

further-perfor mance -improvement-for/(Last accessed: 30.03.2021). 13. V. Ryan Glider/Logo/Colour Scheme Project. URL: [https://technologystudent.com/despro\\_flsh/glider2.html](https://technologystudent.com/despro_flsh/glider2.html) (Last accessed: 30.03.2021). 14. Shijun Guo, Michele Pozzi, Meiling Zhu. [https://www.researchgate.net/figure/The-wing-dimensions-and-engine-position-of-the-example-aircraft\\_fig9\\_258715388](https://www.researchgate.net/figure/The-wing-dimensions-and-engine-position-of-the-example-aircraft_fig9_258715388) (Last accessed: 30.03.2021). 15. Additional Considerations for Supersonic Aircraft. <http://aerodesign.stanford.edu/aircraftdesign/fuselayout/sstfuse.html>. (Last accessed: 30.03.2021).

УДК 669.14

**БАЛИЦЬКИЙ Олександр,**

*доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник*  
*abalitskii@hotmail.com*

**КОЛЕСНИКОВ Валерій,**

*кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій виробництва*  
*і професійної освіти, ДЗ «Луганський національний університет*  
*імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна*  
*kolesnikov197612@gmail.com*

**ІВАСЬКЕВИЧ Любомир,**

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник*  
*відділу «Міцності матеріалів і конструкцій*  
*у водневовмісних середовищах», Фізико-механічного інституту*  
*ім. Г.В. Карпенка НАН України,*  
*м. Львів, Україна,*  
*lyubom538@gmail.com*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ СТАЛІ 38ХНЗМФА ЗА УМОВ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ МІКРОСТРУКТУР**

Сталь 38ХНЗМФА, використовується в різних галузях, але одне з призначень це застосування в енергетиці. Деякі деталі з цих сталей, під час виготовлення, ремонту та експлуатації, зазнають впливу воденьовмісних середовищ, що позначається на цілому комплексі їх властивостей (фізико-механічних, робочих, технологічних, експлуатаційних та ін.), що пояснюється в т.ч. особливостями їх структурно-фазового стану [1 - 3].

Метою роботи було встановити вплив наводнювання на матеріал сталі 38ХНЗМФА в умовах циклічного навантаження з урахуванням впливу параметрів зерна. Наводнювання газоподібним воднем відбувалось на спеціалізованому обладнанні в Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України [4].

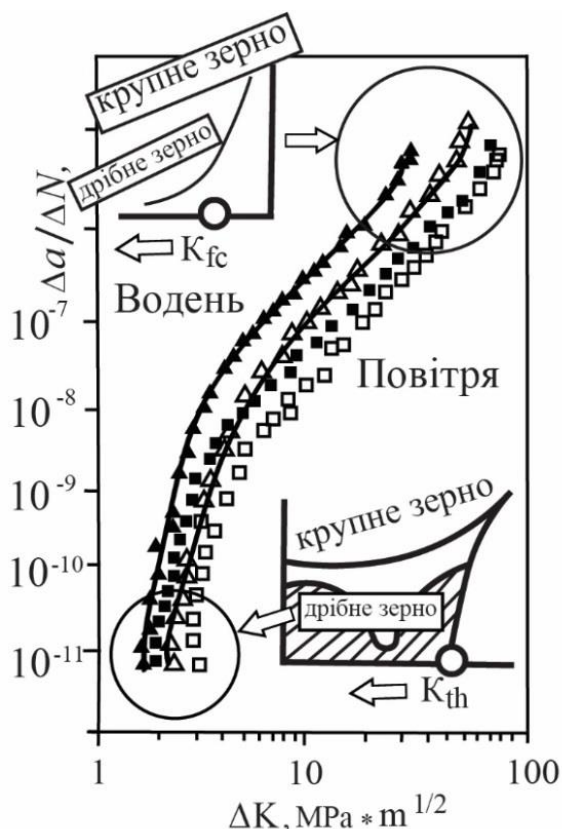
Дослідження на циклічну тріщиностійкість та довговічність проводили на експериментальному обладнанні [5] за умов чистого згину зразків із частотою 1 Hz за синусоїдальної форми циклу навантаження (R 0,8).

