

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка»

Артем ПАВЛИЧЕНКО

« 10 » \_\_\_\_\_ 2024 р.



### ВИСНОВОК

Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»  
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів  
дисертації Козечко Валентина Івановича «Формування комплексу  
механічних властивостей низьковуглецевих мікролегованих сталей в  
залежності від товщини металопрокату», поданої на здобуття ступеня  
доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за  
спеціальністю 132 Матеріалознавство

### Витяг

з протоколу № 7 засідання кафедри конструювання, технічної  
естетики і дизайну від «18» жовтня 2024 року

**Присутні:** Головуючий на засіданні к.т.н., доцент, декан механіко-  
машинобудівного факультету Зіборов К.А., к.т.н., доцент Федоряченко С.О.  
завідувач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, д.т.н.,  
професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Лаухін Д.В.,  
д.т.н., професор, завідувач кафедри медичної та біомедичної інженерії  
Колосов Д.Л., д.т.н., професор, декан факультету Інформаційних технологій та  
комп'ютерної інженерії Придніпровської державної академії будівництва та  
архітектури Бекетов О.В., д.т.н., ст. досл., професор кафедри конструювання,  
технічної естетики і дизайну Кононенко Г.А., д.т.н., професор, завідувач  
кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів Придніпровської державної  
академії будівництва та архітектури Волчук В.М., д.т.н., професор кафедри  
конструювання, технічної естетики і дизайну Гришак В.З., к.т.н., доцент  
кафедри будівництва геотехніки і геомеханіки Дадіверіна Л.М., к.т.н., доцент  
кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства Козечко В.А.,  
к.т.н., доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Довгаль  
Д.О., к.т.н., доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну  
Мацюк І.М., к.т.н., доцент кафедри конструювання, технічної естетики і  
дизайну Ротт Н.О., к.т.н., доцент кафедри конструювання, технічної естетики  
і дизайну Письменкова Т.О., к.т.н., доцент кафедри конструювання, технічної  
естетики і дизайну Сазанішвілі З.В., к.т.н., доцент кафедри конструювання,  
технічної естетики і дизайну Федоскіна О.В., к.пед. наук, доцент, провфдний  
фахівець відділу міжнародних проектів центру міжнародної співпраці НТУ

«Дніпровська політехніка» Дегтярьова Ю. В., асистент кафедри  
конструювання, технічної естетики і дизайну Твердохліб О.М., асистент  
кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Гаркавенко Д.В.,  
асистент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Вернер І.В.,  
аспірант кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Пілюгін Є.

Серед присутніх 5 докторів технічних наук і 8 кандидатів технічних наук *фахівці зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація*».

**Порядок денний:** Обговорення дисертаційного дослідження аспіранта кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Козечко Валентина Івановича «Формування комплексу механічних властивостей низьковуглецевих мікролегованих сталей в залежності від товщини металопрокату», поданого на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну НТУ «Дніпровська політехніка» Лаухін Дмитро Вячеславович.

Дисертація виконувалась на кафедрі конструювання, технічної естетики і дизайну НТУ «Дніпровська політехніка»

Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (протокол № 1 від 3 січня 2023 року).

#### **Виступили:**

Здобувач Козечко В.І. представив презентацію за основними положеннями дисертації «Формування комплексу механічних властивостей низьковуглецевих мікролегованих сталей в залежності від товщини металопрокату», поданого на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Доброго дня. Шановний голово і шановні члени наукового семінару.

До Вашої уваги надається дисертаційна робота Валентина Козечко на тему: «Формування комплексу механічних властивостей низьковуглецевих мікролегованих сталей в залежності від товщини металопрокату», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD). Науковий керівник роботи: професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» доктор технічних наук, професор Дмитро Лаухін.

Мета роботи – стабілізація фізичної нелінійності для зварних будівельних металевих конструкцій на основі встановлення взаємозв'язку між товщиною металопрокату та загальними металофізичними принципами розповсюдження та концентрації пластичної деформації. Об'єкт дослідження – процеси розповсюдження та концентрації пластичної деформації під дією зовнішнього навантаження з урахуванням структурного стану матеріалу. Предмет дослідження – взаємозв'язок між товщиною металопрокату, заданим структурним станом та відповідним розподілом пластичних деформацій, які виникають під дію зовнішнього навантаження. У роботі було використано сучасні методи дослідження структури та властивостей матеріалів, а саме: кількісний та якісний металографічний аналіз; растрова електронна

мікроскопія; механічні випробування; статистичний аналіз масивів експериментальних даних; фізичне та математичне моделювання.

На слайді 3 представлено структуру дисертаційної роботи.

РОЗДІЛ 1. Аналіз впливу товщини металопрокату на перспективу його використання в будівельних металоконструкціях

РОЗДІЛ 2. Матеріал і методи досліджень

РОЗДІЛ 3. Дослідження впливу товщини прокату на структуру низьковуглецевої мікролегованої сталі 10Г2фб в різних товщинах

РОЗДІЛ 4. Дослідження загальних закономірностей руйнування сталі 10Г2фб з урахуванням товщини металопрокату

РОЗДІЛ 5. Аналіз можливості використання металопрокату різної товщини при виготовленні будівельних металевих конструкцій

Товсті листи мають широкий спектр застосування. Вони можуть утворювати як перерізи несучих елементів конструкцій так і щільно-міцні оболонки, що застосовуються для зберігання, перевантаження, транспортування та переробки рідких, газоподібних і сипучих речовин. Стосовно будівництва, товстолистовий металопрокат, в основному, застосовується при виробництві зварних конструкцій каркасів будівель і споруд. При цьому слід зазначити, що діюча на теперішній час нормативна документація передбачає при проектуванні зварних металевих конструкціях застосування металопрокату однакової товщини по перерізу елементів конструкцій. Однак, аналіз розподілу зовнішнього навантаження по перерізу конструкцій показує, що у деяких випадках слід застосувати при виробництві конструкцій листи різної товщини.

