

УДК 620.178

КОНЦЕПЦІЯ ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ВОДНЮ НА ЗМІНУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА РУЙНУВАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ СТАЛЕЙ ТА СПЛАВІВ В УМОВАХ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ, КОЧЕННЯ ТА ЗА МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

THE CONCEPT OF TAKING INTO ACCOUNT THE IMPACT OF HYDROGEN ON CHANGING THE PROPERTIES AND DESTRUCTION OF HIGH-STRENGTH HEAVY-TREATED STEEL AND ALLOYS UNDER CONDITIONS OF SLIDING, ROLLING AND MECHANICALLY

Валерій Колесніков^{1,2}, Олександр Балицький¹, Марія Гаврилюк¹, Ольга Ревякіна^{1,2}, Любомир Іваськевич¹

¹Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79060, Україна;

²ДЗ «Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка»,
пл. Гоголя 1, м. Старобільськ, 92703, Україна

There are some provisions regarding the consideration of the influence of hydrogen on the behavior and destruction of high-strength heavy-duty steels.

Експлуатація деяких деталей та вузлів тертя може відбуватись в контактi з воденьвмісними технологічними середовищами. Внаслідок підвищення температури, можливе протікання таких хімічних реакцій, коли водень може потрапляти до поверхневих, або підповерхневих шарів матеріалу деталей трибоз'єднання, та пришвидшувати його руйнування. Але дослідити такі процеси та визначити, яку саму частку складає вплив водню на руйнування під час тертя та спрогнозувати довговічність трибоз'єднання все ще залишається актуальною прикладною задачею [1].

На думку автора [2] при дослідженні водневого зношування слід звернути увагу на теорію внутрішнього тиску, що виникла при спостереженні за утворенням водневого здуття при введенні в сталь газоподібного водню. Дуже високий тиск газоподібного водню, створюється у внутрішніх мікротріщинах і порах, викликає пластичну деформацію або руйнування по площинах спайності і коалесценцію мікротріщин і пор.

Наші попередні дослідження [3 – 5] дозволили продовжити цю теорію, включивши до неї, ще і інші фактори, що впливають на руйнування високоміцних сплавів. А саме: проникнення водню, внаслідок трибодиструкції змащувальне охолоджувальної рідини (ЗОР). Підвищений вміст водню, в продуктах різання та зношування, був зафіксований за допомогою прецензійних досліджень [5].

Узагальнюючи отримані дані можна навести наступну схему (рис. 1).

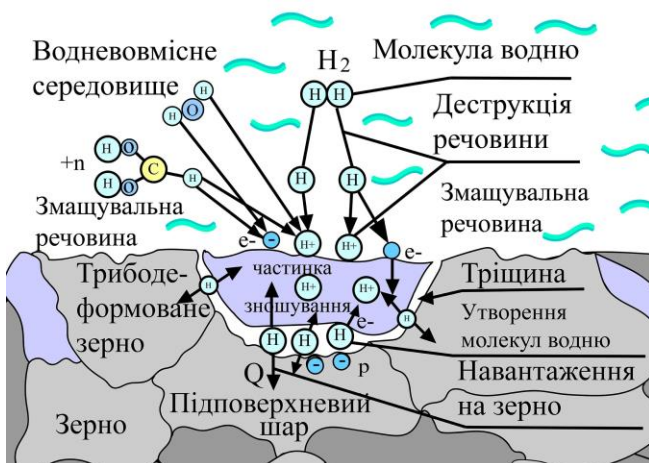


Рис. 1. Схема: один з варіантів впливу водню на процеси руйнування в умовах тертя

Високоміцні важкооброблювальні сталі та сплави також широко застосовуються в енергомашинобудуванні, але виникає потреба в їх механічній обробці в т. ч. під час ремонтних робіт [6].

В зоні точіння існують умови (температура, високі тиски, каталітичний вплив ювенільних поверхонь металу та ін.) при яких можливе протікання хімічної взаємодії між молекулами зовнішнього середовища та оброблюваним металом. За рахунок термо-механічної деструкції органічних воденьвмісних сполук ЗОР в процесі обробки утворюються активні радикали жирних кислот, вуглеводневі радикали та атомарний водень.

Водень локалізує та інтенсифікує процеси пластичної деформації і полегшує руйнування за рахунок проникнення до утвореної випереджаючої мікротріщини. Активні радикали за рахунок хемосорбції взаємодіють з ювенільною поверхнею, оброблюваної деталі та інструментом, зменшуючи енергозатрати під час точіння.

Водень знижує енергетичні витрати на руйнування деяких структурних та фазових складових за рахунок їх диспергування. На початкових етапах водень (при насиченні воднем при тиску 1 МПа (рис. 2а)) пластифікує матеріал, а потім окрихчує (після насичення при 10 МПа (рис. 2б)), що також позначається на розмірах та морфології стружки (рис. 2 в,г – стружки, що утворились після тривалої експлуатації у воденьвмісному середовищі).