За циклічного навантаження визначено параметри рівняння Періса (с та n), що описують лінійну ділянку кінетичної діаграми (стабільного підростання тріщини втоми) за різних режимів наводнювання та вмісту

залишкового водню. Зазначені залежності використано для консервативної оцінки середніх значень параметрів тріщиностійкості.

Досліджено циклічну тріщиностійкість зразків модифікованих сталей типу 38ХНЗМФА за різного додаткового легування й термічної обробки. Мікроструктура складалась з різних форм перлітно-феритної суміші: трооститу, сорбіту та бейніту. Міжпластинчаста відстань в сорбіті  $0,2 \mu\text{m}$  (300 НВ) (у перліті  $0,5-1,0 \mu\text{m}$ ) (200 НВ). Троостит гартування (400 НВ), містить пластинчастий цементит. Бейніт (верхній) (350 НВ) складається з суміші часток пересичених вуглецем фериту та карбіду заліза. Коефіцієнти кореляції ( $r$ ) між параметрами мікроструктури й властивостями знаходяться в межах  $0,75 \dots 0,99$ .

Аналіз кінетичних діаграм (рис. 1) дозволив становити, що після наводнення зразків змінюються значення  $K_{th}$  та  $K_{fc}$ , а також механічні характеристики.



**Рисунок 1 – Кінетичні діаграми втомного руйнування сталі 38ХНЗМФА після термічної обробки:** гартування  $850 \text{ }^{\circ}\text{C}$  в оливі, відпуск  $630 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $5,5 \text{ h}$ :  $\sigma_{0,2} = 805 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_v = 950 \text{ MPa}$ ,  $\delta = 19 \%$ ,  $\psi = 54$ ,  $KCV = 955 \text{ kJ/m}^2$ ,  $KCT = 878 \text{ kJ/m}^2$ ,  $KIC = 182 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ; після наводнення ( $1 \text{ MPa}$ )  $\sigma_{0,2} = 643 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_v = 760 \text{ MPa}$ ,  $\delta = 15 \%$ ,  $\psi = 43$ ,  $KCV = 763 \text{ kJ/m}^2$ ,  $KCT = 701 \text{ kJ/m}^2$ ,  $KIC = 146 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ; після наводнення ( $10 \text{ MPa}$ )  $\sigma_{0,2} = 564 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_v = 667 \text{ MPa}$ ,  $\delta = 12 \%$ ,  $\psi = 38$ ,  $KCV = 664 \text{ kJ/m}^2$ ,  $KCT = 614 \text{ kJ/m}^2$ ,  $KIC = 127 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ , випроб. на повітрі ( $\square$ ),  $3 \%$  - му водному розчині  $\text{NaCl}$  ( $\blacksquare$ ), після наводнення в газоподібному водні за  $1 \text{ MPa}$  ( $5 \text{ h}$ ) ( $\circ$ ) та  $10 \text{ MPa}$  ( $5 \text{ h}$ ) ( $\blacktriangle$ )

Дрібніший розмір зерна може сприяти накопиченню певної кількості водню між границями зерен, що впливає на розташуванні  $K_{th}$  та  $K_{fc}$  точок.

Чим було дрібнішим зерно, тим більше залишкового водню залишалося в сталі і значення  $K_{th}$   $K_{fc}$  зменшувалось. В низькоамплітудній області швидкість росту тріщини збільшується, але при  $\Delta K$  вплив наводнювання в високоамплітудній зоні слабшає. Інтенсивність наводнювання матеріала (при зміні тиску та температури випробувань) впливає на зміцнення або роззміцнення матеріалу. Тріщина росте з більшою швидкістю у водні й меншою на повітрі. Окрихчення матеріалу при відпуску (меншим за 630 °C) під дією водню істотно знижує  $K_{th}$ . При збільшенні тиску наводнення з 1,0 МПа до 10 МПа, зменшуються основні механічні характеристики приблизно від 20 до 30 % відповідно.