Таким чином, для досягнення поставленої мети у роботі було вирішено наступні задачі:

1. Дослідити взаємозв'язок між товщиною металопрокату, розмірами та відсотковим співвідношенням структурних складових: проведено комплекс металографічних досліджень; виконано кількісний аналіз відсоткового співвідношення структурних складових в залежності від товщини листа.

2. Дослідити взаємозв'язок між товщиною металопрокату і комплексом характеристик міцності та пластичних властивостей низьковуглецевої мікролегованої сталі: проведено кількісний аналіз розподілу відповідних характеристик в залежності від товщини листа; отримано відповідні математичні моделі.

3. Дослідити взаємозв'язок між товщиною металопрокату та ударною в'язкістю низьковуглецевої мікролегованої сталі: проведено кількісний аналіз розподілу ударної в'язкості в залежності від товщини листа; досліджено зміни загальних характеристик зламів; отримано відповідні фізичні та математичні моделі; на підставі отриманих результатів побудовано загальну модель.

Технологічний процес виробництва товстолистового прокату варто розглядати як сукупність процесів, що чергуються, термомеханічного й термічного впливу на метал, у результаті яких формується певний

структурний стан і відповідний рівень властивостей прокату. На даному слайді представлена схема виробництва товстого листа із цих позицій. Згідно діючої в Україні нормативної документації, структура товстолистого прокату для потреб будівельної індустрії повинна складатися з ферито-перлітної суміші. Приклад такої структури також наведено на слайді 6.

У якості матеріалу для дослідження було обрано низько вуглецеву мікролеговану сталь 10Г2ФБ в товщина: 16, 20, 30, 40, 50, 70, 100 мм. Відповідний для кожної товщини хімічний склад (усереднений) наведено на даному слайді 7.

У ході виконання роботи для побудови фізико-математичних моделей досліджуваних процесів застосовувалися елементи теорії обробки масивів експериментальних даних. Відповідно, для отримання математичних моделей використовувалась наступні етапи обробки масивів:

- Етап 1: вихідний (попередній) аналіз досліджуваної систем;
- Етап 2: первинна статистична обробка даних;
- Етап 3: аналіз типу і сили зв'язку між ознаками, що досліджуються;
- Етап 4: обчислювальна реалізація вибраних методів статистичної обробки масиву даних та інтерпретація отриманих результатів.

Для побудови моделі використовувались наступні способи:

- однофакторний дисперсійний аналіз;
- багатофакторний дисперсійний аналіз;
- однофакторний регресійний аналіз;
- багатофакторний дисперсійний аналіз;

На слайді 9 наведено структуру досліджуваної сталі. Мікроструктурний аналіз показав, що мікроструктурними складовими усіх досліджуваних систем є ферит та перліт. Сталь товщиною 16 мм має ферито- перлітну структуру у співвідношенні 70% - 30% відповідно. Зі збільшенням товщини збільшується відсотковий вміст феритної складової з одночасним зменшенням відсотку перліту. Для сталі товщиною 100 мм мікроструктура складається з 80 % фериту та 20 % перліту. Ферит формується у виді зерен полієдричної форми, а перлітні колонії розташовано у ліквацийних полосах.

Результати кількісного аналізу взаємозв'язку між параметрами структурних складових та товщиною металопрокату представлено на слайді 10.

Дослідження тонкої структури показали, що для всіх товщин металопрокату зерна феритної фази мають правильну полієдричну форму. На поверхні кожної пластини цементиту, як на підкладці, кристалізується ферит, чому сприяє збагачення цієї ділянки аустеніту залізом. Ріст пластини фериту викликає збагачення вуглецем сусідньої ділянки аустеніту, що полегшує появу нового зародка цементиту.

Таким чином, позмінна перекристалізація цементиту й фериту поширюється уздовж границь. З'являються колонії перліту, ріст яких триває до їхнього взаємного зіткнення.

Зі збільшенням товщини металопрокату спостерігається зміна форми цементитного каркасу перлітних колоній з сферо подібного на віялоподібний. Цей факт пояснюється відповідними змінами умов охолодження з підвищенням товщини.

Для аналізу залежності механічних властивостей від товщини листа, був проведений комплекс іспитів, результати якого приведені у вигляді відповідних графічних залежностей та математичних моделей. З отриманих залежностей видно, що механічні властивості змінюються непропорційно із збільшенням товщини – не спостерігається чіткої тенденції зниження чи підвищення механічного комплексу властивостей з товщиною.

Аналіз даних фактографічного аналізу поверхонь руйнування показав, що для товщини 16 мм руйнування відбувається внаслідок косого зламу, поверхня має гладкі поверхні та ступені – ознаки руйнування за механізмом квазісколу. Згідно даних металографічного аналізу у структурі металопрокату даної товщини присутні ферит і перліт. Виходячи з цього, можливо припустити, що ознаки крихкого руйнування будуть мати перлітні колонії. Квазівідрив на початковій стадії утворення фасетки виявляє ознаки переважно кристалічного відриву, тоді як у місцях злиття мікротріщин виявляються ознаки пластичного руйнування.

Мікрофрактографічні знімки товщин 20...50 мм кардинально відрізняються від знімків товщини 16 мм тим, що з'являються області локалізації пластичної деформації, які призводять до зросту в'язкої складової зламу. Разом з цим, на зламах також присутні елементи квазікрихкого внутризеренного руйнування. Підтвердження того, що дана структурна складова зруйнувалася шляхом квазіскола, є наявність трьох основних його ознак: язички, сходи, гребені.

На зламах товщин 70...100 мм присутні сліди значної пластичної деформації та велика кількість пор біля часток. Ці частки слугують осередками зародження руйнування, та стримують розповсюдження тріщин, роблячи руйнування в'язким. При цьому, переважним процесом є пластична деформація. Так, у процесі пластичної деформації неоднакова пружність і пластичність матриці часток другої фази приводить до утвору на границях розділів між ними мікротріщин або вільних поверхонь. Поверхні зламу, що утворилися при злитті порожнин, являють собою округлі западини. Дані представлені на слайді 13.