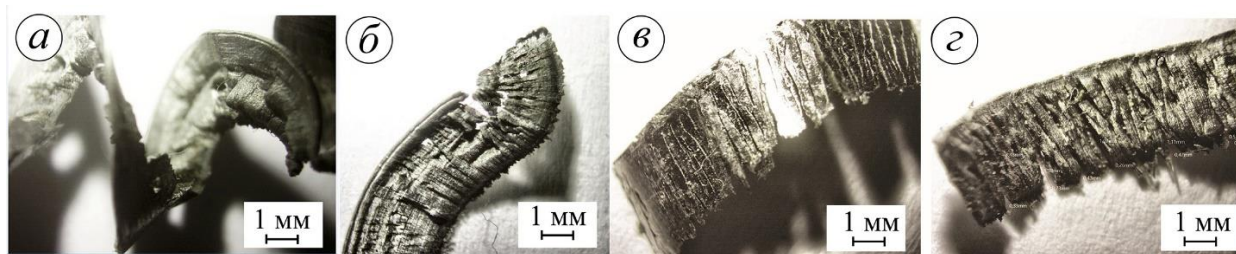


Рис. 2. Стружка після наводнення сталі 38ХНЗМФА: 1 МПа, 300 °С – а; 10 МПа, 600 °С – б; Стружка відокремлена з деградованої поверхні яка експлуатувалась у воденьвмісному середовищі: вигляд зовнішній – в, вигляд внутрішній – г

Стружка, що мала комплексний вплив воденьвмісних технологічних середовищ (вилучена після проведення ремонтних робіт з деградованих ділянок роторів турбогенераторів) була більш «текстурованою» ніж стружка, що була наводнена в лабораторних умовах.

1. Балицький О., Колесніков В., Гаврилюк М., Еліаш Я. Діагностування пошкоджень та руйнування важкооброблювальних сплавів за результатами досліджень продуктів зношування та різання // 13-й Міжн. симпозиум українських інженерів-механіків у Львові. Тез. доповідей. – Львів. 18-19 травня 2017. – С. 189-191. 2. Прозоров Я.С. Особенности водородного изнашивания деревообрабатывающего оборудования // «Новые материалы и технологии в машиностроении». XIV – я Международная научно-техническая конференция. 10.10.2011 - 10.11.2011, г. Брянск. 3. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Elias, Y., Havrylyuk, M.R. Specific Features of the Fracture of Hydrogenated High-Nitrogen Manganese Steels Under Conditions of Rolling Friction. *Materials Science. Volume 50, Issue 4, 1 January 2015, Pages 604-611. DOI: 10.1007/s11003-015-9760-9.* 4. O.A. Balitskii, V.O. Kolesnikov, A.I. Balitskii. Wear resistance of hydrogenated high nitrogen steel at dry and solid state lubricants assistant friction // August 2019 *Archives of Materials Science and Engineering* 2(98):57-67. DOI: 10.5604/01.3001.0013.4607. 5. O.A. Balitskii, V.O. Kolesnikov, A.I. Balitskii, J.J. Elias, M.R. Havrylyuk, Hydrogen effect on the high-nickel surface steel properties during machining and wear with lubricants, *Archives of Materials Science and Engineering* 104/2 (2020) 49-57. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.4894>. 6. 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. Volume 54, Issue 5, 15 March 2019, Pages 722-727. DOI: 10.1007/s11003-019-00238-7.*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ІМЕНІ ШЕВЧЕНКА



15-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗІУМ УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ У Львові

Матеріали симпозиуму

15-th International Symposium
of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv

Proceedings

Львів
20 – 21 травня 2021 р.

15-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ У ЛЬВОВІ

15-th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv



Програма – Programme

Online:

Торіс: Пленарне засідання МСУІМЛ-15

Національний університет «Львівська політехніка»

Time: 20 травня, 2021 р., 09:00 – Реєстрація учасників симпозиуму

Join Zoom Meeting

<https://zoom.us/j/9679387871?pwd=aXl5MXBCNFk2S01Pa0F2VjB6ZUo0QT09>

Meeting ID: 967 938 7871

Passcode: lviv

ВІДКРИТТЯ СИМПОЗИУМУ

20 травня 2021 р.

9.30 – 10.00

Вступне слово голови оргкомітету симпозиуму, завідувача кафедри автомобільного транспорту Національного університету «Львівська політехніка» **Богдана Кіндрацького**.

Привітання учасників симпозиуму проректора Національного університету «Львівська політехніка» **Олега Давидчака**; голови Українського товариства з механіки руйнування матеріалів почесного директора Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України **Володимира Панасюка**, голови Наукового товариства імені Шевченка, директора Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України **Романа Кушніра**; директора інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету «Львівська політехніка» **Олексія Ланця**.

ПЕРШЕ ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

20 травня 2021 р.

10.00 – 13.00

Доповіді (тривалість до 30 хв)

1. Григорій Никифорчин, Ольга Звірко, Мирослава Греділь (*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*). **Проблеми досліджень роботоздатності існуючої мережі газопроводів за транспортування газо-водневої суміші.**

2. Микола Шульженко (*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного, м. Харків, Україна*), **Андрій Колядюк** (*ДП «Державний науково-інженерний центр систем контролю та аварійного реагування», м. Київ, Україна*). **Термонапруженість, повзучість і ресурс корпусу стопорно-регулювальних клапанів парової турбіни.**

3. Микола Ткачук-мол., Андрій Грабовський, Микола Ткачук, Марія Саверська (*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна*). **Обґрунтування параметрів конструкцій роторів нагнітачів повітря високофорсованих двигунів.**

4. Михайло Марчук, Богдан Дробенко (*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів, Україна*), **Володимир Сіренко, Дмитро Клименко, Володимир Харченко** (*Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля», м. Дніпро, Україна*). **Основи методології визначення фактичних руйнівних навантажень на великогабаритні тонкостінні конструкції з урахуванням результатів неруйнівних випробувань.**

