

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

В. В. ПАНАСЮК (головний редактор), *В. М. ФЕДІРКО* (заст. головного редактора), *Р. Р. КОКОТ* (відповідальний секретар), *О. Є. АНДРЕЙКІВ*, *С. А. БИЧКОВ*, *Л. О. ВАСИЛЕЧКО*, *Р. Є. ГЛАДИШЕВСЬКИЙ*, *І. М. ДМИТРАХ*, *І. Ю. ЗАВАЛІЙ*, *І. М. ЗІНЬ*, *Г. С. КІТ*, *Р. М. КУШНІР*, *Л. М. ЛОБАНОВ*, *З. Т. НАЗАРЧУК*, *Г. М. НИКИФОРЧИН*, *І. В. ОРІНЯК*, *О. П. ОСТАШ*, *В. І. ПОХМУРСЬКИЙ*, *О. В. РЕШЕТНЯК*, *М. П. САВРУК*, *З. А. СТОЦЬКО*, *О. В. СУБЕРЛЯК*, *Г. Т. СУЛИМ*, *В. В. ФЕДОРОВ*, *С. О. ФІРСТОВ*, *М. С. ХОМА*, *П. В. ЯСНІЙ*

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Р. АКІД (Великобританія), *С. ВОДЕНІЧАРОВ* (Болгарія), *І.-Р. ГАППІС* (Великобританія), *Г. ГЛІНКА* (Канада), *В. ДІЦЕЛЬ* (Німеччина), *О. М. ЛОКОЩЕНКО* (Росія), *Е. ЛУНАРСЬКА* (Польща), *М. А. МАХУТОВ* (Росія), *М. Ф. МОРОЗОВ* (Росія), *А. НЕЙМІЦ* (Польща), *Дж.-Ф. НОТТ* (Великобританія), *Г. ПЛЮВІНАЖ* (Франція), *Я. ПОКЛЮДА* (Чехія), *Р.-О. РІЧІ* (США), *Д.-М.-Р. ТЕПЛИН* (Великобританія), *Л. ТОТ* (Угорщина), *С. ТОРІБІО* (Іспанія)

EDITORIAL BOARD

V. V. PANASYUK (Editor-in-Chief), *V. M. FEDIRKO* (Deputy Editor-in-Chief), *R. R. KOKOT* (Secretary), *O. Ye. ANDREIKIV*, *S. A. BYCHKOV*, *I. M. DMYTRAKH*, *V. V. FEDOROV*, *S. O. FIRSTOV*, *R. Ye. GLADYSHEVSKII*, *M. S. KHOMA*, *H. S. KIT*, *R. M. KUSHNIR*, *L. M. LOBANOV*, *Z. T. NAZARCHUK*, *H. M. NYKYFORCHYN*, *I. V. ORYNIAK*, *O. P. OSTASH*, *V. I. POKHMURSKII*, *O. V. RESHETNYAK*, *M. P. SAVRUK*, *Z. A. STOTSKO*, *O. V. SUBERLYAK*, *H. T. SULYM*, *L. O. VASYLECHKO*, *P. V. YASNII*, *I. Yu. ZAVALIY*, *I. M. ZIN'*

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

R. AKID (Great Britain), *W. DIETZEL* (Germany), *I. R. HARRIS* (Great Britain), *H. HLINKA* (Canada), *J. F. KNOTT* (Great Britain), *A. M. LOKOSHCHENKO* (Russia), *E. LUNARSKA* (Poland), *N. A. MAKHUTOV* (Russia), *N. F. MOROZOV* (Russia), *A. NEIMITZ* (Poland), *G. PLUVINAGE* (France), *Ya. POKLUDA* (Czech Republic), *R. O. RITCHIE* (USA), *D. M. R. TAPLIN* (Great Britain), *J. TORIBIO* (Spain), *L. TÓTH* (Hungary), *S. VODENICHAROV* (Bulgaria)

Відповідальний за випуск чл.-кор. НАНУ, д-р техн. наук, проф. В. М. Федірко
Responsible for issue corr.-member NASU, Dr. (Engn.), Prof. V. M. Fedirko

Адреса редакції: 79601, Львів МСП, Наукова, 5. Фізико-механічний інститут
ім. Г. В. Карпенка НАН України. Тел.: (032) 263-73-74,
(032) 229-62-30. Факс: (032) 264-94-27.
E-mail: pcmm@ipm.lviv.ua

WWW-address: <http://www.ipm.lviv.ua/journal/Journal.htm>

Editorial office address: Karpenko Physico-Mechanical Institute, 5, Naukova St.,
Lviv 79601, Ukraine. Tel.: (38) 032 263-73-74,
(38) 032 229-62-30. Fax: (38) 032 264-94-27.
E-mail: pcmm@ipm.lviv.ua

Відповідальний секретар редакції **Р. Р. Кокот**

Редактори *Д. С. Бриняк*, *О. Т. Досин*, *Л. Є. Єлейко*

Технічний редактор *І. В. Калинюк*

Зав. групою комп'ютерної підготовки видання *І. В. Калинюк*

Комп'ютерний набір *Л. Г. Колчак*, *Г. М. Кулик*

Підписано до друку 02.09.2016. Формат 70×108/16. Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12.
Умовн. фарбо-відбитків 12,5. Тираж 200 прим. Замовлення 050916 від 05.09.2016. Ціна договірна.
Реєстраційне свідоцтво серія КВ №203 від 10.11.93

