

УДК 620.197.5 : 669.788

**Балицький Олександр Іванович**

*д.т.н., проф., провідний науковий співробітник  
відділу «міцності матеріалів і конструкцій  
у водневомісних середовищах», Фізико-механічний  
інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів  
e-mail: abalitskii@hotmail.com*

*<https://orcid.org/0000-0002-3841-5493>*

**Іваськевич Любомир Михайлович**

*к.т.н., ст. науковий співробітник,  
відділу «міцності матеріалів і конструкцій у водневомісних  
середовищах», Фізико-механічний інститут  
ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів  
e-mail: lyubom538@gmail.com*

*<http://orcid.org/0000-0002-7217-0020>*

**Колесніков Валерій Олександрович**

*к.т.н., доцент кафедри «технологій виробництва та професійної  
освіти», ДЗ «Луганський національний університет  
імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ  
e-mail: kolesnikov197612@gmail.com*

*<http://orcid.org/0000-0003-2010-3368>*

**Ріпей Ігор Володимирович**

*к.т.н, провідний інженер,  
ВП «Галремергерго» ПАТ «ДТЕК Західенерго», м. Львів*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНОЇ ТРИЩИНОСТІЙКОСТІ СТАЛІ 38ХНЗМФА ПІСЛЯ НАВОДНЮВАННЯ

Сталь 38ХНЗМФА, використовується в різних галузях, але одне з призначень це виготовлення роторів турбогенераторів. Матеріалів роторів турбогенераторів під час експлуатації, якщо експлуатуються в умовах впливу водневмісних середовищ можуть зазнавати їх вплив.

У роботі були продовжені дослідження впливу середовищ на фізико-механічні властивості сталі 38ХНЗМФА. Важкооброблювані роторні сталі є структурно чутливими, а підвищений вміст водню може спричинити їх руйнування в період експлуатації на електростанціях [3].

Метою роботи було встановити вплив наводнювання на матеріал сталі 38ХНЗМФА в умовах циклічного навантаження.

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 Гц за синусоїдальної форми циклу навантаження ( $R = 0,8$ ). За циклічного навантаження визначено параметри рівняння Періса ( $s$  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 та термічної обробки (рис. 1).

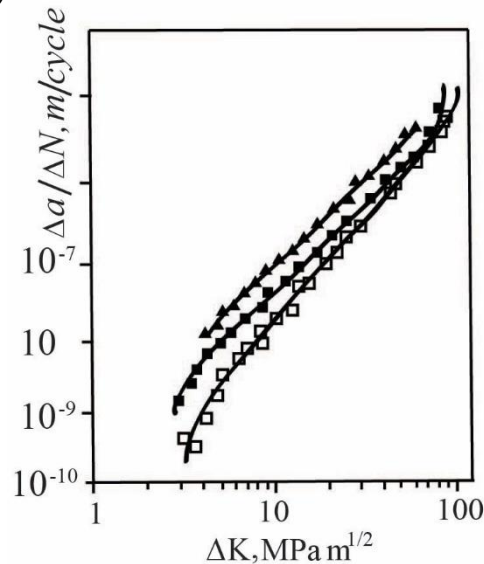


Рисунок 1. – Кінетичні діаграми втомного руйнування сталі 38ХНЗМФА (після термічної обробки: гартування 850 °С в оливі, відпуск 630 °С протягом 5,5 h:  $\sigma_{0,2} = 805$  МПа,  $\sigma_e = 950$  МПа,  $\delta = 19$  %,  $\psi = 54$ ,  $KCV = 955$  кДж/м<sup>2</sup>,  $KCT = 878$  кДж/м<sup>2</sup>,  $K_{IC} = 182$  МПа $\sqrt{м}$ ; після наводнення (1 МПа)  $\sigma_{0,2} = 643$  МПа,  $\sigma_e = 760$  МПа,  $\delta = 15$  %,  $\psi = 43$ ,  $KCV = 763$  кДж/м<sup>2</sup>,  $KCT = 701$  кДж/м<sup>2</sup>,  $K_{IC} = 146$  МПа $\sqrt{м}$ ; після наводнення (10 МПа)  $\sigma_{0,2} = 564$  МПа,  $\sigma_e = 667$  МПа,  $\delta = 12$  %,  $\psi = 38$ ,  $KCV = 664$  кДж/м<sup>2</sup>,  $KCT = 614$  кДж/м<sup>2</sup>,  $K_{IC} = 127$  МПа $\sqrt{м}$ ); виробуваної на повітрі (□), 3 % му водному розчинні NaCl (■), після наводнення (Δ) в газоподібному водні при 1 МПа (5 h.) та (▲) 10 МПа (5 h).