5. Дмитро Клименко, Анатолій Тонконоженко, В'ячеслав Гусев, Володимир Бабуров (*Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля», м. Дніпро, Україна*). **Аналіз проблеми повернення і багаторазового використання конструкцій космічних ракетних носіїв з позицій міцності.**

6. Katica R. (Stevanović) Hedrih (*Department of Mechanics, Mathematical Institute of Serbian Academy of Science and Arts, Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering at University of Niš, Serbia*). **Phase portraits, stratification of phase trajectories and triggers of coupled singularities in nonlinear dynamics of mechanical systems with coupled rotations.** Фазові портрети, стратифікація фазових траєкторій і тригери зв'язаних сингулярностей у нелінійній динаміці механічних систем зі зв'язаними обертями.

ДРУГЕ ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

20 травня 2021 р.

13.00—16.00

Доповіді (тривалість до 30 хв)

7. Олексій Ланець, Олександр Качур, Віталій Корендій (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). **Розрахунок на міцність континуальної ділянки вібромашини.**

8. Василь Матейчик, Микола Цюман (*Національний транспортний університет, м. Київ, Україна*), **Роман Симоненко** (*ДП «ДержавтотрансНДІпроект», м. Київ, Україна*), **Владислав Калюжний** (*Національний транспортний університет, м. Київ, Україна*). **Системний підхід до оцінювання експлуатаційної ефективності транспортних засобів.**

9. Ірина Погрелюк, Сергій Лаврись, Христина Шляхетка, Олександр Лук'яненко (*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*). **Вплив поруватості на трибологічні властивості титану, отриманого методом порошкової металургії.**

10. Валерій Колесніков (*Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна*), **Олександр Балицький, Марія Гаврилюк, Ревякіна О.О., Любомир Іваськевич** (*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*). **Концепція врахування впливу водню на зміну властивостей та руйнування високоміцних важкооброблюваних сталей та сплавів в умовах тертя ковзання, кочення та за механічної обробки.**

11. Станіслав Войтків (*Науково-технічний центр «Автополіпром», м. Львів, Україна*). **Компонувальні схеми спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності нової генерації.**

12. Вячеслав Ловеїкін, Юрій Ромасевич (*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна*). **Математична модель динаміки зміни вильоту та повороту шарнірно-зчленованої стрілової системи вантажопідйомного крана.**

СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

Online:

Торіс: Секційне засідання МСУІМЛ-15

Національний університет «Львівська політехніка»

Time: 20 травня, 2021 р., 16:00 – 19:00 ; 21 травня, 2021 р., 10:00 – 17:00

Join Zoom Meeting

<https://zoom.us/j/9679387871?pwd=aXl5MXBCNFk2S01Pa0F2VjB6ZUo0QT09>

Meeting ID: 967 938 7871

Passcode: lviv

ПЕРШЕ СЕКЦІЙНЕ ЗАСІДАННЯ

20 травня 2021 р.

16.00—19.00

Доповіді (тривалість до 10 хв)

СЕКЦІЯ 1

ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ДИНАМІКИ ТА МІЦНОСТІ МАШИН І СПОРУД

1. **Оксана Гембара** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна; Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна), **Ольга Чепіль**, **Назар Гембара**, **Михайло Гриненко** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). Математичне моделювання впливу експлуатаційних чинників на довговічність теплообмінних труб парогенератора.

2. **Ігор Прокопишин** (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна), **Андрій Стягар** (Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів, Україна; Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). Контактна взаємодія пружних тіл, одне з яких має несучільне тонке покриття.

3. **Володимир Супонев**, **Віталій Рагулін** (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна), **Святослав Кравець** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна), **Сергій Балесний** (ТОВ «Інститут проектування інфраструктури транспорту», м. Харків, Україна). Ущільнення та тиск деформованого ґрунту на підземні об'єкти при його продавлюванні конусно-циліндричним наконечником.

4. **Микола Ткачук**, **Андрій Грабовський**, **Микола Ткачук-мол.**, **Сергій Куценко** (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). Контактна взаємодія тіл в умовах пружно-пластичного деформування матеріалів.

СЕКЦІЯ 3

СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ, ПОВЕРХНЕВЕ ОБРОБЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ

1. **Галина Веселівська**, **Михайло Студент**, **Володимир Гвоздецький**, **Христина Задорожна** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). Характеристики покриттів одержаних у процесі твердого анодування алюмінію.

2. **Володимир Гвоздецький**, **Христина Задорожна**, **Галина Веселівська** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). Вплив тиску повітряного струменю на властивості електродугових покриттів.

3. **Андрій Гупка**, **Ігор Ярема**, **Василь Гупка** (Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна). Трибологія важконавантажених пар тертя автомобілів. Методика дослідження.

4. Ольга Звірко, Олександр Цирульник, Галина Кречковська, Ольга Максимів, Петро Соловей (*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*). Вплив наводнювання на відшарування у гібридних композитах на межі розділу метал-полімер.

5. Олег Козачок (*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна*). Локальне фрикційне зношування пружних півпросторів за ковзного контакту із виступами.

6. Володимир Онишкевич (*Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна*). Модель «третього тіла» в контактних задачах.

7. Едуард Плешаков, Сергій Швачко, Лідія Богун, Назар Близнюк (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Ефекти застосування лазерного азотування титанових сплавів.