Також було проведено експериментальне дослідження часток другої фази на яких відбулося зародження пор з використанням енерго-дисперсійного аналізу. Результати даного комплексу досліджень показують, що зародження пор для всіх товщин металопрокату, в основному, відбувається на хімічних сполуках типу MnS. Разом с цим, слід зазначити що певна кількість пор утворювалась на карбідах.

Оскільки отримані дані свідчать про можливість зародження руйнування на карбідах та сульфідах, було зроблено припущення, що важливий вплив на процеси зародження руйнування також має розмір часток другої фази. Відповідні розрахунки показали, що основний вплив на



зародження руйнування мають три типи часток другої фази: великі частки (розмір 1...20 мкм); проміжні частки (розмір 500...5000 Å); осаджені частинки (розмір 50-500 Å).

Для визначення впливу розподілу хімічного складу на ударну в'язкість з урахуванням товщини металопрокату було проведено комплекс досліджень, який містив елементи кореляційного та дисперсійного аналізу. На даному слайді наведено результати кореляційного аналізу. Даний тип аналізу було застосовано з метою визначення наявності впливу кожного з елементів хімічного складу сталі на ударну в'язкість. Результати проведених досліджень дозволили відокремити хімічні елементи який мають тісний взаємозв'язок з ударною в'язкістю, тобто залежність практично функціональна (коефіцієнт кореляції порядку одиниці).

З метою визначення впливу кожного з елементів та їх з'єднань на показники ударної в'язкості було праведно одно факторний та багатофакторний дисперсійний аналіз, результати яких наведено на даному слайді. Отримані дані дозволили встановити, що найбільш впливовими на ударну в'язкість є хімічні сполуки мікролегуєчих елементів з сіркою – сульфіди.

Сумісний аналіз проведеного комплексу досліджень показав, що зародження в'язкого руйнування для всіх досліджуваних товщин, можливо описати дією трьох механізмів: початкова стадія – формування дислокаційних петель навколо частки (модель Броека); наступні стадії зросту пори відбуваються за рахунок накопичення дислокацій. При цьому, ця стадія відбувається під дією обох компонентів напруги нормальної і зсувної. Саме за таких умов можливо зростання пор у двох напрямках (у площині) вздовж та поперек прикладеного навантаження.

Для детального аналізу впливу структурного стану на комплекс характеристик міцності та пластичних властивостей металопрокату було побудовано відповідні математичні моделі, загальні вигляд яких приведено на даному слайді. Отриманні залежності мають поліноміальний характер. Сумісний аналіз отриманих моделей та фізичних основ досліджуваних процесів показав, що на характеристики міцності найбільший вплив оказує відсоток перлітної складової, на пластичні – феритної.

На слайді 18 наведено результати математичного моделювання взаємозв'язку між товщиною металопрокату та відповідними значеннями ударної в'язкості. Отримані залежності мають поліноміальний вигляд. Аналіз отриманої моделі показав, що ударна в'язкість змінюється непропорційно із збільшенням товщини.

З метою кількісної оцінки впливу відсоткового вмісту структурних складових на показники ударної в'язкості було побудовано відповідні математичні моделі, які наведено на слайді 19.

Сумісний аналіз даний, які представлено на листах 13-14 та даних мікрофрактографічних досліджень, які наведено на даному слайді, показав, що мікропори при в'язкому характері руйнування для всіх товщин, що досліджуються зароджуються на поверхнях розділу між матрицею і

частинками. При цьому, для зразків порівняно невеликої товщини спостерігаються ознаки крихкого руйнування, хоча показники механічних властивостей високі і матеріал повністю пластичний. На мікрофрактографічних знімках для товщини понад 30 мм сумарна в'язкість руйнування складається з внесків компонент як косої, так і прямої частки поверхні руйнування.

З наведених в дисертації графіків випливає, що, для всіх моделей, залишки хаотично розкидані на площині і в їх поведінці немає закономірностей. Таким чином, отримані регресійні моделі досить адекватно описує досліджувані залежності (слайд 20).

Максимальні переваги для створення нових площ на базі існуючого житла отримуються завдяки реконструкції методом «Фламінго» – зведення надбудови на самостійних опорах. За конструктивною схемою цей метод суттєво відрізняється від інших методів влаштування надбудов. При цьому надбудована частина будівлі не передає навантаження на існуючі основи. Метод «Фламінго» є доцільним при можливості значної надбудови від 12-ти до 16-ти (іноді навіть більше) поверхів.

Відповідно до поставленої мети, в даній роботі було виконано модельний розрахунок використання елементів будівельної конструкції, виготовлених з металопрокату різної товщини та визначено область ефективного застосування даного підходу. Для цього, проаналізовано формоутворення сучасних сталевих каркасів з точки зору сприйняття елементами конструкцій зовнішніх навантажень.

При цьому слід зазначити, що на теперішній час при прольотах до 36 м перевага віддається фермам з паралельними поясами, у яких довжини всіх розкосів і стійок однакові, що забезпечує мінімум трудовитрат при виготовленні.

Моделювання проводилось за трьома варіантами компоновки:

Варіант 1. Ферму виготовлено з будівельної сталі 09Г2С. При цьому застосовувалися елементи однакової товщини (60 мм); для розрахунку використовувалися дані літературних джерел.

Варіант 2. Ферму виготовлено з сталі 10Г2ФБ. При цьому застосовувалися елементи однакової товщини (60 мм);

Варіант 3. Ферму виготовлено з сталі 10Г2ФБ. При цьому використовувалися елементи різної товщини: верхній пояс (VP) – товщина 100мм; нижній пояс (NP) – товщина 70мм; раскоси (D1) – товщина 70мм; раскоси (D2) – товщина 50мм; ребра жорсткості (V) – товщина 20 мм. Товщину металопрокату для конструктивних елементів ферми підбирали відповідно до результатів, отриманих в розділі 4. В якості даних для модельного розрахунку використовували результати дослідження механічних властивостей.