Друкарня ТЗОВ "Простір-М", 79000, Львів, вул. Чайковського, 8

© ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. Карпенка НАН УКРАЇНИ,

“ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ”, 2016

ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ



ТОМ 52, № 4, 2016

липень – серпень

ЗМІСТ

<i>Дацшин О. П., Панасюк В. В.</i> Методи оцінювання контактної довговічності елементів трибоз'єднань (Огляд).....	7
<i>Андрейків О. Є., Долінська І. Я., Лисик А. Р.</i> Визначення залишкового ресурсу двошарових пластин зі системами тріщин за довготривалого статичного навантаження і високої температури.....	21
<i>Саврук М. П., Казберук А., Чорненький А. Б.</i> Інтегральні рівняння плоскої задачі теорії пружності для багатозв'язного квазіортотропного тіла	30
<i>Скальський В. Р., Рудавський Д. В., Ярема Р. Я., Бас В. Р., Канюк Ю. І.</i> Залишкова довговічність осі колісної пари із поверхневою поперечною тріщиною.....	40
<i>Kurek M., Łagoda T., Morel F.</i> Оцінка втомної довговічності сплаву 35NCD16 за випадкового навантаження.....	46
<i>Камінський А. О., Кінніс Л. А., Поліщук Т. В.</i> Розвиток пластичних смуг з кутової точки межі поділу жорстко зчеплених матеріалів.....	52
<i>Бабиш Є. М., Андрійчук О. В.</i> Міцність елементів кільцевого перерізу зі сталевібробетону під одноразовим навантаженням.....	59
<i>Гавриш В. І.</i> Дослідження температурних полів у термочутливому шарі з наскрізним включенням.....	63
<i>Мольков Ю. В.</i> Експериментальне визначення питомої енергії деформування сталі 65Г за циклічного навантаження.....	69
<i>Чучман М. Р.</i> Статична тріщиностійкість сталей 20 та 30ХМА в розчині НАСЕ.....	76
<i>Терлецький Р. Ф., Брухаль М. Б.</i> Нестационарний теплообмін та напружений стан в опромінюваній системі зі шарів різної прозорості.....	79
<i>Солонін Ю. М., Галій О. З., Першина К. Д., Каздобін К. О.</i> Електрохімічні властивості механічно-активованого композиту на основі сплаву ZrMnCrNiV.....	86
<i>Малишев В. В., Габ А. І., Шахнін Д. Б., Шустер Д.</i> Отримання дисперсних порошоків силіцидів металів VI-V групи електролізом галогенідно-оксидних розплавів.....	93
<i>Левицький В. Є., Катрук Д. С., Шибанова А. М., Білий Л. М., Гуменецький Т. В.</i> Фізико-хімічні властивості модифікованих поліестер-полівінілхлоридних композицій.....	100
<i>Кречковська Г. В., Студент О. З.</i> Оцінювання деградації сталей парогонів за ударною в'язкістю на зразках з різною геометрією надрізу.....	106

<i>Ghazvinloo H. R., Honarbakhsh-Raouf A.</i> Вплив температури гартування/фрагментування на мікроструктуру сталі 37MnSi5.....	111
<i>Мацько І. Й., Яворський І. М., Юзефович Р. М., Закжевські З.</i> Вплив параметрів демпфування та стохастичного навантаження на властивості поздовжніх коливань стрижня з тріщиною.....	118
<i>Звірко О. І.</i> Електрохімічні методи оцінювання деградації конструкційних сталей тривалої експлуатації.....	126
<i>Яворський В. Т., Знак З. О., Сухацький Ю. В., Мних Р. В.</i> Енергетичні характеристики оброблення агресивних водних середовищ у гідродинамічних кавітаторах.....	132
<i>Протасов А. Г.</i> Спосіб статистичної обробки результатів імпедансного методу контролю.....	137
У НАУКОВИХ КОЛАХ	
<i>Ясній П. В., Никифорчин Г. М.</i> Європейська конференція з руйнування (ECF-21).....	142

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ



ТОМ 52, № 4, 2016

июль – август

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Дацьшин А. П., Панасюк В. В.</i> Методы оценки контактной долговечности элементов трибосоединений (Обзор).....	7
<i>Андрейкив А. Е., Долинская И. Я., Лысык А. Р.</i> Определение остаточного ресурса двуслойных пластин с системами трещин при длительном статическом нагружении и высокой температуре.....	21
<i>Саврук М. П., Казберук А., Чорненко А. Б.</i> Интегральные уравнения плоской задачи теории упругости для многосвязного квазиортотропного тела.....	30
<i>Скальский В. Р., Рудаковский Д. В., Ярема Р. Я., Бас В. Р., Канюк Ю. И.</i> Остаточная долговечность оси колесной пары с поверхностной поперечной трещиной.....	40
<i>Kurek M., Łagoda T., Morel F.</i> Оценка усталостной долговечности сплава 35NCD16 при случайном нагружении.....	46
<i>Каминский А. А., Китнис Л. А., Полищук Т. В.</i> Развитие пластических полос из угловой точки границы раздела жестко сцепленных материалов.....	52
<i>Бабиц Е. М., Андрийчук О. В.</i> Прочность элементов кольцевого сечения из сталефибробетона при одноразовой нагрузке.....	59
<i>Гаврыш В. И.</i> Исследование температурных полей в термочувствительном слое со сквозным включением.....	63
<i>Мольков Ю. В.</i> Экспериментальное определение удельной энергии деформирования стали 65Г при циклической нагрузке.....	69
<i>Чучман М. Р.</i> Статическая трещиностойкость сталей 20 и 30ХМА в растворе НАСЕ.....	76
<i>Терлецкий Р. Ф., Брухаль М. Б.</i> Нестационарный теплообмен и напряженное состояние в облучаемой системе из слоев разной прозрачности.....	79
<i>Солонин Ю. М., Галий О. З., Першина Е. Д., Каздобин К. А.</i> Электрохимические свойства механоактивированного композита на основе сплава ZrMnCrNiV.....	86
<i>Мальшев В. В., Габ А. И., Шахнин Д. Б., Шустер Д.</i> Получение дисперсных порошков силицидов металлов VI-V группы электролизом галогенидно-оксидных расплавов.....	93
<i>Левицкий В. Е., Катрук Д. С., Шибанова А. М., Билый Л. М., Гуменецкий Т. В.</i> Физико-химические свойства модифицированных полиэфир-поливинилхлоридных композиций.....	100