8. Чеслав Пулька, Віктор Сенчишин, Ігор Окіпний (*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна*). Оцінка якості товщини наплавленого шару металу при віброіндукційному наплавленні.

9. Олег Ткачук, Роман Проскурняк, Ірина Погрелюк, Олександр Лук'яненко (*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*). Вплив оксидування на формування захисного гідроксиapatитного покриття на титановому сплаві VT6.

10. Василь Труш (*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*), **Петро Стосв** (*Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій ННЦ «ХФТІ» НАН України, м. Харків, Україна*), **Віктор Федірко, Ірина Погрелюк** (*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*), **Віктор Воєводін** (*Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій ННЦ «ХФТІ» НАН України, м. Харків, Україна*). Вплив модифікування приповерхневого шару сплаву Zr-1%Nb киснем на довговічність за симетричного чистого згину.

11. Віталій Пустовий, Олексій Немчук, Павло Семенов (*Одеський національний морський університет МОН України, м. Одеса, Україна*), **Мирослава Греділь** (*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна*). Закономірності експлуатаційної деградації металоконструкцій морського портового перевантажувального обладнання.

СЕКЦІЯ 6 ВІБРАЦІЇ В ТЕХНІЦІ І ТЕХНОЛОГІЯХ

1. Олександр Бездір, Василь Шопа (*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів, Україна*). Контакт з тертям системи коаксіальних циліндричних оболонок з неоднорідним заповнювачем.

2. Анатолій Дем'яненко, Дмитро Ключник, Вікторія Гурідова (*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна*). Пружні системи з двохвильовим характером коливань – механічні, математичні моделі, їх особливості, деякі аналогії та дослідження.

3. Андрій Заграй, Ярослав Новіцький, Ірина Луцюк, Зенон Боровець (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Використання вібраційної машини в якості активатора вапна.

4. Віталій Корендій, Олександр Качур, Юрій Новіцький, Петро Дмитерко (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Вібраційний бункерний живильник одномасової структури.

5. Володимир Майструк (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Дослідження структури газового потоку у циклоні з проміжним відведенням осадженого пилу.

6. Микола Шульженко, Антон Ольховський (*Інститут проблем машинобудування ім. А.М.Підгорного, м. Харків, Україна*). Вплив зміни геометрії на вібронапруженість лопаток при відновлювальному ремонті останнього ступеня парової турбіни.

ДРУГЕ СЕКЦІЙНЕ ЗАСІДАННЯ

21 травня 2021 р.

10.00—17.00

Доповіді (тривалість до 10 хв)

СЕКЦІЯ 2

МАТЕМАТИЧНІ ТА ФІЗИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ ТРІЩИН У МЕХАНІЦІ

1. Олександр Андрейків (Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів, Україна), **Ірина Долінська** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна), **Святослав Настасяк** (Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів, Україна). **Оцінка періоду докритичного росту малих плоских тріщин в елементах конструкцій за дії довготривалого розтягу і корозійного середовища.**

2. Андрій Васишин (Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів, Україна), **Георгій Сулим** (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна). **Вплив інтерфейсу високої теплопровідності обмежених біматеріальних тіл на взаємодію внутрішніх тріщин.**

3. Роман Квіт, Тетяна Сало (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Імовірнісний підхід до оцінки міцності керамічних матеріалів.**

4. Галина Кречковська, Андрій Ліснічук (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна; Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна), **Мирон Головчук, Олександра Студент** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). **Чинники впливу на напруження в феритній матриці експлуатованої теплозв'язаної сталі в околі включень вздовж меж зерен.**

5. Роман Кушнір, Георгій Сулим (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна), **Ярослав Пастернак** (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна). **Просторові задачі термоелектропружності анізотропних тіл з неплоскими тріщинами.**

6. Михайло Марчук (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна; Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна), **Віра Пакош** (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна), **Володимир Харченко** (Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля», м. Дніпро, Україна), **Микола Хом'як** (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна; Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів, Україна). **Математична модель для визначення фізико-механічних характеристик перехресно армованих композитів.**

7. Йосиф Піскозуб (Українська академія друкарства, м. Львів, Україна). **Моделювання тонкої багатозарової міжфазної неоднорідності у біматеріалі за умов поздовжнього зсуву.**

8. Роман Пороховський, Юрій Пороховський (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Оцінювання впливу залишкових напружень на міцність зварного з'єднання податливих на зсув металевих оболонок з тріщинами.**

9. Христина Середницька, Ростислав Мартиняк (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна). **Частковий контакт берегів міжфазної теплопроникної щілини у різнорідному біматеріалі.**

10. Віктор Силованюк, Наталія Івантишин (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). **Заліковування тріщини в умовах циклічного навантаження.**

11. Юрій Токовий, Дмитро Бойко (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна). **Розв'язки просторової задачі теорії пружності для трансверсально ізотропного півпростору.**

СЕКЦІЯ 4
ПРОЄКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ І СЕРВІС ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ

1. Василь Бритковський, Антон Ліщук (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Діагностування витратомірів повітря систем керування двигуном.**

2. Станіслав Войтків (Науково-технічний центр «Автополіпром», м. Львів, Україна). **Напрямки створення перспективних міських електробусів на основі нетрадиційних компоновальних схем.**

3. Петро Гащук (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна), **Сергій Нікіпчук** (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Коефіцієнт тепловіддачі як розмірний параметр безрозмірного співвідношення подібності.**