Результати експериментальних досліджень систематизовано, проаналізовано, оброблено методами математичної статистики та подано у вигляді таблиць, графіків чи діаграм. Статистичну обробку результатів виконували з використанням програм Origin 9.0 та Excel. При значній кількості змінних використано сучасні методи планування експериментальних досліджень.

Ресурс роботи роторних та бандажних сталей ( $10^9 \dots 10^{11}$  cycle) непорівнянний з навантаженням лабораторних зразків, тому для вищої оцінки ресурсу роботоздатності, можна проводити за умов електролітичного або газового водневого насичення. Аналіз кінетичних діаграм дозволив становити, що після наводнення зразків змінюються значення  $K_{th}$  та  $K_{fc}$ , а також механічні характеристики. При збільшенні

тиску наводнення з 1,0 МПа до 10 МПа, спостерігали падіння основних механічних характеристик приблизно від 20 до 30 % відповідно.

Отримані результати важливі для удосконалення режимів термообробки для такого типу сталей, що забезпечать опір зародженню та розвитку тріщин в експлуатаційних умовах.

#### Список використаних джерел та літератури

**1. Впервые модификация** стала 38ХНЗМФА для структурных и технологических разработок. (2019). Физико - Хімічна Механіка Матеріалів № 6 , 125-130. **2. Balitskii A. & Hawrilyuk M. & Eliaz J., Balitska W. & Kolesnikow W.** (2016). Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórów w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących . (Obrobka Skrawaniem, 447-452. **3. Механіка руйнування і міцність матеріалів:** Довідн. Посібн / Під заг. Ред. В.В. Панасюка. Т.8: Міцність матеріалів і довговічність елементівконструкцій атомних електростанцій / О.І.Балицький, О.В. Махненко, О.О. Балицький, В.А. Грабовський, Д.М. Завербний, Б.Т. Тимофєєв. Під ред. О.І. Балицького. Київ: ВД «Академперіодика». 2005. 544 с. **4. Ткачов В. І., Іваськевич Л. М., Витвицький В. І.** Методичні аспекти визначення водневої тривкості сталей // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Т. 38, № 4, 2002, 17-24с. **5. Р** 54-292-90. Рекомендации. Расчеты и испытания на прочность. 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.] М.: ВНИИНМАШ, 1990. 38 с.



ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»



# СУЧАСНА НАУКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ

---

МАТЕРІАЛИ  
І ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ

Україна,  
м. Старобільськ,  
2020

Міністерство освіти і науки України

Державний заклад «Луганський національний  
університет імені Тараса Шевченка»

# СУЧАСНА НАУКА: СТАН, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ

МАТЕРІАЛИ  
І ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-  
ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

*(м. Старобільськ, 14–15 квітня 2020 року)*

*м. Старобільськ  
2020*

**Програмний комітет:**

**С. В. Савченко**, голова комітету, д.п.н., професор, член-кореспондент НАПН України, ректор ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**Члени програмного комітету:**

**Л. В. Баль-Прилико**, д.т.н., професор, академік НАН вищої освіти України, декан факультету харчових технологій та управління якістю продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

**Т. О. Пушкарьова**, д.п.н., професор, член-кореспондент НАПН України, начальник відділу проектної діяльності ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти» Міністерства освіти і науки України, м. Київ, Україна

**В. Т. Надикто**, д.т.н., професор, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН України, заслужений діяч науки і техніки України, м. Мелітополь, Україна

**Л. О. Базиль**, д.п.н., доцент, учений секретар Інституту професійно-технічної освіти НАПН України, м. Київ, Україна

**О. І. Балицький**, д.т.н., професор, провідний співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна

**І. І. Цимбал**, к.п.н., ректор Луганського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти, м. Северодонецьк, Україна

**Я. Хмель**, д.т.н., професор, завідувач кафедри технологічних процесів Морської академії у Щеціні, м. Щецін, Республіка Польща

**Я. Еліаш**, д.т.н., професор, завідувач кафедри експлуатації автомобілів Західнопоморського технологічного університету в Щеціні, м. Щецін, Республіка Польща

**Організаційний комітет:**

**Л. Ц. Ваховський**, голова комітету, д.п.н., професор, проректор з науково-педагогічної роботи ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**В. Ф. Дрель**, заступник голови комітету, к.б.н., доцент, директор навчально-наукового інституту торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**Члени організаційного комітету:**

**О. Л. Караман**, д.п.н., професор, директор навчально-наукового інституту педагогіки і психології ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**С. В. Маслійов**, д.с.-г.н., професор кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**В. В. Бурдун**, к.п.н., доцент, завідувач кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**Д. П. Крамаренко**, к.т.н., доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**В. О. Колесніков**, к.т.н., доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

**М. М. Морозова**, к.п.н., доцент кафедри товарознавства, торговельного підприємництва та експертизи товарів ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна

Сучасна наука: стан, проблеми перспективи: матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Старобільськ, 14-15 квітня 2020 року). – Старобільськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2020. – 222 с. – Текст укр., англ. мовою.

