



ЗАТВЕРДЖУЮ

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
МІЦНОСТІ
імені Г.С. ПИСАРЕНКА

м. Київ

Директор Інституту проблем
міцності імені Г.С. Писаренка

НАН України
доктор технічних наук
чл.-кор. НАН України



Олександр ЧИРКОВ

Олександр Чирков 2025 р.

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ № 1/6

засідання загальноінститутського семінару

Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України
"Міцність матеріалів та елементів конструкцій",
що відбулося 26 червня 2025 року

Керівник семінару – чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук Чирков О.Ю.
Вчений секретар семінару – канд. техн. наук Хворостяний В.В.

ПРИСУТНІ: член-кор. НАН України: О.Ю. Чирков; доктори
технічних наук: М.В. Бородій, Є.В. Воробйов, О.М. Герасимчук,
Б.С. Карпінос, В.А. Леонець, Г.Г. Писаренко, Г.В. Цибаньов; кандидати
технічних наук: М.П. Адамчук, А.В. Богомоллов, К.П. Буйських, П.О. Булах,
А.В. Бялонович, Ю.М. Волков, В.О. Дегтярьов, О.Л. Деркач, М.П. Земцов,
С.М. Кабанник, В.І. Калініченко, О.А. Каток, С.В. Кобельський, В.Л. Кобзар,
Є.О. Кондряков, О.В. Кононученко, А.В. Кравчук, Р.В. Кравчук, О.М. Масло,
А.Ж. Мейріс, М.Р. Музика, Ю.С. Налімов, В.Г. Сидяченко,
В.В. Хворостяний, М.О. Цисар, В.П. Швець, А.В. Широков, О.С. Яковлева;
головні інженери-дослідники та інші: В.С. Бодунов, В.М. Кучер,
Є.В. Лаврухін, А.В. Середя.

Академік НАН України, докт. техн. наук, професор В.В. Харченко
приймав участь онлайн.

Всього 41 особа.

СЛУХАЛИ: доповідь молодшого наукового співробітника відділу
чисельних і експериментальних методів дослідження конструкційної
міцності Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України
Альони Вікторівни Середи по дисертаційній роботі на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 «Динаміка та

міцність машин» на тему «Удосконалення методик визначення характеристик твердості та міцності конструкційних сталей за результатами індентування».

Науковий керівник роботи – академік НАН України, доктор технічних наук, професор Харченко Валерій Володимирович.

Тема дисертаційної роботи та науковий керівник затверджені на засіданні Вченої ради Інституту (Наказ № 31 від 15 жовтня 2012 року). Тема дисертації скоригована на засіданні Вченої ради Інституту (Наказ № 10 від 22 жовтня 2020 року).

Доповідач у своєму виступі розкрив актуальність роботи, її зміст, наукову новизну та практичне значення, сформулював наукові положення, що виносяться на захист, представив результати досліджень і обґрунтував їхню достовірність, виклав основні висновки та рекомендації з використанням результатів роботи, показав їх наукову новизну та практичну значимість.

ПИТАННЯ ЗАДАВАЛИ: В. І. Калініченко, Є.В. Воробйов, В.Г. Сидяченко, М.В. Бородій, Г.В. Цибаньов, Б.С. Карпінос, О.Ю. Чирков.

В ОБГОВОРЕННІ ВЗЯЛИ УЧАСТЬ: О.А. Каток, О. Ю. Чирков, М.Р. Музика, В.В. Харченко, Є.О. Кондряков.

Виступаючі відзначили актуальність, наукову новизну і практичну значимість результатів роботи, основна мета якої полягає у вирішенні важливої науково-технічної задачі з удосконалення методик визначення характеристик твердості та міцності широкого спектру конструкційних сталей із різним ступенем анізотропії за результатами інструментованого індентування та розробці науково обґрунтованих підходів до їх нормативної оцінки під час вхідного контролю та у процесі виробництва промислової продукції.

За підсумками всебічного обговорення результатів дисертаційної роботи констатовано достатній рівень її апробації на міжнародних наукових конференціях, форумах і семінарах, відповідність публікацій у фахових виданнях, в тому числі іноземних держав, які включені до міжнародних наукометричних баз. Відзначено персональний внесок здобувача в його наукових працях, опублікованих в співавторстві, що повною мірою відображають зміст дисертації.