Отримані результати важливі для удосконалення режимів термообробки та враховування параметрів структурно-фазового складу, для такого типу сталей, що забезпечать опір зародженню та розвитку тріщин в експлуатаційних умовах. Ці данні також можуть бути застосовані і в комп'ютерному моделюванні параметрів матеріалу.

#### Список використаної літератури

1. **Механіка руйнування і міцність матеріалів:** Довідн. посібн / під заг. ред. В.В. Панасюка. Т.8: Міцність матеріалів і довговічність елементів конструкцій атомних електростанцій / О.І. Балицький, О.В. Махненко, О.О. Балицький, В.А. Грабовський, Д.М. Завербний, Б.Т. Тимофеев. Під ред. О.І. Балицького. Київ: ВД "Академпериодика". 2005. 544 с.
2. **Balyts'kyi O. I., Kolesnikov V. O., Havrylyuk M. R. Influence of Lubricating Liquid on the Formation of the Products of Cutting of 38KhN3MFA Steel // Materials Science.** - 2019. Vol. 54. N 5. P. 722–727.
2. Translated from *Fizyko-Khimichna Mekhanika Materialiv*, Vol. 54, No. 5, pp. 103–107, September–October, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11003-019-00238-7>.
3. **Balyts'kyi O. I., Kolesnikov V. O., Havrylyuk M. R. Influence of modification of 38KhN3MFA steel on the structural-phase state and cutting products under variable technological conditions // materials Science (Springer).** 2020. Vol.55, N 6. P. 915-920. (WOS, Scopus). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00387-0>.
4. **Ткачов В. І., Іваськевич Л. М., Витвицький В. І. Методичні аспекти визначення водневої тривкості сталей // Фізико-хімічна механіка матеріалів.** Т. 38, № 4, 2002, С.17-24.
5. **Р 54-292-90. Рекомендации. Расчеты и испытания на прочность. 5. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости при циклическом нагружении в жидких коррозионных средах / В.В. Панасюк, О.Н. Романив, Г.Н. Никифорчин, И.Н. Дмытрах [и др.] Москва: ВНИИНМАШ, 1990. 38 с.**



# СУЧАСНА НАУКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ

**МАТЕРІАЛИ  
МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**



14 - 15 квітня 2020 р.  
м. Старобільськ,  
Україна

**Міністерство освіти і науки України,  
ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»  
Наукова рада Національної академії наук України з проблеми  
«Фізико-хімічна механіка матеріалів»  
Морська академія в Щеціні, м. Щецін, Республіка Польща  
Західнопоморський технологічний університет у Щеціні,  
м. Щецін, Республіка Польща  
Республіканський інститут професійної освіти,  
м. Мінськ, Республіка Білорусь  
Південно-Казахстанський університет  
імені м. Ауєзова, Шимкент, Казахстан  
Інститут професійно-технічної освіти НАПН України  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Національний педагогічний університет ім. М. П. Драгоманова  
Хмельницький національний університет  
Глухівський національний педагогічний університет  
імені Олександра Довженка  
Національний університет харчових технологій  
Харківський державний університет харчування та торгівлі  
ДНЗ «Луганський центр професійно-технічної освіти  
державної служби зайнятості»**

**СУЧАСНА НАУКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ,  
ПЕРСПЕКТИВИ  
МАТЕРІАЛИ  
МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
(14-15 квітня 2021 р., м. Старобільськ)**

*Конференція присвячена 100 річчю від часу заснування  
Державного Закладу «Луганський національний  
університет імені Тараса Шевченка»*



**м. Старобільськ  
Україна  
2021**

**Програмний комітет:**

**САВЧЕНКО Сергій**, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**КУРИЛО Віталій**, доктор педагогічних наук, професор, академік Національної академії педагогічних наук України, перший проректор ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**ПУШКАРЬОВА Тамара**, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України, начальник відділу проєктної діяльності ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти» Міністерства освіти і науки України, м. Київ, Україна

**ОРЛОВ Валерій**, доктор педагогічних наук, професор, головний науковий співробітник лабораторії професійної кар'єри Інституту ПТО НАПН України, м. Київ, Україна