Аналіз наведених в таблиці даних показує, що використання стропильної ферми з різними товщинами конструктивних елементів може призвести до зниження вартості виробу більш ніж на 20% порівняно з класичним варіантом (варіант 1).

Аналіз наведених даних показує, що застосування металопрокату різної товщини для виробництва стропильної ферми дозволяє знизити металоємність конструкції без втрати її несучої здатності.

Основні висновки наведені на слайдах 26-28.

Після закінчення презентації Козечко В.І. присутніми на захисті фахівцями були поставлені наступні запитання:

**Доктор наук, професор** Колосов Д.Л., д.т.н. за спеціальністю 05.05.06, завідувач кафедри медичної та біомедичної інженерії.

В роботі Ви говорите, що було проведено великий комплекс механічних випробувань. Які саме випробування були виконані?

**Здобувач Козечко В.І.**

Дякую за запитання. Частина механічних випробувань для зразків за розробленою технологією була виконана нами особисто, а частина, що стосувалась зразків підданих стандартній обробці, були використані вже відомі стандартні механічні властивості. Були проведені наступні механічні випробування: показники міцності, показники пластичності та ударної в'язкості.

**Доктор наук, професор** Колосов Д.Л., д.т.н. за спеціальністю 05.05.06, завідувач кафедри медичної та біомедичної інженерії.

Як ви оцінюєте новизну своєї роботи в порівнянні з існуючими розробками? В чому полягає новизна?

**Здобувач Козечко В.І.**

Під час виконання дисертаційної роботи було проведено літературний огляд по даній проблемі та за результатами роботи було сформульовано основні наукові положення:

Удосконалено енергетичні аспекти теорії зародження мікропор на поверхнях розділу між матрицею і частинками при в'язкому руйнуванні низьковуглецевих мікролегованих сталей з урахуванням товщини металопрокату – *набуло подальшого розвитку*. Розроблена концепція відрізняється урахуванням не тільки типу зв'язку частки з матрицею, а й аналізом хімічного складу частки, її розмірами та спроможністю формувати пори, тобто бути потенціальними місцем для зародження в'язкої тріщини.

Концепція зв'язку між розповсюдженням пластичної деформації та параметрами структурних складових - *зроблено вперше*. Запропонована фізико-математична модель враховує спроможність елементів структури низьковуглецевих мікролегованих сталей до опору розповсюдження в структурі пластичної деформації і, як наслідок, руйнування. Аналогічні моделі розповсюдження в'язкого руйнування зазначені факти не враховують.

Досліджено процес руйнування сталей у ферито-перлітному структурному стані з урахуванням товщини металопрокату з точки зору проходження тріщиною трьох послідовних стадій: зародження, повільного зростання та швидкого зростання – *набуло подальшого розвитку*. Отримані фізичні моделі враховують вплив геометричних розмірів та відсоткового



вмісту структурних складових низьковуглецевих мікролегованих сталей на зародження (формування мікротріщин за квазікрихким механізмом руйнування) та розповсюдження руйнування (розподіл пластичної деформації по структурним складовим).

Побудовано та проаналізовано фізико-математичні моделі впливу параметрів структури на ударну в'язкість низьковуглецевих мікролегованих сталей з урахуванням товщини металопрокату – *зроблено вперше*. Запропонована концепція базується на результатах комплексних досліджень поверхонь зламів, відповідних дослідженнях структурного стану та теоретичному аналізу можливих механізмів, які працюють під час руйнування низьковуглецевих мікролегованих сталей.

**Доктора технічних наук, ст. досл.** Кононенко Г.А професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну. д.т.н. за спеціальністю 05.02.01

Доведіть на конкретних прикладах, що Ви досягли мети в дисертаційній роботі.

**Здобувач Козечко В.І.**

Дякую за запитання. Мета роботи звучить так – стабілізація фізичної нелінійності для зварних будівельних металевих конструкцій на основі встановлення взаємозв'язку між товщиною металопрокату та загальними металофізичними принципами розповсюдження та концентрації пластичної деформації.

Визначено кількісний та якісний зв'язок між характеристиками структури, параметрами відповідних поверхонь руйнування та ударною в'язкістю листового прокату товщиною від 16 до 100 мм з низьковуглецевої мікролегованої сталі 10Г2ФБ. Досягнуто стабілізація структури по перерізу металопрокату.

**Доктора технічних наук, ст. досл.** Кононенко Г.А професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну. д.т.н. за спеціальністю 05.02.01

Яким чином Ви досягли стабілізації структури?

**Здобувач Козечко В.І.**

Було змінено технологію прокатки товстолистового матеріалу. А сама, традиційна технологія передбачує один цикл прокатки в аустенітній області. В роботі було впроваджено три цикли прокатки: перший цикл - гаряча прокатка в аустенітній області при температурі 1200-1170<sup>0</sup>С, другий цикл – перед перетворенням аустеніту, третій цикл – для рекристалізації зерен фериту. Це дало змогу стабілізувати структуру.

**Кандидат технічних наук, доцент** Федоряченко С.О., к.т.н. за спеціальністю 05.05.06, завідувач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну.

Який практичний результат Ваших досліджень?

**Здобувач Козечко В.І.**

В роботі виконано модельну оцінку вартості використання запропонованого підходу для виробництві будівельних конструкцій. Аналіз отриманих даних показав, що використання стропильної ферми з різними товщинами конструктивних елементів призводить до зниження вартості готового виробу більш ніж на 20% в порівнянні з класичним варіантом компоновки стропильної ферми. Тому для споживача практичним результатом є висока надійність металевих конструкцій та зниження вартості більше ніж на 20%.

**Кандидат технічних наук, доцент Федоряченко С.О.,** к.т.н. за спеціальністю 05.05.06, завідувач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну.

За якою методикою були виконані розрахунки конструкцій?