Виступаючі зробили висновок, що наведена робота є закінченим науковим дослідженням і може бути подана до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 «Динаміка та міцність машин».

ВИСНОВОК:

1. Дисертаційна робота є завершеним циклом досліджень, проведених А.В. Середою протягом 2012 – 2025 років у відділі чисельних та експериментальних методів дослідження конструкційної міцності Інституту проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України в рамках бюджетних тем № 240/2020-03/02 «Розвиток методології моніторингу пошкоджуваності матеріалів особливо відповідального обладнання та елементів конструкцій при нормальних та екстремальних умовах експлуатації для прогнозування та подовження ресурсу» (№ ДР 0120U102943); «Цільова науково-технічна програма оборонних досліджень НАН України» проекту ІПМіц 2020/1 «Розробка комплексу методик оцінки механічних характеристик високоміцних матеріалів в широкому діапазоні швидкостей деформації, характерних для динамічних навантажень при експлуатації» (№ ДР 0119U101759); № 1640 «Розробка комплексу методик оцінки механічних характеристик високоміцних матеріалів в широкому діапазоні швидкостей деформації, характерних для динамічних навантажень при експлуатації» (№ ДР 0120U000023Д); Відомча тематика «№ 240/2022-03/01 «Визначення фізико-механічних характеристик матеріалів конструкційних елементів особливо відповідального обладнання з урахуванням впливу деформаційної анізотропії та історії навантаження на їх поточний стан для прогнозування і подовження ресурсу» (№ ДР 0122U000301); № 3.6/23-П «Комплекс сучасних експериментально-розрахункових методик визначення міцності матеріалів та елементів конструкцій для прогнозування ресурсу особливо відповідального обладнання з урахуванням деформаційної історії та екстремальних умов навантаження» (№ ДР 0123U100937); «Ядерні та радіаційні технології для енергетичного сектору і суспільних потреб» № 22К-01-03 «Застосування вдосконалених методик для оцінки поточного технічного стану та пошкодження металу корпусів реакторів та інших компонентів І контуру АЕС при обґрунтуванні подовження їх безпечної експлуатації» (№ ДР 0122U000103); № 3.3/25-П «Новітні експериментально-розрахункові методи оцінки граничного стану матеріалів, міцності та ресурсу критичних елементів складних механічних систем за екстримальних умов експлуатації» (№ ДР 0125U000397); Відомча тематика № 1.3.4.2209 «Розробка комплексної експериментально-розрахункової методології визначення граничного стану матеріалів та елементів відповідальних конструкцій за різних видів термосилового навантаження з урахуванням складного напруженого стану, деформаційної анізотропії та дефектності» (№ ДР 0122U200515).

2. Метою дисертаційної роботи є удосконалення методик визначення характеристик твердості та міцності широкого спектру конструкційних сталей із різним ступенем анізотропії за результатами інструментованого індентування та розробці науково обґрунтованих підходів до їх нормативної оцінки під час вхідного контролю й у процесі виробництва промислової продукції.

3. Задачі наукового дослідження наступні:

– розробка та удосконалення методологічних основ визначення характеристик твердості та міцності конструкційних сталей з різною структурною анізотропією методом інструментованого індентування, включаючи модернізацію експериментального обладнання для використання у системах вхідного контролю та промислового виробництва;

– підвищення точності визначення твердості високоміцних сталей шляхом розроблення нової методології кількісної оцінки впливу знеуглецьованого поверхневого шару на результати вимірювань;

– розробка науково обґрунтованих принципів стандартизації методів неруйнівного контролю експлуатаційних характеристик конструкційних сталей із використанням інструментованого індентування;

– отримання нових експериментальних даних щодо початкових та поточних характеристик твердості й міцності конструкційних сталей, включаючи їх зміни після тривалого експлуатаційного навантаження, для відповідальних елементів обладнання різних галузей промисловості.

4. Об'єкт дослідження – вуглецеві, теплостійкі, високоміцні сталі та елементи відповідального обладнання з них після експлуатаційного напруження; методики визначення механічних характеристик за результатами інструментованого індентування та вимірювання твердості конструкційних матеріалів технічних виробів.

5. Предмет дослідження – механічні характеристики конструкційних сталей та їх зміна під впливом експлуатаційних факторів, особливості їх визначення методами інструментованого індентування.