**БАЛИЩЬКИЙ Олександр**, доктор технічних наук, професор, провідний співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна

**ХМЕЛЬЯ Ярослав**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологічних процесів Морської Академії в Щеціні, м. Щецин, Республіка Польща

**АБРАМЕК Кароль**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри експлуатації автомобілів Західнопоморського технологічного університету в Щеціні, м. Щецин, Республіка Польща

**КІЛЬДЕРОВ Дмитро**, доктор педагогічних наук, професор, декан інженерно-педагогічного факультету Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова

**КУРОК Віра**, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України, Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, м. Глухів, Україна

**АНДРОЩУК Ігор**, доктор педагогічних наук, професор, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

**СТЕШЕНКО Володимир**, доктор педагогічних наук, професор, ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет», м. Слов'янськ, Україна

**Організаційний комітет:**

**ВАХОВСЬКИЙ Леонід**, доктор педагогічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**ДРЕЛЬ Віктор**, кандидат біологічних наук, доцент, директор навчально-наукового інституту торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**КОЛЕСНИКОВ Валерій**, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», науковий співробітник відділу «Міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах» Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна

**КРАМАРЕНКО Дмитро**, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**БУРДУН Віктор**, кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**МОРОЗОВА Марія**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри товарознавства, торговельного підприємництва та експертизи товарів ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**БЕСЕДА Олександр**, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

*У матеріалах конференції розглядається наукове обґрунтування проблемних питань сучасної освіти та розвитку науки в умовах цивілізаційних змін та соціально-економічної транс-формації; аспекти налагодження міжнародної співпраці та обмін досвідом, науковими ідеями в галузях освіти, науки, харчових технологій, готельно-ресторанної справи, автомобільного транспорту та прикладного матеріалознавства, сучасних агротехнологій, торгівлі, торговельного підприємництва та експертизи товарів.*

Рекомендовано до друку Вченою радою ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка» (протокол № 9, від 28 травня 2021 р.).

Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів, за виклад, зміст і достовірність яких відповідають автори.

Розповсюдження та тиражування без офіційного дозволу Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» заборонено.

|                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>ПАЛІЙ Юрій</b><br>ОРГАНІЗАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ<br>В УМОВАХ КАРАНТИНУ ЗАСОБАМИ ХМАРНОГО<br>СЕРЕДОВИЩА OFFICE 365                                                                                               | 103 |
| <b>РЕВЯКІНА Ольга, АНДРУСЕНКО Інна,</b><br>МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИКЛАДАННЯ МОДУЛЮ<br>«ДИЗАЙН СУЧАСНОГО ОДЯГУ» НА УРОКАХ ТЕХНОЛОГІЙ                                                                                     | 105 |
| <b>ХРЕНОВА Вікторія</b><br>GOOGLE ДИСК ЯК ЗАСІБ РЕСУРСНО-ОРІЄНТОВАНОГО<br>НАВЧАННЯ ХУДОЖНЬО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ<br>ДИСЦИПЛІН У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ                                                                         | 108 |
| <b>ЯЦЕНЮК Олексій</b><br>ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ УЧНІВСЬКИХ ТВОРЧИХ ПРОЄКТІВ ПІД ЧАС<br>ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ                                                                                                                | 110 |
| <b>5. ПРИКЛАДНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО<br/>ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТУ</b>                                                                                                                                |     |
| <b>BALITSKII Alexander, Michal ŚMIESZEK ZIEMMERMANN Thomas,</b><br>TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF PIPELINES<br>AND CABLE BUNDLES IN THE INSTALLATION<br>SPACES OF AIRCRAFT ENGINE WITH<br>THE USE OF VIRTUAL MODEL | 114 |
| <b>БАЛИЦЬКИЙ Олександр, КОЛЕСНІКОВ Валерій,<br/>ІВАСЬКЕВИЧ Любомир</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНОЇ ТРИЩИННОСТІЙКОСТІ<br>СТАЛІ 38ХНЗМФА ЗА УМОВ ЗМІНИ<br>ПАРАМЕТРІВ МІКРОСТРУКТУР                                          | 120 |
| <b>БЕСЕДА Олександр, КРАМАРЕНКО Ігор</b><br>ОСОБЛИВОСТІ ГАЛЬМІВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК<br>АВТОМОБІЛІВ ТА МЕТОДИКИ ВИБОРУ<br>ФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ                                                                            | 123 |
| <b>БІЛИЙ Орест</b><br>ОЦІНКА ДОВГОВІЧНОСТІ СТІЛИ БУРТОУКЛАДНИКА                                                                                                                                                        | 126 |
| <b>БОХОНЬКО Євген</b><br>МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРАНСМІСІЇ МОТОЦИКЛІВ СЕРІЇ «ДНІПРО»                                                                                                                                             | 129 |
| <b>ЄЛЬБАКІЄВ Дмитро, МІЛЮТІН Євгеній,<br/>КОЛЕСНІКОВ Валерій</b><br>СИСТЕМА МУЛЬТИ-ЗАРЯДКИ НА 800 В ТА 400 В ДЛЯ<br>ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ                                                                                     | 131 |