4. Михайло Глобчак, Олег Сороківський, Ростислав Іванів, Роман Голишев (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Аналіз доцільності застосування ремонтних розмірів при відновленні ДВЗ.**

5. Густав Гудз (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна), **Микола Герис** (Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна), **Остап Коляса, Роман Пельо** (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Моделі оцінки витривалості відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля.**

6. Густав Гудз, Роман Пельо, Олег Коцюмбас, Олександр Мاستикаш (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Обґрунтування вибору коробки перемикачів передач для міського транспортного засобу.**

7. Ігор Дмитрів, Олена Джанаєва (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Застосування когнітивних систем для діагностики складних технічних систем.**

8. Роман Качмар (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Проблеми комплексної оцінки рівня екологічної безпеки автомобілів з різними енергоустановками.**

9. Богдан Кіндрацький, Роман Літвін (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Динамічні навантаження у ланках приводу автомобіля з двомасовим маховиком.**

10. Богдан Кіндрацький, Олексій Осмак (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Вплив положення центра мас на плавність ходу електромобілів категорії N1.**

11. Михайло Кравцов (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна). **Теплова система опалення.**

12. Степан Немий (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Техніко-економічний аспект капітального ремонту автомобілів.**

13. Віктор Падляк, Роман Качмар (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Вплив продуктивності насоса системи охолодження двигуна на температуру відпрацьованих газів теплообмінника системи EGR.**

14. Микола Цюман (Національний транспортний університет, м. Київ, Україна), **Сергій Сосіда** (ДП «ДержавтотрансНДІпроект», м. Київ, Україна), **Іван Садовник, Ігор Садовник** (Національний транспортний університет, м. Київ, Україна). **Система моніторингу експлуатаційної ефективності автомобільного двигуна.**

15. Ігор Щур (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна), **Станіслав Войтків** (Науково-технічний центр «Автополіпром», м. Львів, Україна). **Дводвигунний тяговий привод з електронним диференціалом для електричних транспортних засобів.**

16. Євген Формальчик (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Вплив коефіцієнта динамічності транспортних засобів на їхню продуктивність.**

СЕКЦІЯ 5

ПІДЙІМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЕЛЕМЕНТИ ПРИВОДІВ МАШИН

1. Григорій Аврунін, Ігор Кириченко, Олександр Резніков, Ірина Мороз (*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна*). Розробка методики натурних досліджень об'ємного гідропривода стрілового підйомника.

2. Олексій Бондаренко, Олександр Устиненко (*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна*), **Роман Протасов** (*Словацький технічний університет в Братиславі, м. Братислава, Словаччина*). Алгоритм пошуку раціональних параметрів зубчастих зачеплень трансмісії колісних машин.

3. Антон Вавилов (*Білоруський національний технічний університет, м. Мінск, Білорусь*), **Богдан Сологуб, Олег Паращин** (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Питоме навантаження поверхонь тертя запобіжних фрикційних муфт підвищеної навантажувальної здатності.

4. Володимир Гелетій, Олена Ланець (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Розроблення комп'ютерних моделей механічних систем з довгомірними балковими і канатними елементами.

5. Сергій Зданевич (*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна*), **Родіон Погребняк, Степан Зданевич** (*Національна металургійна академія України, м. Дніпро, Україна*). Моделювання навантаження, напружено-деформований стан та раціональне проєктування несучої конструкції причіпного широкозахватного посівного комплексу.

6. Ігор Кириченко, Олександр Резніков, Антон Книщенко (*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна*). Визначення коефіцієнту збільшення площі опорної поверхні мобільного підйомника при застосуванні опорного пристрою з кутовими та виносними опорами.

7. Андрій Кичма, Юрій Новіцький, Ростислав Предко (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Ремонт важкодоступних ділянок магістральних трубопроводів з пошкодженою ізоляцією і корозійними дефектами.

8. Володимир Малащенко, Ярослав Новицький (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*), **Василь Федик** (*Дрогобицький фаховий коледж нафти і газу, м. Дрогобич, Україна*). Напружено-деформований стан в контакті ролика з біговою доріжкою обойми опорно-поворотного пристрою автокрану.

9. В'ячеслав Пасіка, Володимир Зохнюк, Дмитро Роман (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Динамічний аналіз механізму довбального верстата.

10. Ігор Пімонов, Максим Федючков (*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна*). Методи визначення похибок при діагностуванні гідроприводу.

11. Роман Протасов (*Словацький технічний університет в Братиславі, м. Братислава, Словаччина*), **Олександр Устиненко, Олексій Бондаренко** (*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна*). Експериментальні дослідження зносу зубчастої передачі з еволютним зачепленням.

12. Владислав Проценко, Михайло Бабій, Данило Маринченко, Андрій Білоконь (*Херсонська державна морська академія, м. Херсон, Україна*). Напрямки підвищення технічного рівня рульових машин плунжерного типу.

13. Володимир Семенюк, Олександр Вудвуд, Олександр Кнюх (*Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна*). Обґрунтування ефективності застосування гідродинамічних гальм у підйомно-транспортних машинах.

14. Богдан Сологуб, Ярослав Данило (*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*). Аналіз та вибір оптимальних параметрів роботи пасажирських підвісних канатних доріг.