**Здобувач Козечко В.І.**

Моделювання проводилось за трьома варіантами компоновки

Варіант 1. Ферму виготовлено з будівельної сталі 09Г2С. При цьому застосовувалися елементи однакової товщини (60 мм); для розрахунку використовувалися дані літературних джерел

Варіант 2. Ферму виготовлено з сталі 10Г2ФБ. При цьому застосовувалися елементи однакової товщини (60 мм);

Варіант 3. Ферму виготовлено з сталі 10Г2ФБ. При цьому використовувалися елементи різної товщини: верхній пояс (VP) – товщина 100мм; нижній пояс (NP) – товщина 70мм; раскоси (D1) – товщина 70мм; раскоси (D2) – товщина 50мм; ребра жорсткості (V) – товщина 20 мм. Товщину металопрокату для конструктивних елементів ферми підбирали відповідно до результатів, отриманих в розділі 4. В якості даних для модельного розрахунку використовували результати дослідження механічних властивостей.

**Доктор технічних наук, професор** кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Грищак В.З., д.т.н. за спеціальністю 05.02.09.

Як впливає характер неоднорідності по товщині на загальні властивості матеріалу?

**Здобувач Козечко В.І.**

Дякую за запитання.

Так, впливає неоднорідність по товщині на властивості матеріалу. При збільшенні товщини металопрокату відбуваються зміни процентного співвідношення структурних складових, а саме співвідношення фериту та перліту. Аналіз отриманих даних також показав, що зі збільшенням товщини металопрокату спостерігається збільшення областей локалізації пластичної деформації, які призводять до зросту в'язкої складової зламу. Разом з цим, на зламах також присутні елементи квазікрихкого руйнування.

**Доктор наук, професор** Колосов Д.Л., д.т.н. за спеціальністю 05.05.06, завідувач кафедри медичної та біомедичної інженерії.

Я займаюсь проблемою сталевих тросів, так от там, питання неоднорідності вирішується за рахунок поступової пластичної деформації. Чи не є це технологічним рішенням для вирішення проблеми неоднорідності при прокатці?

**Здобувач Козечко В.І.**

Дякую за запитання. Технологічний процес виробництва товстолистового прокату в дисертаційній роботі було розглянуто як сукупність процесів, що чергуються, термомеханічного й термічного впливу на метал, у результаті яких формується певний структурний стан і відповідний рівень властивостей прокату. Таким чином можна уникнути структурної неоднорідності після прокатки.

**Кандидат технічних наук, доцент Ротт Н.О.,** к.т.н. за спеціальністю 05.02.01, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну.

Сформулюйте будь ласка основні зальні висновки по Вашій дисертаційній роботі.

**Здобувач Козечко В.І.**

Дякую за запитання. До основних висновків можна віднести Проведений комплекс досліджень дозволив стабілізувати фізичну нелінійність для зварних будівельних металевих конструкцій на основі встановлення взаємозв'язку між товщиною металопрокату та загальними металофізичними принципами розповсюдження та концентрації пластичної деформації.

Проведений комплекс досліджень показав, що основними місцями зародження пор у структурі сталі 10Г2ФБ не залежно від товщини є поверхні розділу сульфід-матриця. Пори, які утворюються на поверхні розділу сульфід-матриця зароджуються і зростають у напрямку джерела розтягуючих напруг при малих показниках пластичної деформації.

**Доктора технічних наук, ст. досл. Кононенко Г.А** професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну. д.т.н. за спеціальністю 05.02.01

Чи враховували Ви зміни хімічного складу металопрокату якимсь чином? Якщо так, то як він вплинув? Якщо ні то чому?

**Здобувач Козечко В.І.**

В дисертаційній роботі були проведені дослідження впливу хімічного складу на ударну в'язкість прокату. Метою було виявлення шкідливих сполук, що погіршують ударну в'язкість. Стосовно впливу мікролегуючих елементів – такого завдання поставлено не було, бо вплив цих елементів добре відомий та широко розглянутий в літературних джерелах.

**Кандидат технічних наук, доцент Зіборов К.А.,** к.т.н. за спеціальністю 05.02.09, декан механіко-машинобудівного факультету.

У мене зауваження та побажання формального характеру. Звернуть увагу на формулювання основних висновків коли будете формувати остаточний варіант дисертаційної роботи.

**Здобувач Козечко В.І.**

Дякую за зауваження, вони будуть обов'язково враховані.

**Кандидат технічних наук, доцент Зіборов К.А.**, к.т.н. за спеціальністю 05.02.09, декан механіко-машинобудівного факультету.

Що у Вас з публікаціями за темою дисертаційної роботи?

**Здобувач Козечко В.І.**

На сьогодні опубліковано 5 статей у фахових журналах, одна з них входить до наукометричної бази Scopus. Прийнято участь у трьох конференціях, одна з яких – міжнародна.

**Кандидат технічних наук, доцент Зіборов К.А.**, к.т.н. за спеціальністю 05.02.09, декан механіко-машинобудівного факультету.

Чи є впровадження Ваших наукових досліджень?

**Здобувач Козечко В.І.**

Так, звичайно. Результати наукових досліджень впроваджено в практику ТОВ «Сінерджі Ер Енд ДІ», ТОВ "Катаріос Транс" та в учбовий процес НТУ «Дніпровська політехніка».

Після відповідей на запитання виступив:

**Рецензент** дисертаційної роботи, який наголосив на позитивних аспектах дослідження та висловив свої побажання й зауваження.

**Кандидат технічних наук, доцент Федоряченко С.О.** викладається зміст виступу.

Робота мені дуже сподобалась. Вона дійсно містить велику кількість досліджень. Ці дослідження ретельно виконані та оброблені якісно, є достатня кількість розрахункових методів і точних методів дослідження. Виконано аналіз мікроструктури, що підтверджено в металі. Результати, що отримані в дисертаційній роботі що можуть бути впроваджені у реальні конструкції. Робота заслуговує, щоб її представляти до захисту. Вона має ще певні недоліки – я ці зауваження обговорював з науковим керівником. Але робота є. Вона якісна. Вона відповідає паспорту спеціальності. Вона може бути представлена до захисту.