<i>Кречковская Г. В., Студент А. З.</i> Оценка деградации сталей паропроводов по ударной вязкости на образцах с разной геометрией надреза.....	106
<i>Ghazvinloo H. R., Honarbakhsh-Raouf A.</i> Влияние температуры закалки/фрагментирования на микроструктуру стали 37MnSi5.....	111
<i>Мацько И. И., Яворский И. Н., Юзефович Р. М., Закжевски З.</i> Влияние параметров демпфирования и стохастической нагрузки на свойства продольных колебаний стержня с трещиной.....	118
<i>Звирко О. И.</i> Электрохимические методы оценивания деградации конструкционных сталей длительной эксплуатации.....	126
<i>Яворский В. Т., Знак З. О., Сухацкий Ю. В., Мных Р. В.</i> Энергетические характеристики обработки агрессивных водных сред в гидродинамических кавитаторах.....	132
<i>Протасов А. Г.</i> Способ статистической обработки результатов импедансного метода контроля.....	137
В НАУЧНЫХ КРУГАХ	
<i>Ясний П. В., Никифорчин Г. Н.</i> Европейская конференция по разрушению (ECF-21).....	142

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
H. V. KARPENKO PHYSICO-MECHANICAL INSTITUTE

PHYSICOCHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS



VOLUME 52, № 4, 2016

July – August

CONTENTS

Datsyshyn O. P. and Panasyuk V. V. Methods of evaluation of contact durability of tribojoints elements (A review).....7

РЕЗЮМЕ. Наведено огляд літератури, присвяченої моделям та методикам оцінювання контактної довговічності елементів трибоз'єднань (пар кочення та фретинг-пар). Проаналізовано результати досліджень у тих наукових напрямках, на яких ґрунтуються ці методи, зокрема, у галузі механіки втомного руйнування циклічно контактуючих тіл і контактних задач математичної теорії тріщин. Розглянуто питання застосування нових підходів і результатів досліджень з контактної втоми кочення та фретинг-втоми до прогнозування контактної довговічності елементів трибоз'єднань.

РЕЗЮМЕ. Представлен обзор методов теоретических и экспериментальных исследований контактно-усталостной долговечности элементов трибосоединений. Основное внимание уделено соединениям, работающим в условиях контакта качения с проскальзыванием и фреттинг-усталости. Также дан краткий обзор работ по механике усталостного разрушения и математической теории трещин – основополагающих для изучения контактной усталости. Выделена тема построения траекторий развития трещин в зоне циклического контакта упругих тел, которые играют важную роль в формировании типичных контактно-усталостных повреждений (в т.ч. питтинга и отслаивания) и в оценивании остаточной долговечности трибосоединений.

SUMMARY. The review of the methods of the theoretical and experimental researches of contact fatigue life time of tribojoint elements is presented. Basic attention is focused on joints that work in the conditions of rolling contact with slipping and under fretting fatigue. Also, a short review of the papers on the fatigue fracture mechanics and the mathematical theory of cracks, that is basic for research in the contact fatigue, is carried out. The problem of construction of the cracks propagation paths in the cyclic contact zone of elastic bodies is paid much attention to. These paths play an important role in the formation of typical contact fatigue damages (including pitting and spalling) and in the estimation of tribojoint residual life time.

Andreikiv O. Ye., Dolinska I. Ya., and Lysyk A. R. Determination of residual lifetime of the two-ply plates with a system of cracks under action of long-term static loading and high temperature.....21

РЕЗЮМЕ. Розроблено розрахункові моделі для визначення залишкового ресурсу двошарових пластин зі системами тріщин за довготривалих статичних навантажень і високої температури, які ґрунтуються на першому законі термодинаміки балансу енергетичних складових та швидкостей їх зміни в металевому двошаровому тілі, що містить макротріщини і піддане дії довготривалого розтягу і високо температурного поля. Розглянуто періодичну і двоякоперіодичну системи тріщин.

РЕЗЮМЕ. Разработаны расчетные модели для определения долговечности двухслойных пластин с системами трещин при длительных статических нагрузках и высокой температуре. Модели базируются на первом законе термодинамики баланса энергетических составляющих и скоростей их изменения в металлическом теле, которое содержит макротрещины и подвергнуто воздействию длительного растяжения и высокотемпературного поля. Рассмотрены периодическая и двоякопериодическая системы трещин.

SUMMARY. The calculation models for determination of the life-time of two-layer plates with the systems of cracks under long-term static loadings and high temperature are formulated. These models are based on the first law of thermodynamics on energy balance and their changes rates in a metallic body, containing a system of macro cracks and subjected to long-term tension and high-temperature field effect. The concrete cases of periodic and double-periodic system of cracks are considered.

Savruk M. P., Kazberuk A., and Chornenkyi A. B. Integral equation of the plane problem of the elasticity theory for a multiply-connected quasi-orthotropic body.....30

РЕЗЮМЕ. Побудовано систему сингулярних інтегральних рівнянь (СІР) першої основної задачі плоскої теорії пружності для квазіортотропного тіла, що містить отвори та тріщини. Для цього використано відомі інтегральні рівняння для системи криволінійних тріщин-розрізів у квазіортотропній площині. Інтегральні рівняння для багатозв'язної області з отворами побудовано за допомогою переходу від розімкнених розрізів у нескінченній пружній площині до замкнених. Отримані так СІР першого роду на замкнених контурах (межі тіла) доповнено відповідними регуляризованими функціоналами, які забезпечують єдиний розв'язок інтегральних рівнянь для довільної правої частини.