6. Методи дослідження – експериментальні методи дослідження механічних характеристик конструкційних сталей.

7. Достовірність отриманих результатів забезпечується використанням сучасного сертифікованого випробувального обладнання та методик, що відповідають міжнародним стандартам (ISO, ASTM), дотриманням вимог метрологічного контролю, проведенням оцінки точності застосованих методів і схем розрахунку механічних характеристик за результатами індентування, а також порівнянням отриманих даних із результатами стандартних механічних випробувань, що підтвердило їх задовільну збіжність.

8. Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

– удосконалено та стандартизовано методики неруйнівного контролю поточних характеристик широкого класу конструкційних матеріалів за параметрами діаграми інструментованого індентування та отримано нові експериментальні дані щодо вихідних та поточних характеристик міцності ряду конструкційних сталей при вхідній атестації та виробництві промислової продукції;

– розроблено методику визначення твердості за Брінеллем конструкційних матеріалів із використанням методу інструментованого

індентування, що забезпечило підвищення точності та відтворюваності результатів у широкому діапазоні вимірювань значень твердості (110...630 *HBW*) та уніфікацію вибору навантаження при проведенні випробувань;

– розроблено нову методику визначення товщини знеуглецьованого шару за результатами вимірювань твердості портативними приладами у макродіапазоні зусиль індентування, що дало змогу підвищити інформативність та ефективність контролю якості високоміцних сталей.

9. Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці та вдосконаленні методичних підходів до визначення механічних характеристик конструкційних сталей методом інструментованого індентування, що забезпечує можливість неруйнівної локальної оцінки твердості, границі плинності та границі міцності без виготовлення зразків і демонтажу конструкцій. На основі проведених досліджень розроблено низку нормативних документів, які регламентують як процедури оцінювання параметрів локального деформування матеріалу за діаграмою індентування, так і алгоритми розрахунку механічних характеристик за її результатами. Запропоновані рішення можуть бути впроваджені у практику технічної діагностики для оцінки залишкового ресурсу, контролю зон зварювання, термічного впливу або структурної неоднорідності. Отримані результати створюють наукове та нормативно-методичне підґрунтя для стандартизації методу індентування у промисловому контролі.

10. Публікації. За результатами дисертації опубліковано 17 наукових праць: 6 статей у фахових виданнях України (з них 5 – у Scopus/Web of Science), 5 тез наукових конференцій, 1 патент на корисну модель та 5 стандартів підприємства (COU).

Статті, опубліковані в журналах, які індексуються науково-метричними базами Scopus / Web of Science:

1. Katok O.A., Muzyka M.R., Shvets' V.P., Sereda A.V., Kharchenko V.V., Bisyk S.P. Determination of hardness of high-strength steels by the Brinell method. Part 1. Improvement of measurement accuracy. *Strength of Materials*. 2021. Vol. 53 № 6. P. 902-908. <https://doi.org/10.1007/s11223-022-00358-7>

2. Katok O.A., Muzyka M.R., Shvets V.P., Sereda A.V., Kharchenko V.V., Bisyk S.P. Determination of hardness of high-strength steels by Brinell method. Part 2. Improvement of the method and measurement results. *Strength of Materials*. 2022. Vol. 54 № 5. P. 802-808. <https://doi.org/10.1007/s11223-022-00456-6>

3. Sereda A.V., Kravchuk R.V., Katok O.A., Rudnytskyi M.P., Kharchenko V.V. Equipment and methodology for studying the behavior of high-strength steels under static pressing of plate specimens. *Strength of Material*. 2023. Vol. 55 № 4. P. 743-750. <https://doi.org/10.1007/s11223-023-00564-x>

4. Katok O.A., Kravchuk R.V., Sereda A.V., Kharchenko V.V., Rudnytskyi M.P. Updating of a portable installation for determining the strength characteristics of structural elements by instrumented indentation. *Strength of Materials*. 2023. Vol. 55 № 5. P. 954-959. <https://doi.org/10.1007/s11223-023-00586-5>

5. Katok O.A., Kravchuk R.V., Sereda A.V., Rudnytskyi M.P., Kharchenko V.V. Improvement of a procedure for determining the Brinell hardness of structural steels based on the results of instrumented indentation. *Strength of Materials*. 2024. Vol. 56 № 2. P. 298-304. <https://doi.org/10.1007/s11223-024-00649-1>