Наукове видання

**СУЧАСНА НАУКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ,  
ПЕРСПЕКТИВИ**

**МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
(14-15 квітня 2021 р., м. Старобільськ)**

*Конференція присвячена 100 річчю від часу заснування  
Державного Закладу «Луганський національний  
університет імені Тараса Шевченка»*

**Відповідальні за випуск:**

канд. пед. наук Морозова М.М.

**Оригінал макет:**

канд. пед. наук Морозова М.М.

*Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів, за  
виклад, зміст і достовірність яких відповідальні автори.*

---

Здано до склад 31.05.2021 р. Підп. до друку 31.05.2021 р.  
Формат 60х84 1/16. Папір офсет. Гарнітура Times New Roman.  
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 9,2. Наклад 100 прим. Зам. № 13/05.

---

**Видавець:**

Видавництво Державного закладу  
«Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»  
пл. Гоголя, 1, м.Старобільськ, Луганська область, 92703  
тел: 095-620-10- 20; e-mail: luguniv.info.edu@gmail.com  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3459 від 09.04.2009.

**Виготівник:**

ФОП Пронькіна Катерина Володимирівна  
вул. Гушенка, 14, м. Лисичанськ, Луганська обл., 93113  
тел.: +38(095) 330-44-20, +38(067)458-63-15

Балицький Олександр, Колесніков Валерій, Іваськевич Любомир. Дослідження циклічної тріщиностійкості сталі 38ХН3МФА за умов зміни параметрів мікроструктур // Сучасна наука та освіта: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Старобільськ, 14-15 квітня 2021 року). Старобільськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2021. С.120. – 122. ISBN 978-617-95067-7-2.

[https://www.researchgate.net/publication/353072909\\_Balickij\\_Oleksandr\\_Kolesnikov\\_Valerij\\_Ivaskevic\\_Lubomir\\_Doslidzenna\\_ciklicnoi\\_trisinostijkosti\\_stali\\_38HN3MFA\\_za\\_umov\\_zmini\\_parametriv\\_mikrostruktur\\_Sucasna\\_nauka\\_ta\\_osvita\\_materiali\\_Miznarodnoi\\_nauko](https://www.researchgate.net/publication/353072909_Balickij_Oleksandr_Kolesnikov_Valerij_Ivaskevic_Lubomir_Doslidzenna_ciklicnoi_trisinostijkosti_stali_38HN3MFA_za_umov_zmini_parametriv_mikrostruktur_Sucasna_nauka_ta_osvita_materiali_Miznarodnoi_nauko)

[https://kolesnikov.ucoz.com/load/doslidzhennja\\_ciklichnoji\\_trishhinostijkosti\\_stali\\_38khn3mfa\\_za\\_umov\\_zmini\\_parametriv\\_mikrostruktur/1-1-0-290](https://kolesnikov.ucoz.com/load/doslidzhennja_ciklichnoji_trishhinostijkosti_stali_38khn3mfa_za_umov_zmini_parametriv_mikrostruktur/1-1-0-290)