РЕЗЮМЕ. Построена система сингулярных интегральных уравнений (СИУ) первой основной задачи плоской теории упругости для квазиортотропного тела, содержащего отверстия и трещины. При этом использованы известные интегральные уравнения для системы криволинейных трещин-разрезов в квазиортотропной плоскости. Интегральные уравнения для многосвязной области построены с помощью предельного перехода от разомкнутых разрезов в бесконечной упругой плоскости к замкнутым. Полученные так СИУ первого рода на замкнутых контурах (границе тела) дополнены соответствующими регуляризирующими функционалами, обеспечивающими единственное решение интегральных уравнений при произвольной правой части.

SUMMARY. The system of singular integral equations of the first fundamental problem of plane elasticity theory for quasi-orthotropic body containing holes and cracks is constructed. For this purpose the known integral equations for a system of curvilinear cracks (cuts) in a quasi-orthotropic plane are used. Integral equations for multiply connected region are constructed using limiting transition from open cuts in an infinite elastic plane to closed ones. These singular integral equations of the first kind on closed contours (boundary of the body) are supplemented with corresponding regularizing functionals providing a unique solution of the integral equations for arbitrary right-hand side.

<i>Skalskyi V. R., Rudavskyi D. V., Yarema R. Ya., Bas V. R., and Kaniuk Yu. I.</i> Residual lifetime of a railway wheel axle with a surface transverse crack	40
---	----

РЕЗЮМЕ. Запропоновано нову розрахункову методику оцінювання залишкової довговічності осі колісної пари, в основі якої – кінетичне рівняння росту втомної тріщини, що ґрунтується на енергетичному підході механіки руйнування матеріалів. Встановлено, що порівняно малі за розмірами тріщиноподібні дефекти на поверхні осі за невеликий пробіг досягають критичних розмірів. Виявлено, що за заданих умов навантаження залишкова довговічність осі з поверхневою тріщиною залежить не лише від її початкової площі, але і від геометрії фронту тріщини.

РЕЗЮМЕ. Предложена новая расчетная методика оценивания остаточной долговечности оси колесной пары, в основе которой – кинетическое уравнение роста усталостной трещины, базирующееся на энергетическом подходе механики разрушения материалов. Установлено, что сравнительно небольшие трещиноподобные дефекты на поверхности оси за небольшой пробег достигают критических размеров. Выведено, что при заданных условиях нагружения остаточная долговечность оси с поверхностной трещиной зависит не только от ее начальной площади, но и от геометрии фронта трещины.

SUMMARY. A new calculation methodology of residual lifetime estimation of railway wheel axle is proposed. The methodology is based on kinetic equation of fatigue crack growth, obtained by energy approach of fracture mechanics of materials. It is shown, that comparatively small crack-like defects at the wheel axle surface reach critical sizes in comparatively short run. It is shown that at the specified loadings residual lifetime of axle with surface crack depends not only on the crack initial area but on the crack edge geometry as well.

<i>Kurek M., Lagoda T., and Morel F.</i> Estimation of fatigue life of alloy steel 35NCD16 under random loading.....	46
---	----

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано втомну довговічність високоміцної сталі 35NCD16 (36NiCrMo16) за випадкового навантаження. Сталь відрізняється відсутністю відповідності характеристик втоми за розтягу і закруту. Порівняно експериментальні результати з даними прогнозування довговічності на основі запропонованої моделі. Встановлено, що оцінка втомної довговічності таких матеріалів не може ґрунтуватися на стандартних моделях, оскільки вони не враховують зміни тангенціальних і нормальних напружень.

РЕЗЮМЕ. Проанализирована усталостная долговечность высокопрочной стали 35NCD16 (36NiCrMo16) при случайном нагружении. Сталь отличается отсутствием соответствия характеристик усталости при растяжении и кручении. Сравнены экспериментальные результаты с данными прогнозирования долговечности на основе предложенной модели. Установлено, что оценка усталостной долговечности таких материалов не может быть основана на стандартных моделях, так как они не учитывают изменение тангенциальных и нормальных напряжений.

SUMMARY. The paper deals with the prediction of the fatigue life of 35NCD16 (36NiCrMo16) steel under random loading. The 35NCD16 material is a high strength alloy steel, characterised by a lack of mutual parallelism of fatigue characteristics for extension and torsion. It has been established that fatigue life estimation by standard models should not be used, because they do not take into account the variability relative to tangential and normal stress. The comparison of experimental results and calculations using the proposed model obtained satisfactory results.

Kaminskyi A. O., Kipnis L. A., and Polishchuk T. V. Development of plastic strips from an angular point of rigidly bonded materials interface.....52

РЕЗЮМЕ. Розглянуто симетричну задачу про розвиток пластичних смуг з кутової точки межі поділу ізотропних жорстко зчеплених середовищ. Пластичну смугу змодельовано лінією розриву дотичного переміщення. Точний розв'язок відповідної задачі теорії пружності побудовано методом Вінера–Гопфа і на його основі визначено довжину і напрямки розвитку пластичних смуг.

РЕЗЮМЕ. Рассмотрена симметричная задача о развитии пластических полос из угловой точки границы раздела изотропных жестко сцепленных сред. Пластическую полосу смоделировано линией разрыва касательного смещения. Точное решение соответствующей задачи теории упругости построено методом Винера–Хопфа и на его основе определены длина и направление развития пластических полос.

