характеристики кліті без урахування більшості інших факторів можна вважати тільки першим наближенням і тому потребує подальшого уточнення та дослідження.

Наведені зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи та можуть бути враховані в подальших дослідженнях.

8. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

У цілому дисертаційна робота В.В. Поворотнього на тему «Підвищення ефективності роботи станів холодної прокатки труб шляхом раціонального синтезу деталей робочих клітей» є завершеною науково-дослідною роботою, яка має наукову новизну та практичні результати, що вирішують науково-технічну задачу підвищення ефективності роботи станів холодної прокатки труб за рахунок раціонального вибору комплексу елементів робочих клітей шляхом комбінування деталей, які сприймають технологічне навантаження, розробки нових конструкцій робочих клітей, а також обґрунтування гранично допустимих зусиль прокатки на підставі результатів досліджень об'ємного напружено-деформованого стану деталей робочих клітей.

Дисертація оформлена відповідно вимогам ДАК МОН України, викладена технічно грамотною мовою. Автореферат дисертації (об'ємом 22 стор.) відображає зміст дисертації, отримані наукові результати і висновки.

Вважаю, що рецензована дисертаційна робота за своєю вагомістю, новизною, обґрунтованістю теоретичних і практичних результатів, кількістю публікацій відповідає вимогам ДАК МОН України, що пред'являються до кандидатських дисертацій (п. 9, 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р.), а її автор **Поворотній Віктор Володимирович** заслуговує присвоєння йому наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри теоретичної механіки, опору матеріалів та матеріалознавства,
Дніпровського державного аграрно-економічного університету

С.В. Зданевич

Підпис Зданевича С.В. засвідчую.

Начальниця відділу кадрів
Дніпровського державного аграрно-економічного університету



Ю.М. Карамушка