Моя позиція – робота закінчена та виконана відповідно до вимог.

**Науковий керівник** – доктор наук, професор, професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну НТУ «Дніпровська політехніка» Лаухін Дмитро Вячеславович.

Вибір теми дисертаційної роботи Козечко В.І. був зроблений не просто так. За високомісними сталями є майбутнє. Бо коли закінчиться війна ми прийдемо до того, що потрібно буде будувати висотні будівлі. Вище ніж 48 поверхів. Чому саме 48 поверхів? Тому що в залізобетоні неможливо будувати більше ніж 48 поверхів бо будинок стане настільки важким, що він просто

роздавить фундамент. Тому майбутнє за високоміцними, високов'язкими сталями які будуть використовуватися у вигляді каркасів цих будівель.

Одним з важливих питань, що виникло по ходу виконання роботи, це що роботи із застарілим фондом наших будинків, так званими «хрущовками»? Так одним з методів є так званий метод «фламінго», який можна використовувати в якості надстройки над п'ятиповерховими будинками, що будуть розташовані на власному фундаменті і саме в цих каркасах будуть використовуватися ці сталі.

Використання високоміцної сталі в таких каркасних будівлях буде отримувати економічний ефект за рахунок того, що ці ферми або перекриття будуть виготовлені з високоміцної сталі вони матимуть меншу вагу. Якщо меншу вага, то ми можемо виконувати з'єднання на землі, будувати збільшені металоконструкції і потім за один раз краном підіймати та монтувати нашу конструкцію на будівлю. Ще одна перевага – це якщо сталі мають менший переріз, то розділку кромок для зварювання можна роботи тільки з одного боку, що призводить до зменшення наплавленого металу, скорочення часу зварювання, а також скритий економічний ефект. Ефект при логістиці. Ці ферми, якщо вони будуть виготовлені на заводі модна буде перевозити не одну ферму, а 2-3 одночасно. Це також скритий економічний ефект, який перебиває кошторис матеріалів. Ця сталь дорожча ніж традиційна сталь для таких конструкцій 09Г2С, але в ній закладено такий скритий економічний ефект як скорочення часу будівництва, скорочення витрат на логістику та монтаж цих конструкцій. Ось це основна думка економічного ефекту та впровадження цих сталей.

Стосовно наукової новизни. В роботі вперше виявлено механізм зародження та розповсюдження пластичної деформації, тобто зворотній ефект – це розповсюдження крихкої тріщини. Це дуже важливе питання для таких конструкцій, тому що руйнування таких конструкцій відбувається майже зі швидкістю звука відбувається. Тому для цих відповідальних конструкцій пред'являються такі високі вимоги. Але це тільки маленька частина великої проблеми, бо ці сталі ще потрібно зварювати і там також є купа проблем, пов'язаних з формуванням структури зварного з'єднання, зони термічного впливу, околошовної зони. Але це вже теми для наступних дисертаційних робіт та розвитку цього напрямку.

Здобувач, Козечко В.І. більшу частину досліджень зробив самостійно. Ретельно відносився до своєї дисертаційної роботи. Ми достроково виходимо на захист. Робота була готова майже півроку тому.

У дисертації наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані надійними аргументами, мають міцну теоретичну основу та є достовірними, що свідчить про вагомий внесок автора у вдосконалення наукових підходів.

Робота вирізняється чіткістю викладу, обґрунтованістю висновків і рекомендацій, глибоким розумінням поставлених дослідницьких завдань, а також детальним аналізом літературних джерел і наукових праць відомих шкіл. Дисертант демонструє цілеспрямованість та володіє здатністю правильно формулювати і вирішувати наукові завдання.

Козечко В.І. під час навчання в аспірантурі до виконання всіх як теоретичних так і практичних завдань ставиться відповідально. Під час проведення педагогічної практики мав добрий контакт з студентською аудиторією.

Вважаю, що за науковим змістом та практичним значенням, внеском у методологію і практику вирішення важливих задач, дисертаційна робота відповідає вимогам, що пред'являються, а її автор, Козечко Валентин Іванович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

**В обговоренні дисертаційного дослідження взяли участь:**

**Доктор технічних наук, професор, д.т.н. за спеціальністю 05.02.01, завідувач кафедру матеріалознавства та обробки матеріалознавства Придніпровської державної академії будівництва та архітектури Волчук В.М.,** відзначив, що у роботі Козечко В.І. представлені наукова новизна та практична цінність, оскільки її теоретичні й методичні положення дозволять використовувати низьковуглецеві мікролеговані сталі для виготовлення відповідальних будівельних конструкцій, тому представлену роботу можна рекомендувати до захисту на разовій спеціалізованій вченій раді.

**Доктор технічних наук, професор, д.т.н. за спеціальністю 05.02.01, декан факультету Інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Придніпровської державної академії будівництва та архітектури Бекетов О.В.,** що представлена дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні, і за науковим змістом та практичним значенням вона відповідає вимогам, що пред'являються до дисертаційних робіт і її можна рекомендувати до захисту на разовій спеціалізованій вченій раді.

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Козечко Валентина Івановича «Формування комплексу механічних властивостей низьковуглецевих мікролегованих сталей в залежності від товщини металопрокату»**



### **Обґрунтування вибору теми дослідження.**

Вибір теми дисертаційної роботи Козечко В.І. обґрунтований тим, що товсті листи мають широкий спектр застосування. Вони можуть утворювати як перерізи несучих елементів конструкцій так і щільно-міцні оболонки, що застосовуються для зберігання, перевантаження, транспортування та переробки рідких, газоподібних і сипучих речовин. Стосовно будівництва, товстолистовий металопрокат, в основному, застосовується при виробництві зварних конструкцій каркасів будівель і споруд. При цьому слід зазначити, що діюча на теперішній час нормативна документація передбачає при проектуванні зварних металевих конструкціях застосування металопрокату однакової товщини по перерізу елементів конструкцій. Однак, аналіз розподілу зовнішнього навантаження по перерізу конструкцій показує, що у деяких випадках слід застосувати при виробництві конструкцій листи різної товщини. Тому робота, спрямована на підвищення механічних властивостей і розширення областей застосування прокату з низьковуглецевих мікролегованих сталей вітчизняного виробництва на основі встановлення взаємозалежностей між структурою та кінетикою розповсюдження тріщини при динамічних механічних руйнуваннях є актуальною.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Результати досліджень увійшли та були прийняті до уваги при створенні освітньо-наукової програми підготовки докторів філософії за спеціальністю 132 "Матеріалознавство".