SUMMARY. The symmetric problem on calculation of the development of plastic strips from the corner point of interface of isotropic rigidly coupled media is considered. The plastic strip is modeled by the line of tangential displacement rupture. An exact solution of corresponding problem of the theory of elasticity is constructed by the Wiener–Hopf method and on its basis the length and the direction of the plastic strips development are determined.

Babych Ye. M. and Andriichuk O. V. Strength of the steel fiber concrete elements with a circular cut under single loading.....59

РЕЗЮМЕ. Експериментально досліджено міцність елементів кільцевого перерізу зі сталевібробетону за відсотка армування стальними фібрами $\mu = 1,5$ та $2,5$ та залізобетону за короткочасних одноразових навантажень. Проаналізовано характер тріщиноутворення та порівняно результати випроб.

РЕЗЮМЕ. Экспериментально изучена прочность элементов кольцевого сечения из сталефибробетона при проценте армирования стальными фибрами $\mu = 1,5$ и $2,5$ и типичных элементов из железобетона при кратковременных одноразовых нагрузках. Описан характер образования трещин и сравнены результаты исследования.

SUMMARY. Strength of a circular cut elements made of reinforced concrete is proved experimentally for the percentage of reinforcement by steel fibers $\mu = 1.5$ and 2.5 under short-time singular loadings. The process of crack formation is described and the research results are compared.

Gavrysh V. I. Investigation of temperature fields in a thermosensitive layer with a through inclusion.....63

РЕЗЮМЕ. Розглянуто нелінійну крайову осесиметричну задачу теплопровідності для термочутливого ізотропного шару з наскрізним чужорідним циліндричним включенням, на одній із межових поверхонь якого зосереджено тепловий потік. За допомогою введеної лінеаризуючої функції виконано часткову лінеаризацію вихідної задачі. Після кусково-лінійної апроксимації температури на межовій поверхні включення крайову задачу повністю лінеаризовано. Із використанням інтегрального перетворення Ганкеля знайдено аналітично-числовий розв'язок задачі для визначення лінеаризуючої функції. Наведено розрахункові формули для обчислення температури за лінійної температурної залежності коефіцієнта теплопровідності конструкційних матеріалів. Розраховано та проаналізовано температурне поле в конструкції “шар-включення” (матеріал шару – кераміка ВК94-I, матеріал включення – срібло).

РЕЗЮМЕ. Рассмотрена нелинейная граничная осесимметрическая задача теплопроводности для термочувствительного изотропного слоя со сквозным инородным цилиндрическим включением, на одной из граничных поверхностей которого сосредоточенный тепловой поток. С помощью предложенной линеаризирующей функции проведена частичная линеаризация исходной задачи. После кусочно-линейной аппроксимации температуры на граничной поверхности включения граничная задача полностью линеаризована. С использованием интегрального преобразования Ханкеля найдено численно-аналитическое решение задачи для определения линеаризирующей функции. Приведены расчетные формулы для вычисления температуры при линейной температурной зависимости коэффициента теплопроводности конструкционных материалов. Рассчитано и проанализировано температурное поле в конструкции “слой–включение” (материал слоя – керамика BK94-I, материал включения – серебро).

SUMMARY. The non-linear axially symmetric boundary value problem of heat conduction for a thermosensitive isotropic layer with a through cylinder shaped foreign inclusion, at one of whose interfaces a heat flow is concentrated, is considered. By means of the introduced linearizing function, partial linearization of the initial problem is made. After the piecewise linear approximation of temperature at the interface of the inclusion, the boundary value problem becomes fully linearized. With the use of Hankel integral transformation, the analytical-numerical solution of the problem for determination of the linearizing function is obtained. Calculation formulae for calculation of the temperature in the case of linear dependence of the coefficient of heat conductivity of structural materials on temperature are presented. The temperature field in the “layer–inclusion” structure (the materials of the layer and of the inclusion are BK94-I and silver, respectively) is calculated and analyzed.

Molokov Y. V. Experimental determination of specific deformation energy of 65Г steel under cyclic loading69

РЕЗЮМЕ. Розроблено експериментальну методику побудови діаграм циклічного деформування матеріалу перед вершиною втомної тріщини з використанням методу кореляції цифрових зображень та алгоритм обчислення питомої енергії його деформування за циклічного навантаження. Обчислено енергію для трьох значень швидкості поширення втомної тріщини, які відповідають ділянці Періса кінетичної діаграми втомного руйнування. Показано, що сумарні енергетичні затрати на пошкодження матеріалу за циклічного навантаження співмірні з критичним значенням питомої енергії деформування за квазістатичного навантаження.

РЕЗЮМЕ. Разработаны экспериментальная методика построения диаграмм циклического деформирования материала перед вершиной усталостной трещины с использованием метода корреляции цифровых изображений и алгоритм вычисления удельной энергии его деформирования при циклической нагрузке. Вычислена энергия для трех значений скорости распространения усталостной трещины, которые соответствуют участку Париса кинетической диаграммы усталостного разрушения. Показано, что суммарная энергия повреждения при циклической нагрузке сопоставима с критическим значением удельной энергии деформирования при квазистатической нагрузке.

SUMMARY. An experimental technique for construction of the cyclic stress-strain curves of representative volume of material ahead of the fatigue crack tip using digital image correlation method is developed. An algorithm for specific strain energy calculation under cyclic loading is developed. The energy for three values of fatigue crack growth rate that correspond to the Paris region of fatigue crack growth rate curve, is calculated. It is shown that the total energy spent for material damage under cyclic loading is close to the critical value of specific strain energy under quasi-static loading.