15. Павло Ткач (Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України, м. Київ, Україна), **Олександр Башта, Павло Носко** (Національний Авіаційний Університет, м. Київ, Україна), **Євген Медведєв** (Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна). **Циліндричні зубчасті колеса з підвищеними характеристиками зачеплення.**

16. Леонід Хмара, Михайло Спільник (Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м. Дніпро, Україна). **До аналітичного визначення зусиль розвантаження ковшів скрепера.**

17. Володимир Малащенко (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна), **Петро Коруняк, Іван Керницький, Роман Беспалов** (Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна). **Передумови розробки вібраційних транспортувальних робототехнічних систем.**

СТЕНДОВІ ДОПОВІДІ

1. Галина Гарматій (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна), **Михайло Глобчак, Олег Дацюк** (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Визначення та дослідження неусталеного теплового стану тришарового порожнистого термочутливого циліндра за умов складного теплообміну.**

2. Микола Махоркін (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, Львів, Україна), **Тетяна Махоркіна** (Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна). **З'ясування напружено-деформованого стану ортотропного композитного клина за антиплоскої деформації.**

3. Леонід Хмара (ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», м. Дніпро, Україна), **Антон Холодов, Андрій Коровко, Дмитро Репета** (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна). **Формування енергоефективних методів проектування і модернізації машин.**

4. Віктор Яглінецький (Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна), **Юрій Даник** (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна), **Ігор Чепков** (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ, Україна). **Принципи створення конструктивних варіантів бойових платформ підвищеної прохідності.**

5. Володимир Семенюк, Валерій Лінгур, Ігор Крітіко (Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна). **Підвищення точності захисту мостових кранів від перевантаження застосуванням важільно-пружинного обмежувача вантажопідйомності.**

6. Олег Стрілець (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна), **Володимир Малащенко** (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **Алгоритм рішення задач при проектуванні пристроїв зміни швидкості через сонячне колесо зубчастого диференціала з замкнутою гідросистемою.**

Прийняття ухвали

Закриття роботи Симпозіуму (17.00 – 17.30)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ІМЕНІ ШЕВЧЕНКА



15-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ У ЛЬВОВІ

Матеріали симпозиуму

15-th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv

Proceedings

Львів

20 — 21 травня 2021 р.

Ч 665
УДК 531+621+669+681

15-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові (м. Львів, 20 – 21 травня 2021 р.): матеріали симпозіуму. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД, 2021. – 164 с.

Опубліковані матеріали доповідей, виголошені авторами на 15-му Міжнародному симпозіумі українських інженерів-механіків у Львові. До збірника ввійшли праці, які стосуються проблем статичної та динамічної поведінки пружних і пружно-пластичних систем, міцності та надійності машин і приладів, математичних основ теорії тріщин, машинознавства, синтезу й оптимізації машинобудівних конструкцій, технології та автоматизації виробництва, функціональних і конструкційних матеріалів, поверхневого оброблення та захисту деталей машин і конструкцій, трибології, зварювального виробництва і діагностики металевих конструкцій, проектування, виготовлення, експлуатації і сервісу транспортних засобів, піднімально-транспортних машин, вібротехніки та вібраційних технологій.

Для наукових працівників, аспірантів, викладачів закладів вищої освіти, інженерів та студентів.

Редакційна колегія:

Б. Кіндрацький (голова), Р. Качмар (секретар),
Р. Кушнір, О. Ланець, Г. Никифорчин, Ю. Пороховський

© Національний університет «Львівська політехніка»,
автори, 2021
© Оформлення ТзОВ «КІНПАТРИ ЛТД», 2021