Крім того результати наукових досліджень увійшли до методичних розробок для підготовки магістрів спеціальності 132 Матеріалознавство, а саме:

1. Експертна оцінка матеріалів і виробів [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів ступеня магістра спеціальності 132 Матеріалознавство / уклад.: Д. В. Лаухін, Н. О. Ротт, К.А. Зіборов, В. І. Козечко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024 – 44 с.

2. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни Методи структурного аналізу матеріалів для магістрів спеціальності 132 Матеріалознавство / В.А. Козечко, Козечко В.І. ; Нац.техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 69 с.

**Мета і завдання дослідження** стабілізація фізичної нелінійності для зварних будівельних металевих конструкцій на основі встановлення взаємозв'язку між товщиною металопрокату та загальними металофізичними принципами розповсюдження та концентрації пластичної деформації.

**Об'єкт дослідження** процеси розповсюдження та концентрації пластичної деформації під дією зовнішнього навантаження з урахуванням структурного стану матеріалу.

**Предмет дослідження** - взаємозв'язок між товщиною металопрокату, заданим структурним станом та відповідним розподілом пластичних деформацій, які виникають під дію зовнішнього навантаження.

**Методи дослідження.**

У роботі використано сучасні методи і методики досліджень: кількісний та якісний металографічний аналіз; растрова електронна мікроскопія; механічні випробування; статистичний аналіз масивів експериментальних даних; фізичне та математичне моделювання.

**Наукова новизна дослідження** у кількісному та якісному визначенні взаємозв'язку між параметрами структури будівельних сталей, які формуються під час термічної обробки металопрокату різної товщини, параметрами відповідних поверхонь руйнування та ударною в'язкістю листового прокату з низьковуглецевих мікролегованих сталей.

**Теоретичне значення** полягає

одержаних результатів полягає у наступному:

1. Удосконалено енергетичні аспекти теорії зародження мікропор на поверхнях розділу між матрицею і частинками при в'язкому руйнуванні низьковуглецевих мікролегованих сталей з урахуванням товщини металопрокату (набуло подальшого розвитку). Розроблена концепція відрізняється урахуванням не тільки типу зв'язку частки з матрицею, а й аналізом хімічного складу частки, її розмірами та спроможністю формувати пори, тобто бути потенціальними місцем для зародження в'язкої тріщини.

2. Концепція зв'язку між розповсюдженням пластичної деформації та параметрами структурних складових (зроблено вперше). Запропонована фізико-математична модель враховує спроможність елементів структури низьковуглецевих мікролегованих сталей до опору розповсюдження в структурі пластичної деформації і, як наслідок, руйнування. Аналогічні моделі розповсюдження в'язкого руйнування зазначені факти не враховують.

3. Досліджено процес руйнування сталей у ферито-перлітному структурному стані з урахуванням товщини металопрокату з точки зору проходження тріщиною трьох послідовних стадій: зародження, повільного зростання та швидкого зростання (набуло подальшого розвитку). Отримані фізичні моделі враховують вплив геометричних розмірів та відсоткового вмісту структурних складових низьковуглецевих мікролегованих сталей на зародження (формування мікротріщин за квазікрихким механізмом руйнування) та розповсюдження руйнування (розподіл пластичної деформації по структурним складовим).

4. Побудовано та проаналізовано фізико-математичні моделі впливу параметрів структури на ударну в'язкість низьковуглецевих мікролегованих сталей з урахуванням товщини металопрокату (зроблено вперше). Запропонована концепція базується на результатах комплексних досліджень поверхонь зламів, відповідних дослідженнях структурного стану та теоретичному аналізу можливих механізмів, які працюють під час руйнування низьковуглецевих мікролегованих сталей.

**Практичне значення** спрямовано на підвищення механічних властивостей і розширення областей застосування прокату з низьковуглецевих мікролегованих сталей вітчизняного виробництва на основі встановлення взаємозалежностей між структурою та кінетикою розповсюдження тріщини при динамічних механічних руйнуваннях.

**Особистий висновок здобувача.** Основні результати дисертаційної роботи були отримані здобувачем самостійно. При проведенні досліджень, результати яких опубліковані в співавторстві, авторові належать розробка і перевірка адекватності фізичних і математичних моделей відповідних процесів, здійснення та інтерпретація результатів структурних та фрактографічних досліджень, проведення комплексу механічних випробувань.

#### **Апробація результатів дослідження.**

Високий ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень і результатів експериментальних досліджень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, забезпечується використанням сучасних методів і методик досліджень, апаратури, лабораторного устаткування, обчислювальної техніки і програмного забезпечення, відповідністю результатів емпіричних і експериментальних досліджень, чітким трактуванням отриманих результатів, які не суперечать загальноприйнятим науковим положенням, а також досвідом практичного використання отриманих результатів і їх апробацією на IV міжнародній науковій конференції «Actual problems of practice and science and methods of the solution» (м. Мілан, Італія, 2022р.), II міжнародна науково-практична конференція «Розробка та дизайн сучасних матеріалів та виробів» (м. Дніпро, Україна, 2023р.), Студентська науково-технічна конференція «Тиждень студентської науки» (м. Дніпро, Україна, 2021).

Публікації. основні положення дисертації опубліковані в 5 наукових працях. Серед них: 1 стаття у виданні що індексується Scopus, 4 статті у фахових виданнях, що відповідають переліку ДАК МОН України.