Chuchman M. R. Static crack growth resistance of 20 and 30CrMo steels

in NACE solution.....76

РЕЗЮМЕ. Досліджено тріщиностійкість сталей 20 та 30ХМА в сірководневому розчині NACE за статичних та повторно-статичних напружень. Встановлено їх порогові коефіцієнти інтенсивності напружень. Зроблено висновок, що ці сталі практично задовольняють прийняті в інженерній практиці критерії використання у сірководневих середовищах.

РЕЗЮМЕ. Исследовано трещиностойкость сталей 20 и 30ХМА в сероводородном растворе NACE при статических и повторно-статических напряжениях. Установлено значения их пороговых коэффициентов интенсивности напряжений. Сделан вывод, что эти стали практически удовлетворяют принятые в инженерной практике критерии использования в сероводородных средах.

SUMMARY. Crack growth resistance of 20 and 30ХМА steels in hydrogen sulfide solution NACE under static and repetitive static stresses was studied. Their threshold stress intensity factors were found. It was concluded that those steels satisfied the criteria adopted in engineering practice for the use in hydrogen sulfide environments.

Terlets'kyi R. F. and Brukhal M. B. Transient heat transfer and stress state in irradiated system which consists of different transparency layers.....79

РЕЗЮМЕ. Сформульовано задачу про дослідження термонапруженого стану в системі, що складається з нескінченних частково прозорого та непрозорого термочувливих шарів, зумовленого дією теплового випромінювання. На основі отриманих числових розв'язків встановлено низку нових закономірностей впливу теплообміну випромінюванням на теплову та механічну поведінку системи.

РЕЗЮМЕ. Сформулирована задача об исследовании термонапряженного состояния в системе, состоящей из бесконечных частично прозрачного и непрозрачного слоев, обусловленного тепловым излучением. На основе полученных числовых решений установлено ряд новых закономерностей влияния теплообмена излучением на тепловое и механическое поведение системы.

SUMMARY. The problem of investigation of the thermo-stressed state in the system containing an infinite partially semitransparent and opaque layers caused by thermal radiation, is formulated. Analysis of numerically obtained solutions revealed new peculiarities of the effect of thermal radiation heat transfer on the mechanical and thermal behavior of the system.

Solonin Yu. M., Galiy O. Z., Pershina K. D., and Kazdobin K. O.
Electrochemical properties of mechanically activated composite based on ZrMnCrNiV alloy.....86

РЕЗЮМЕ. Методами циклічної вольтамперометрії та спектроскопії електрохімічного імпедансу виявлено, що окиснення електродів із цирконієвого сплаву типу АВ₂ у повітрі скорочує період активації і підвищує їх електрохімічну ємність. Поліпшення зарядно-розрядних характеристик цирконієвих сплавів за механохімічної активації обумовлено тонким розподілом нікелю в композитному матеріалі і збільшенням міжфазної поверхні. В результаті утворюється однорідніша поверхнева плівка, що дає можливість сформувати квазігомогенний шар на поверхні поділу електрод-електроліт.

РЕЗЮМЕ. Методами циклической вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса выявлено, что вследствие окисления электродов из циркониевого сплава типа АВ₂ на воздухе сокращается период активации и повышается электрохимическая емкость. Улучшение зарядно-разрядных характеристик этих сплавов после механохимической активации обусловлено тонким распределением никеля в композитном материале и развитием поверхности, в результате чего обра-

зують більш однорідною поверхню, що дозволяє сформувати квазі-однорідний шар на поверхні розділу електрод-електроліт.

SUMMARY. By the methods of voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy it was shown that the oxidation of the zirconium alloy electrodes of AB₂ type in air reduces the activation period and increases the electrochemical capacity. The improvement of charge - discharge characteristics of zirconium alloys after mechanical activation results from the fine distribution of nickel in the composite material and increase of the interface. As a result better homogeneity of the oxide film is obtained, providing a quasi-homogeneous reaction space formation at the electrode-electrolyte interface.

Malyshev V. V., Gab A. I., Shakhnin D. B., and Shuster D. Preparation of disperse powders of VI-B group metals silicides by halogenide-oxide melts electrolysis.....93

РЕЗЮМЕ. Досліджено електрохімічну поведінку хром(молібден, вольфрам)- і кремнієвмісних розплавів і встановлено умови синтезу силіцидів хрому, молібдену та вольфраму у вигляді високодисперсних порошоків електролізом галогенідно-оксидних розплавів.

РЕЗЮМЕ. Изучено электрохимическое поведение хром(молибден, вольфрам)- и кремнийсодержащих расплавов и установлены условия синтеза силицидов хрома, молибдена и вольфрама в виде высокодисперсных порошков электролизом галогенидно-оксидных расплавов.

SUMMARY. Electrochemical behavior of chromium (molybdenum, tungsten) and silicon containing melts was studied. Conditions were found for synthesis of silicides of chromium, molybdenum, and tungsten in the form of fine powders by electrolysis of halide-oxide melts.

Levytskyi V. Ye., Katruk D. S., Shybanova A. M., Bilyi L. M., and Humenetskyi T. V. Physicochemical properties of modified polyester-polyvinylchloride compositions100

РЕЗЮМЕ. Досліджено фізико-хімічні закономірності модифікування ненасичених поліестерних смол полівінілхлоридом у присутності діестерфталатних пластифікаторів. Виявлено вплив компонентного складу на особливості морфологічних змін і характер міжмолекулярних взаємодій у модифікованих поліестерних композиціях, а також полівінілхлориду на їх фізико-механічні та адгезійні властивості.

РЕЗЮМЕ. Исследованы физико-химические закономерности модифицирования ненасыщенных полиэфирных смол ПВХ в присутствии диэфирфталатных пластификаторов. Установлено влияние компонентного состава на особенности морфологических изменений и характер межмолекулярных взаимодействий в модифицированных полиэфирных композициях. Изучено влияние ПВХ на физико-механические и адгезионные свойства модифицированных полиэфирных материалов.