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ЗАСІДАННЯ.....	3
Войтків С. Компонувальні схеми спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності нової генерації.....	3
Клименко Д., Тонконоженко А., Гусев В., Бабуров В. Аналіз проблеми повернення і багаторазового використання конструкцій космічних ракетних носіїв з позицій міцності	5
Колесніков В., Балицький О., Гаврилюк М., Ревякіна О., Іваськевич Л. Концепція врахування впливу водню на зміну властивостей та руйнування високоміцних важкооброблюваних сталей та сплавів в умовах тертя ковзання, кочення та за механічної обробки	6
Ланець О., Качур О., Корендій В. Розрахунок на міцність континуальної ділянки вібромашини	8
Ловейкін В., Ромасевич Ю. Математична модель динаміки зміни вильоту та повороту шарнірно-зчленованої стрілової системи вантажопідйомного крана.....	10
Марчук М., Дробенко Б., Сіренко В., Клименко Д., Харченко В. Основи методології визначення фактичних руйнівних навантажень на великогабаритні тонкостінні конструкції з урахуванням результатів неруйнівних випробувань	11
Матейчик В., Цюман М., Симоненко Р., Калюжний В. Системний підхід до оцінювання експлуатаційної ефективності транспортних засобів	13
Никифорчин Г., Звірко О., Греділь М. Проблеми досліджень роботоздатності існуючої мережі газопроводів за транспортування газо-водневої суміші	15
Погрелюк І., Лаврись С., Шляхетка Х., Лук'яненко О. Вплив поруватості на трибологічні властивості титану, отриманого методом порошкової металургії	17
Пустовий В., Немчук О., Семенов П., Греділь М. Закономірності експлуатаційної деградації металоконструкцій морського портового перевантажувального обладнання.....	19
Ткачук-мол. М., Грабовський А., Ткачук М., Саверська М. Обґрунтування параметрів конструкцій роторів нагнітачів повітря високофорсованих двигунів.....	21
Katića R. (Stevanović) Nedrži fазові портрети, стратифікація фазових траєкторій і тригери зв'язаних сингулярностей у нелінійній динаміці механічних систем зі зв'язаними обертаннями	22
Шульженко М., Колядюк А. Термонапруженість, повзучість і ресурс корпусу стопорно-регульовальних клапанів парової турбіни	24
СЕКЦІЯ 1. ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ДИНАМІКИ ТА МІЦНОСТІ МАШИН І СПОРУД	27
Гембара О., Чепіль О., Гембара Н., Гриненко М. Математичне моделювання впливу експлуатаційних чинників на довговічність теплообмінних труб парогенератора.....	27
Прокопишин І., Стягар А. Контактна взаємодія пружних тіл, одне з яких має несучільне тонке покриття	29
Супонев В., Рагулін В., Кравець С., Балесний С. Ущільнення та тиск деформованого ґрунту на підземні об'єкти при його продавлюванні конусно-циліндричним наконечником.....	30
Ткачук М., Грабовський А., Ткачук-мол. М., Куценко С. Контактна взаємодія тіл в умовах пружно-пластичного деформування матеріалів	32
СЕКЦІЯ 2. МАТЕМАТИЧНІ ТА ФІЗИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕОРІЇ ТРІЩИН У МЕХАНІЦІ	34
Андрейків О., Долінська І., Настасяк С. Оцінка періоду докритичного росту малих плоских тріщин в елементах конструкцій за дії довготривалого розтягу і корозійного середовища	34
Василишин А., Сулим Г. Вплив інтерфейсу високої теплопровідності обмежених біматеріальних тіл на взаємодію внутрішніх тріщин	36
Квіт Р., Сало Т. Імовірнісний підхід до оцінки міцності керамічних матеріалів	37
Кречковська Г., Ліснічук А., Головчук М., Студент О. Чинники впливу на напруження в феритній матриці експлуатованої теплотривкої сталі в околі включень вздовж меж зерен	38
Кушнір Р., Сулим Г., Пастернак Я. Просторові задачі термоелектропружності анізотропних тіл з неплоскими тріщинами.....	40
Марчук М., Пакош В., Харченко В., Хом'як М. Математична модель для визначення фізико-механічних характеристик перехресно армованих композитів	41
Махоркін М., Махоркіна Т. З'ясування напружено-деформованого стану ортотропного композитного клина за антиплоскої деформації.....	42

Піскозуб Й. Моделювання тонкої багатозарової міжфазної неоднорідності у біматеріалі за умов позовжнього зсуву	44
Пороховський Р., Пороховський Ю. Оцінювання впливу залишкових напружень на міцність зварного з'єднання податливих на зсув металевих оболонок з тріщинами	46
Середницька Х., Мартиняк Р. Частковий контакт берегів міжфазної теплопроникної щілини у різнорідному біматеріалі.....	47
Силованюк В., Івантишин Н. Заліковування тріщини в умовах циклічного навантаження	49
Токовий Ю., Бойко Д. Розв'язки просторової задачі теорії пружності для трансверсально ізотропного півпростору	51
СЕКЦІЯ 3. СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ, ПОВЕРХНЕВЕ ОБРОБЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ	53
Веселівська Г., Студент М., Гвоздецький В., Задорожна Х. Характеристики покриттів одержаних у процесі твердого анодування алюмінію.....	53
Гвоздецький В., Задорожна Х., Веселівська Г. Вплив тиску повітряного струменю на властивості електродугових покриттів.....	55
Гупка А., Ярема І., Гупка В. Трибологія важконавантажених пар тертя автомобілів. Методика дослідження	56
Звірко О., Цирульник О., Кречковська Г., Максимів О., Соловей П. Вплив наводнювання на відшарування у гібридних композитах на межі розділу метал-полімер	58
Козачок О. Локальне фрикційне зношування пружних півпросторів за ковзного контакту із виступами	60
Онишкевич В. Модель «третього тіла» в контактних задачах.....	62
Плешаков Е., Швачко С., Богун Л., Близнюк Н. Ефекти застосування лазерного азотування титанових сплавів	64
Пулька Ч., Сенчишин В., Окіпний І. Оцінка якості товщини наплавленого шару металу при віброіндукційному наплавленні	65
Ткачук О., Проскурняк Р., Погрелюк І., Лук'яненко О. Вплив оксидування на формування захисного гідроксиапатитного покриття на титановому сплаві VT6	68
Труш В., Стоєв П., Федірко В., Погрелюк І., Воеводін В. Вплив модифікування приповерхневого шару сплаву Zr-1%Nb киснем на довговічність за симетричного чистого згину	69
СЕКЦІЯ 4. ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ І СЕРВІС ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	72
Бритковський В., Ліщук А. Діагностування витратомірів повітря систем керування двигуном	72
Войтків С. Напрямки створення перспективних міських електробусів на основі нетрадиційних компонувальних схем.....	74
Гарматій Г., Глобчак М., Дацюк О. Визначення та дослідження неусталеного теплового стану тришарового порожнистого термочутливого циліндра за умов складного теплообміну.....	76
Гащук П., Нікіпчук С. Коефіцієнт тепловіддачі як розмірний параметр безрозмірного співвідношення подібності.....	78
Глобчак М., Сороківський О., Іванів Р., Голишев Р. Аналіз доцільності застосування ремонтних розмірів при відновленні ДВЗ	80
Гудз Г., Герис М., Коляса О., Пельо Р. Моделі оцінки витривалості відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля	82
Гудз Г., Пельо Р., Коцюмбас О., Мاستикаш О. Обґрунтування вибору коробки перемикачів передач для міського транспортного засобу	84
Дмитрів І., Джанаєва О. Застосування когнітивних систем для діагностики складних технічних систем	85
Качмар Р. Проблеми комплексної оцінки рівня екологічної безпеки автомобілів з різними енергоустановками	87
Кіндрацький Б., Літвін Р. Динамічні навантаження у ланках приводу автомобіля з двомасовим маховиком	88
Кіндрацький Б., Осмак О. Вплив положення центра мас на плавність ходу електромобілів категорії N1	90
Кравцов М. Теплова система опалення	92
Немий С. Техніко-економічний аспект капітального ремонту автомобілів	94