**Публікації.** Усього за результатами дисертаційних досліджень опубліковано 5 робіт з них: 1 у міжнародному журналі з високим індексом цитування, 4 у фахових журналах, 3 у тезах наукових конференцій.

#### **Список опублікованих праць за темою дисертації**

*Статті у наукових фахових виданнях:*

1. Лаухін, Д. В., Бекетов, О. В., Дадіверіна, Л. М., & Козечко, В. І. (2023). Дослідження взаємозв'язку між температурою кінця гарячої деформації та комплексом механічних властивостей низьковуглецевих сталей на основі аналізу регресійних моделей // Математичне моделювання, (2 (49)), 182-197. [https://doi.org/10.31319/2519-8106.2\(49\)2023.293197](https://doi.org/10.31319/2519-8106.2(49)2023.293197)

2. Бекетов, О. В., Лаухін, Д. В., Дадіверіна, Л. М., Козечко, В. І., & Тараненко, А. О. (2024). Дослідження взаємозв'язку між товщиною та структурним станом металопродукату з низьковуглецевої низьколегованої сталі 10Г2ФБ. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.260324.26.1039

3. Козечко В.І. Особливості виробництва зварних труб великого діаметру та спосіб їх термічної обробки // Збірник наукових праць НГУ, №68-14, Дніпро, 2022, с. 157-165 [HTTPS://DOI.ORG/10.33271/CRPNMU/68.157](https://doi.org/10.33271/CRPNMU/68.157)

4. Козечко В. А. Особливості зміни мікроструктури і механічних характеристик при високоенергетичному навантаженні / В. А. Козечко, В. І. Козечко. // Збірник наукових праць НГУ. – 2023. – №74-1. – С. 154–162. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/74.154>

*Статті у виданнях включених до бази SCOPUS:*

1. Beketov, O., Laukhin, D., Rott, N., Babenko, E., Kozechko, V. (2024). Use of the Processing Arrays Theory of Experimental Data for the Analysis of the Technological Scheme in the Rolled Metal Production – Controlled Rolling. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Pitel', J. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing VII. DSMIE 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-61797-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-61797-3_13)

*Матеріали наукових конференцій:*

1. Козечко В.І., Козечко В.А. Термічна обробка труб великого діаметру для магістральних трубопроводів: Abstracts of the Actual problems of practice and methods of their solution Milan 2022. Pp. 653–656.

2. Лаухін Д.В., Бекетов О.В., Дадіверіна Л.М., Козечко В.І. Special borders and multiple joints in hypoeutectoid ferrite // Збірник наукових праць II міжнародної науково практичної конференції «Розробка та дизайн сучасних матеріалів та виробів». – Дніпро: НТУ «ДП», 2023. – с 48-51.

3. Козечко В.І., Волинець А.В., Козечко В.А. Підвищення ефективності електроіскрового легування // Матеріали студентської науково-технічної конференції Тиждень студентської науки - 2021.

### **Структура та обсяг дисертації.**

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (131). Загальний обсяг дисертації – 119 сторінок, у тому числі 37 рисунків та 18 таблиць.

### **Характеристика особистості здобувача.**

Козечко В.І. навчався в аспірантурі на кафедрі конструювання, технічної естетики і дизайну до виконання всіх як теоретичних так і практичних завдань ставиться відповідально. Під час проведення педагогічної практики мав добрий контакт з студентською аудиторією.

**Оцінка мови та стилю дисертації.** Дисертація виконана фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

**Відповідно до п.15** Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, *пропонується такий склад разової ради:*

**Голова ради:** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри медичної та біомедичної інженерії Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» **Колосов Д.Л.**

**Рецензенти:**

**1. Федоряченко С.О.** кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

**Офіційні опоненти:**

**1. Серeda Б.П.,** професор, директор науково-дослідного центру «Матеріалознавства та інноваційних технологій» ДДТУ, завідувач кафедрою автомобілів та транспортно-логістичних систем Дніпровського державного технічного університету

**2. Вахрушева В.С.,** доктор технічних наук, професор, професор кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури

**3. Глушкова Д. Б.,** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій металів та матеріалознавства Харківський національний автомобільно-дорожній університет «ХНАДУ»

У результаті попередньої експертизи дисертації Козечко В.І. повноти публікації основних результатів дослідження

#### **УХВАЛЕНО:**

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Козечко В.І. на тему: «Формування комплексу механічних властивостей низьковуглецевих мікролегованих сталей в залежності від товщини металопрокату»

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Козечко В.І. відповідає спеціальності 132 Матеріалознавство **Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, пп. **6, 7, 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

3. Рекомендувати дисертацію Козечко В.І. на тему: : «Формування комплексу механічних властивостей низьковуглецевих мікролегованих сталей в залежності від товщини металопрокату» до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

4. Рекомендувати Вченій раді Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» затвердити склад разової спеціалізованої вченої ради:

**Голова ради: доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри медичної та біомедичної інженерії Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Колосов Д.Л.**

**Рецензенти:**

**1. Федоряченко С.О.** кандидат технічних наук, професор, завідувач завідувач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

**Офіційні опоненти:**

**1. Середа Б.П.,** професор, директор науково-дослідного центру «Матеріалознавства та інноваційних технологій» ДДТУ, завідувач кафедрою автомобілів та транспортно-логістичних систем Дніпровського державного технічного університету

**2. Вахрушева В.С.,** доктор технічних наук, професор, професор кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури

**3. Глушкова Д. Б.,** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій металів та матеріалознавства Харківський національний автомобільно-дорожній університет «ХНАДУ»

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Козечко В.І.:

«За» – 20

«Проти» – немає

«Утримались» – немає

Презентація Козечко В.І. на 29 стор. додається.

**Головуючий на засіданні**  
декан ММФ  
кандидат технічних наук, доцент



К.А. Зіборов

**Секретар засідання**  
кандидат технічних наук, доцент



Н.О. Ротт