SUMMARY. Physicochemical regularities of modification of unsaturated polyester resins by polyvinylchloride in the presence of diester phthalate plasticizers are investigated. The influence of the component composition on the peculiarities of morphological changes and nature of intermolecular interactions in the modified polyester compositions is established. The influence of polyvinylchloride on physicochemical and adhesive properties of the modified polyester materials are determined.

Krechkovska H. V. and Student O. Z. Assessment of steam pipeline steels degradation by impact toughness on the specimens with a cut of different-geometry.....106

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано ударну в'язкість *KCU* і *KCV* теплотривких сталей 15X1M1Φ та 12X1MΦ з прямої ділянки, зварного з'єднання та різних зон гинів прогонів ТЕС за результатами випроб відповідно зразків Менаже і Шарпі. Виявлено особливості її зміни залежно від тривалості експлуатації та кількості зупинок блоків. Встановлено, що внаслідок експлуатаційної деградації металу відношення *KCU/KCV* істотно зростає через інтенсивніше зниження опору поширенню тріщини порівняно з опором її зародженню.

РЕЗЮМЕ. Проанализирована ударная вязкость *KCU* и *KCV* теплоустойчивых сталей 15X1M1Φ и 12X1MΦ с прямого участка паропроводов ТЭС, его сварного соединения и различных зон изгибов (по результатам испытаний соответственно образцов Менаже и Шарпи). Выявлены особенности их изменения в зависимости от продолжительности эксплуатации и количества остановок блоков. Показано, что в результате эксплуатационной деградации металла отношение *KCU / KCV* существенно возрастает из-за более интенсивного снижения сопротивления распространению трещины по сравнению с сопротивлением ее зарождению.

SUMMARY. The impact toughness *KCU* and *KCV* values (using, respectively, the Menage and Charpy specimens) of the 15X1M1Φ and 12X1MΦ heat-resistant steels from a straight section of the HPP steam pipelines, its welded joints and different zones of bends were analyzed. The features of their changes, depending on the operation lifetime and shutdown number of blocks, are found. It is shown that as a result of service degradation of metal the *KCU / KCV* ratio significantly increases due to the more intensive reduction of the crack growth resistance in comparison with the crack initiation one.

Ghazvinloo H. R. and Honarbakhsh-Raouf A. Influence of quenching/partitioning temperature on morphology of 37MnSi5 steel..... 111

РЕЗЮМЕ. За останні два десятиліття спостерігають значну тенденцію до розвитку нових сталей третього покоління, які використовують в автомобільній промисловості. Шпеер запропонував нову термообробку – гартування/фрагментування (поділення), яка є новою стратегією виробництва сталей, які поєднують високу міцність та значну довговічність. Досліджено вплив температури гартування/фрагментування на морфологію та мікроструктуру сталі 37MnSi5. Для цього обрали такі температури старіння: 210; 238 та 270°C. Після термообробки визначали та порівнювали мікроструктурні характеристики з використанням сканівного електронного та емісійного мікроскопів.

РЕЗЮМЕ. За последние два десятилетия наблюдается значительная тенденция к развитию новых сталей третьего поколения, которые используют в автомобильной промышленности. Шпеер предложил новую термообработку – закалка/фрагментирование (разделение), которая является новой стратегией производства сталей, сочетающих высокую прочность и значительную долговечность. Исследовано влияние температуры закалки/фрагментирования на морфологию и микроструктуру стали 37MnSi5. Для этого выбрали такие температуры старения 210; 238 и 270°C. После термообработки определяли и сравнивали микроструктурные характеристики с использованием сканирующего электронного и эмиссионного микроскопов.

SUMMARY. In the last two decades an extreme tendency towards the development of the third-generation of advanced high-strength steels for the automotive industry can be observed. As a novel heat treatment process quenching and partitioning was originally proposed by Speer et al. This process is one of the new strategies to produce the steel with a combination of high strength and considerable ductility. The influence of quenching/partitioning temperature on morphology and microstructure of 37MnSi5 steel during quenching and partitioning process was studied. To this aim, 210, 238 and 270°C were chosen as quenching temperature, and 300, 400 and 450°C as partitioning temperature. After the heat

treatments the microstructural characteristics were evaluated, compared, and discussed using a scanning electron microscope and a field emission-scanning electron microscope.

Matsko I. Yo., Javorsky I. M., Yuzefovych R. M., and Zakrzewski Z. The influence of damping parameters and stochastic loading on the properties of longitudinal oscillations of a cracked rod.....118

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано детерміновану та стохастичну складові реалізацій поздовжніх коливань стержня з тріщиною, які знаходять за допомогою числових розв'язків нелінійного диференціального рівняння зі стохастичною вимушувальною силою. Показано, що коефіцієнт демпфування суттєво впливає на структуру вимушених коливань, що призводить до зміни діагностичних параметрів. Наведено результати аналізу залежностей характеристик коливань від частот несучої стохастичної вимушувальної сили, а також від швидкості зникання кореляційних зв'язків її огинаючої.

РЕЗЮМЕ. Проанализировано детерминированную и стохастическую составляющие реализаций продольных колебаний стержня с трещиной, которые находят с помощью численных решений нелинейного дифференциального уравнения со стохастической вынуждающей силой. Показано, что коэффициент демпфирования существенно влияет на структуру вынужденных колебаний, что приводит к изменению диагностических параметров. Приведены результаты анализа зависимостей характеристик колебаний от частот несущей стохастической вынуждающей силы, а также от скорости затухания корреляционных связей ее огибающей.