Статті, опубліковані в наукових фахових виданнях:

6. Kharchenko V., Katok O., Kravchuk R., Kravchuk A. Sereda A. An experimental technique for studying the behavior of high-strength steel under static punching. *Scientific Journal of TNTU*. 2021. Vol. 103 № 3. P. 117–122. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/37711>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Каток О. А., Кравчук Р. В., Середя А. В. Неруйнівний контроль поточного стану конструкційних матеріалів технічних виробів за результатами індентування / В кн.: Неруйнівний контроль та моніторинг технічного стану (Одеса, готель «Аркадія» 6-10 вересня 2021 р). Тези допов. II наук. практ. конф. під ред. Ю.М. Посипайка / Київ: Міжнар. Асоціація “Зварювання”. 2021. С. 56.

https://patonpublishinghouse.com/proceedings/NK_Tezisy_2021.pdf

8. Каток О.А., Харченко В.В., Кравчук Р.В., Середя А.В., Рудницький М.П., Швець В.П., Бісик С.П. Вимірювання твердості високоміцних легованих сталей із застосуванням стандарту СОУ 56-36-2021. / В кн.: “Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій” Праці Міжнар. наук.-техн. конф. (Тернопіль, 10-11 листопада 2022 р.) – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. 2022. –С. 81 – 83. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39105>

9. Харченко В.В., Середя А. В., Кравчук Р.В., Рудницький М.П. Особливості визначення твердості за Брінеллем методом інструментованого індентування. / Матеріали доповідей Міжнар. наук. конф. “Актуальні проблеми механіки” до 145-річчя від дня нар. С.П. Тимошенка (Київ, 14-16 листопада 2023 р.) Київ, Дніпро, Львів, Харків. 2023. С. 350–351.

https://inmech.kyiv.ua/doc/news/2023/actual_problems_of_mechanics/abstracts.pdf

10. Середя А.В., Кравчук Р.В., Каток О.А., Рудницький М.П., Швець В.П., Харченко В.В. Визначення знеуглецьованого шару легованих високоміцних сталей за результатами вимірів твердості. / Матеріали I Міжнар. наук.-техн. конф. «Прикладна механіка» присв. 80-річчю з дня народж. проф. Ч. В. Пульки (Тернопіль, 6-7 червня, 2024 р.) – Тернопіль : Тернопіл. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. 2024. – С 353–356.

https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45542/2/AM_2024_Sereda_A-Determination_of_the_decarbonized_353-356.pdf

11. Kharchenko V.V., Katok O.A., Sereda A.V., Rudnitskyi M.P., Kravchuk R.V., Bisyk S.P. Determination of strength characteristics of high-strength sheet steels by hardness and instrumented indentation. *Procedia Structural Integrity*. 2022. Vol. 36. P. 277–283. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.035>

Стандарти підприємства (СОУ) та патенти, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

12. Харченко В.В., Каток О.А., Музика М.Р., Швець В.П., Серeda А.В. СОУ 56-36-2021. Матеріали металеві. Високоміцні та броньовані листові сталі. Визначення твердості за методом Брінелля. Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України. С.22. Чинний від 17.12. 2021.

13. Харченко В.В., Каток О.А., Рудницький М.П., Кравчук Р.В., Серeda А.В. СОУ 56-37-2021. Матеріали металеві. Випробування на інструментоване індентування. Метод випробування за кімнатної температури. Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України. С.24. Чинний від 17.12.2021.

14. Харченко В.В., Каток О.А., Рудницький М.П., Кравчук Р.В., Серeda А.В. СОУ 56-38-2021. Матеріали металеві. Визначення механічних характеристик за результатами вимірювання твердості та індентування. Методи розрахунку. Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України. С.19. Чинний від 17.12. 2021.

15. Музика М. Р., Ламашевський В. П., Серeda А. В. СОУ 56-39-2021. Визначення рівня поверхневих залишкових напружень методом LM-твердості. Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України. С.24. Чинний від 17.12.2021.