У матеріалах конференції розглядається наукове обґрунтування проблемних питань сучасної освіти та розвитку науки в умовах цивілізаційних змін та соціально-економічної трансформації; аспекти налагодження 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.

УДК 001(06)

Рекомендовано до друку Вченою радою ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка» (протокол № 9, від 30 квітня 2020 р.) Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів, за виклад, зміст і достовірність яких відповідальні автори.

Погляди, відображені у публікаціях, не завжди можуть співпадати з офіційною позицією організаторів конференції.

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

© ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»,  
2020

*Матвеева М. В.*

ТРУДОВЕ НАВЧАННЯ ЯК ЗАСІБ СОЦІАЛІЗАЦІЇ ДІТЕЙ  
З ОСОБОВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ ..... 107

**ПРИКЛАДНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО  
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ**

*Балицький О. І., Іваськевич Л. М., Колесніков В. О., Ріпей І. В.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНОЇ ТРИЩИНІСТІЙКОСТІ СТАЛІ  
38ХНЗМФА ПІСЛЯ НАВОДНЮВАННЯ ..... 112

*Беседа О. О.*

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНІЧНОГО  
ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛІВ ..... 1 15

*Завгородній Є. Є.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВ'ЯЗКІВ МІЖ ТЕХНІЧНИМИ  
ПАРАМЕТРАМИ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ ЯК  
СКЛАДНИКІВ, ЩО ФОРМУЮТЬ СИСТЕМУ ..... 121

*Іценко Б. М., Крива Є. М., Фірсов О. І., Колесніков В. О.*

ПРИКЛАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ..... 125

*Колесніков В. О.*

КОНЦЕПЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
СТАЛЕЙ ТА СПЛАВІВ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ З  
ВИКОРИСТАННЯМ СКРИНІНГОВИХ АНАЛІЗІВ ..... 128

*Лященко С. О., Колієв М. В., Серов І. І., Колесніков В. О.*

ЗАСТОСУВАННЯ В АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ТА  
ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННІ МАТЕРІАЛІВ З  
ПІДВИЩЕНОЮ КОРОЗІЙНОЮ СТІЙКІСТЮ ..... 131

*Ревякіна О. О.*

ГЕОМЕТРО-КІНЕМАТИЧНІ КРИТЕРІЇ АРКОВИХ  
ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ, ЩО МАЮТЬ ВИХІДНИЙ КОНТУР,  
ОБКРЕСЛЕНИЙ ДОВІЛЬНОЮ КРИВОЮ ..... 134

*Хмель Я., Балицький О. І., Колесніков В. О.*

КОНЦЕПЦІЯ ВРАХОВУВАННЯ МОРФОЛОГІЇ ПРОДУКТІВ  
ЗНОШУВАННЯ ЯК ІНФОРМАЦІЙНИХ ЧИННИКІВ ЩОДО  
КОРЕГУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВУЗЛІВ ТА  
ОБЛАДНАННЯ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ..... 137

*Еліаш Я., Балицький О. І., Гаврилюк М. Р., Колесніков В. О.*

ДЕЯКІ МАТЕРІАЛОЗНАВЧІ АСПЕКТИ ТА МОРФОЛОГІЯ  
ПРОДУКТІВ РІЗАННЯ ЯК ІНФОРМАЦІЙНІ ЧИННИКИ  
ЩОДО КОРЕГУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД  
ЧАС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СПЛАВІВ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ  
ГАЛУЗІ ..... 140

Наукове видання

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

Матеріали  
I Всеукраїнської НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
(м. Старобільськ , 14–15 квітня 2020 року)

**Відповідальні за випуск:**  
М. М. Морозова

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

---

Здано до склад 24.04.2020 р. Підп. до друку 12.05.2020 р.  
Формат 60x84 1/8. Папір офсет. Гарнітура Times New Roman.  
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 25,6. 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 О.І., Іваськевич Л. М., Колесніков В. О., Ріпей І. В. Дослідження циклічної тріщиностійкості сталі 38ХН3МФА після наводнювання. *І-ша Всеукраїнська наук.-практ. інтернет-конф. «Сучасна наука: стан, проблеми, перспективи»*. Матеріали. м. Старобільськ, 14-15 квітня 2020 р. С. 112 – 114.