SUMMARY. The analysis of deterministic and stochastic parts of longitudinal oscillation of a cracked beam, obtained by the numerical solutions of nonlinear differential equation with stochastic loading, is provided. It is shown that damping coefficient significantly affects the forced oscillations structure, thus leading to the changes of diagnostic parameter values. The results of analysis of the dependences of oscillation characteristics on carrier frequency of stochastic loading and also on damping rapidity of envelope correlations are given.

Zvirko O. I. Electrochemical methods of evaluation of degradation of long-term operation structural steels.....126

РЕЗЮМЕ. Тривала експлуатація конструкційних сталей призводить до змін їх стану, що впливає не тільки на механічні чи корозійно-механічні властивості металу, але і на його електрохімічні характеристики. Досліджено вуглецеві, низьколеговані та нержавні сталі після їх експлуатації від 30 до більше 100 років. Проаналізовано, з одного боку, деякі закономірності деградації сталей з урахуванням умов механічного навантаження та дії корозивних середовищ, а з іншого – електрохімічний відгук на зміну стану сталей. Отримані результати спрямовані на діагностування деградації механічних властивостей сталей з використанням електрохімічних підходів.

РЕЗЮМЕ. Длительная эксплуатация конструкционных сталей приводит к изменениям их состояния, что влияет не только на механические или коррозионно-механические свойства металла, но и на его электрохимические характеристики. Исследованы углеродистые, низколегированные и нержавеющие стали после их эксплуатации от 30 до более 100 лет. Проанализированы, с одной стороны, некоторые закономерности деградации сталей с учетом условий механического нагружения и действия коррозионных сред, а с другой – электрохимический отклик на изменение состояния

сталей. Полученные результаты направлены на диагностику деградации механических свойств сталей с использованием электрохимических подходов.

SUMMARY. Long-term operation of structural steels leads to changes in their state, which affect not only the mechanical or stress corrosion properties of the metal, but also its electrochemical characteristics. Carbon, low-alloy and stainless steels after operation for 30 to more than 100 years were the research objects. The regularities of steels degradation, taking into account the mechanical loading conditions and corrosive environments action, on the one hand, and an electrochemical response to steels state change, on the other, were analyzed. The obtained results are focused on a degradation diagnostics of the mechanical properties of steels, using the electrochemical approaches.

Yavorskyi V. T., Znak Z. O., Sukhatskyi Yu. V., and Mnykh R. V. Energy characteristics of aggressive water media treatment in hydrodynamic cavitator.....132

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано області застосування ультразвукових та гідродинамічних генераторів кавітаційних полів, зокрема для фізико-механічних процесів. Ефективність розвитку кавітаційних явищ за різних конструктивних параметрів струменевого кавітатора оцінено двома методами – калориметричним та сонохімічного аналізу. Встановлено конструктивні особливості кавітатора (кількість та діаметр сопел, кут між ними тощо), за яких забезпечується максимальне перетворення кінетичної енергії струменів водного середовища у теплову, яка виражає сумарний енергетичний ефект перебігу фізико-механічних і фізико-хімічних процесів та явищ у кавітаційному полі.

РЕЗЮМЕ. Проанализированы области применения ультразвуковых и гидродинамических генераторов кавитационных полей, в частности для осуществления физико-механических процессов. Эффективность развития кавитационных явлений при различных конструктивных параметрах струйного кавитатора оценили двумя методами – калориметрическим и сонохимического анализа. Установлено конструктивные особенности кавитатора (количество и диаметр сопел, угол между ними и т.п.), при которых обеспечивается максимальное преобразование кинетической энергии струй водной среды в тепловую, которая выражает суммарный энергетический эффект протекания физико-механических и физико-химических процессов и явлений в кавитационном поле.

SUMMARY. The areas of application of ultrasonic and hydrodynamic emitters of cavitation fields, in particular for physical and mechanical processes, are analyzed. The effectiveness of cavitation for various design parameters of inkjet cavitator is assessed by two methods – calorimetric and by acoustochemical analysis. The cavitator design features (number and diameter of the nozzle, angle between them, etc.), for which a maximum conversion of kinetic energy jets of water environment into heat is provided, which expresses the total energy effect of physicomachanical and physicochemical processes and phenomena occurring in the cavitation field, are established.

Protasov A. G. A method of statistical processing of the impedance testing method data.....137

РЕЗЮМЕ. Вивчено способи підвищення інформативності імпедансного метода неруйнівного контролю. Проаналізовано статистичні методи обробки інформативних сигналів для поліпшення вірогідності контролю. Для статистичної обробки даних, отриманих за допомогою імпедансного дефектоскопа, запропонована процедура послідовного аналізу Вальда, яка дасть можливість точніше визначити межі дефекту у стільниковій структурі.

РЕЗЮМЕ. Изучены способы повышения информативности импедансного метода неразрушающего контроля. Проанализированы статистические методы обработки информативных сигналов с целью улучшения достоверности контроля. Для статис-

тической обработки данных, полученных с помощью импедансного дефектоскопа, предложено использовать процедуру последовательного анализа Вальда, которая позволяет более точно определить координаты границы дефекта в сотовой структуре.

SUMMARY. The ways of the improvement of informativity of the impedance method of nondestructive testing are studied. The application of the statistical methods for information signal processing in order to improve reliability of testing is analyzed. It is proposed to use the procedure of the Wald sequential analysis for statistical processing of the data obtained by an impedance flaw gauge. The result of the mentioned procedure is the possibility to get a more accurate value of the defect boundary coordinates in a cellular construction.

IN SCIENTIFIC CIRCLES

Yasnii P. V. and Nykyforchyn H. M. European Conference on Fracture (ECF-21)
.....142