16. Харченко В.В., Каток О.А., Рудницький М.П., Кравчук Р.В., Серeda А.В. СОУ 56-01-2025. Матеріали металеві вимірювання твердості методом Брінелля за результатами випробувань на індентування. Методи розрахунку. Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України. С.9. Чинний від 01.07.2025.

17. Музика М.Р., Швець В.П., Каток О.А., Харченко В.В., Серeda А.В. Патент на корисну модель 151934. МПК G01N 3/00. Спосіб визначення рівня анізотропії товстолистових високоміцних сталей із застосуванням методу визначення твердості за Брінеллем. Бюл. № 40 від 05.10.2022.

11. Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Вибір теми, формулювання завдань та аналіз результатів досліджень виконано спільно з науковим керівником.

У опублікованих працях, написаних у співавторстві, автору належить:

[1 – 3, 5, 8 – 14] – удосконалення та стандартизація методики вимірювання твердості та міцності конструкційних сталей; [3, 4] –

модернізація конструкції випробувального обладнання, зокрема заміна механічної системи кріплень переносної установки на електромагнітну, що забезпечило можливість проведення індентування як на циліндричних, так і на плоских поверхнях, включно з листовим прокатом та конструкціями з нього; [1, 2, 5, 12–17] – розробка та апробація методики визначення твердості за методом Брінелля з використанням інструментованого індентування, що підвищило точність і відтворюваність результатів у широкому діапазоні вимірювань (100...630 HBW) та уніфікувало вибір навантаження при проведенні випробувань, підготовка нормативних документів, що відповідають сучасним національним і міжнародним вимогам; [1, 2, 10] – розробка методики визначення товщини знеуглецьованого шару за результатами вимірювань твердості портативними приладами у макродіапазоні зусиль індентування що підвищило інформативність та ефективність контролю якості високоміцних сталей; [5, 6] – нові експериментальні дані вихідних і поточних характеристик міцності ряду конструкційних сталей, отриманих під час вхідної атестації та виробництва промислової продукції; [2, 3, 6, 7, 11] – комплексна експериментальна апробація модернізованого обладнання та методик визначення характеристик твердості та міцності за результатами індентування конструкційних матеріалів різної структури та призначення, що підтвердило їх точність, відтворюваність та придатність для практичного застосування у промисловому контролі якості матеріалів і зварних з'єднань. [3, 14, 16] – наукове обґрунтування принципів стандартизації методів неруйнівного контролю експлуатаційних характеристик широкого класу конструкційних сталей за параметрами діаграми інструментованого індентування.

УХВАЛИЛИ:

1. Обсяг, актуальність, науковий рівень досліджень, ступінь новизни та достовірності наукових результатів роботи Середи А.В. відповідає вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.
2. Дисертація є:
 - закінченим науковим дослідженням;
 - кваліфікованою працею, виконаною здобувачем самостійно;
 - містить наукові положення та науково обґрунтовані результати, одержані здобувачем особисто, які мають теоретичну та практичну цінність;
 - характеризується єдністю змісту;
 - містить обґрунтовані висновки на основі одержаних здобувачем результатів;
 - відповідає паспорту спеціальності спеціальністю 05.02.09 «Динаміка та міцність машин»;
 - відповідає принципам академічної доброчесності.

3. Оpubліковані по темі дисертації наукові праці повною мірою розкривають зміст дисертації.

4. Офіційними опонентами рекомендувати

– **Чаусова Миколу Георгійовича**, доктора технічних наук, професора кафедри механіки Національного університету біоресурсів і природокористування України;

– **Марущака Павла Орестовича**, доктора технічних наук, професора кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв, проректор з наукової роботи Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

5. Рекомендувати спеціалізованій вченій раді Д 26.241.01 прийняти дисертаційну роботу **Середа Альони Вікторівни** «Удосконалення методик визначення характеристик твердості та міцності конструкційних сталей за результатами індентування» до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 «Динаміка та міцність машин».

За результатами обговорення і відкритого голосування рішення прийнято одноголосно.

Керівник

загальноінститутського семінару

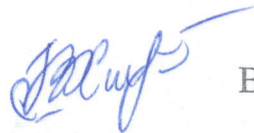
"Міцність матеріалів та елементів конструкцій",
чл.-кор. НАН України



Олександр ЧИРКОВ

Вчений секретар

загальноінститутського семінару,
кандидат технічних наук



Вадим ХВОРОСТЯНИЙ