[https://www.researchgate.net/publication/342787506\\_Ministerstvo\\_osviti\\_i\\_nauki\\_Ukraini\\_Der\\_zavnij\\_zaklad\\_Luganskij\\_nacionalnij\\_universitet\\_imeni\\_Tarasa\\_Sevcenka](https://www.researchgate.net/publication/342787506_Ministerstvo_osviti_i_nauki_Ukraini_Der_zavnij_zaklad_Luganskij_nacionalnij_universitet_imeni_Tarasa_Sevcenka)

[https://www.researchgate.net/publication/342397259\\_Programa\\_SUCHASNA\\_NAUKA\\_STAN\\_PROBLEMI\\_PERSPEKTIVI\\_14\\_04\\_2020\\_SUCASNA\\_NAUKA\\_STAN\\_PROBLEMI\\_PERSPEKTIVI\\_PROGRAMA\\_I\\_VSEUKRAINSKOI\\_NAUKOVO-PRAKTICNOI\\_KONFERENCII\\_m\\_Starobilsk\\_14-15\\_kvitna\\_2020\\_roku\\_DZ](https://www.researchgate.net/publication/342397259_Programa_SUCHASNA_NAUKA_STAN_PROBLEMI_PERSPEKTIVI_14_04_2020_SUCASNA_NAUKA_STAN_PROBLEMI_PERSPEKTIVI_PROGRAMA_I_VSEUKRAINSKOI_NAUKOVO-PRAKTICNOI_KONFERENCII_m_Starobilsk_14-15_kvitna_2020_roku_DZ)

[https://www.researchgate.net/publication/343295015\\_Balickij\\_OI\\_Ivaskevic\\_L\\_M\\_Kolesnikov\\_V\\_O\\_Ripej\\_I\\_V\\_Doslidzenna\\_ciklicnoi\\_trisinostijkosti\\_stali\\_38HN3MFA\\_pisla\\_navodnuvanna\\_I-sa\\_Vseukrainska\\_nauk-prakt\\_internet-konf\\_Sucasna\\_nauka\\_stan\\_problemi\\_persp](https://www.researchgate.net/publication/343295015_Balickij_OI_Ivaskevic_L_M_Kolesnikov_V_O_Ripej_I_V_Doslidzenna_ciklicnoi_trisinostijkosti_stali_38HN3MFA_pisla_navodnuvanna_I-sa_Vseukrainska_nauk-prakt_internet-konf_Sucasna_nauka_stan_problemi_persp)

[https://www.researchgate.net/publication/343294993\\_Balickij\\_OI\\_Ivaskevic\\_L\\_M\\_Kolesnikov\\_V\\_O\\_Ripej\\_I\\_V\\_Doslidzenna\\_ciklicnoi\\_trisinostijkosti\\_stali\\_38HN3MFA\\_pisla\\_navodnuvanna\\_I-sa\\_Vseukrainska\\_nauk-prakt\\_internet-konf\\_Sucasna\\_nauka\\_stan\\_problemi\\_persp](https://www.researchgate.net/publication/343294993_Balickij_OI_Ivaskevic_L_M_Kolesnikov_V_O_Ripej_I_V_Doslidzenna_ciklicnoi_trisinostijkosti_stali_38HN3MFA_pisla_navodnuvanna_I-sa_Vseukrainska_nauk-prakt_internet-konf_Sucasna_nauka_stan_problemi_persp)

[https://kolesnikov.ucoz.com/load/doslidzhennja\\_ciklichnoji\\_trishhinostijkosti\\_stali\\_38khn3mfa\\_pislja\\_navodnuvannja/1-1-0-231](https://kolesnikov.ucoz.com/load/doslidzhennja_ciklichnoji_trishhinostijkosti_stali_38khn3mfa_pislja_navodnuvannja/1-1-0-231)

[https://researchworker.ucoz.ru/load/publikacii/doslidzhennja\\_ciklichnoji\\_trishhinostijkosti\\_stali\\_38khn3mfa\\_pislja\\_navodnuvannja/3-1-0-348](https://researchworker.ucoz.ru/load/publikacii/doslidzhennja_ciklichnoji_trishhinostijkosti_stali_38khn3mfa_pislja_navodnuvannja/3-1-0-348)