Падляк В., Качмар Р. Вплив продуктивності насоса системи охолодження двигуна на температуру відпрацьованих газів теплообмінника системи EGR	96
Хмара Л., Холодов А., Коровко А., Репета Д. Формування енергоефективних методів проектування і модернізації машин	98
Цюман М., Сосіда С., Садовник І., Садовник І. Система моніторингу експлуатаційної ефективності автомобільного двигуна	101
Щур І., Войтків С. Дводвигунний тяговий привод з електронним диференціалом для електричних транспортних засобів	103
Яглінський В., Даник Ю., Чепков І. Принципи створення конструктивних варіантів бойових платформ підвищеної прохідності	105
Форнальчик Є. Вплив коефіцієнта динамічності транспортних засобів на їхню продуктивність	107
СЕКЦІЯ 5. ПІДІЙМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЕЛЕМЕНТИ ПРИВОДІВ МАШИН	109
Аврунін Г., Кириченко І., Резніков О., Мороз І. Розробка методики натурних досліджень об'ємного гідропривода стрілового підйомника	109
Бондаренко О., Устиненко О., Протасов Р. Алгоритм пошуку раціональних параметрів зубчастих зачеплень трансмісій колісних машин	111
Вавилов Антон, Сологуб Б., Паращин О. Питоме навантаження поверхонь тертя запобіжних фрикційних муфт підвищеної навантажувальної здатності	113
Зданевич С., Погребняк Р., Зданевич С. Моделювання навантаження, напружено-деформований стан та раціональне проектування несучої конструкції причіпного широкозахватного посівного комплексу	116
Кириченко І., Резніков О., Книщенко А. Визначення коефіцієнту збільшення площі опорної поверхні мобільного підйомника при застосуванні опорного пристрою з кутовими та виносними опорами..	118
Кичма А., Новицький Ю., Предко Р. Ремонт важкодоступних ділянок магістральних трубопроводів з пошкодженою ізоляцією і корозійними дефектами.....	120
Малашенко В., Новицький Я., Федик В. Напружено-деформований стан в контакті ролика з біговою доріжкою обойми опорно-поворотного пристрою автокрану	122
Пасіка В., Зохнюк В., Роман Д. Динамічний аналіз механізму довбального верстата	124
Пасіка В. Зменшення потужності приводу кривошипних пресів	127
Пімонов І., Федючков М. Методи визначення похибок при діагностуванні гідроприводу	129
Протасов Р., Устиненко О., Бондаренко О. Експериментальні дослідження зносу зубчастої передачі з еволютним зачепленням	131
Проценко В., Бабій М., Маринченко Д., Білоконь А. Напрямки підвищення технічного рівня рульових машин плунжерного типу	133
Семенюк В., Вудвуд О., Кнюх О. Обґрунтування ефективності застосування гідродинамічних гальм у підйомно-транспортних машинах.....	135
Семенюк В., Лінгур В., Крітіко І. Підвищення точності захисту мостових кранів від перевантаження застосуванням важільно-пружинного обмежувача вантажопідйомності	136
Сологуб Б., Данило Я. Аналіз та вибір оптимальних параметрів роботи пасажирських підвісних канатних доріг	137
Стрілець О., Малашенко В. Алгоритм рішення задач при проектуванні пристроїв зміни швидкості через сонячне колесо зубчастого диференціала з замкнутою гідросистемою	138
Ткач Павло, Башта О., Носко П., Медведєв Є. Циліндричні зубчасті колеса з підвищеними характеристиками зачеплення	140
Хмара Л., Спільник М. До аналітичного визначення зусиль розвантаження ковшів скрепера.....	142
СЕКЦІЯ 6. ВІБРАЦІЇ В ТЕХНІЦІ І ТЕХНОЛОГІЯХ	147
Бездір О., Шопя В. Контакт з тертям системи коаксіальних циліндричних оболонок з неоднорідним заповнювачем.....	147
Дем'яненко А., Ключник Д., Гурідова В. Пружні системи з двохвильовим характером коливань – механічні, математичні моделі, їх особливості, деякі аналогії та дослідження	149
Заграй А., Новицький Я., Луцюк І., Боровець З. Використання вібраційної машини в якості активатора вапна	151
Корендій В., Качур О., Новицький Ю., Дмитерко П. Вібраційний бункерний живильник одномасової структури.....	153

Майструк В. Дослідження структури газового потоку у циклоні з проміжним відведенням осадженого пилу.....	155
Шульженко М., Ольховський А. Вплив зміни геометрії на вібронпруженість лопаток при відновлювальному ремонті останнього ступеня парової турбіни	157

Наукове видання

**15-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗІУМ
УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ
У ЛЬВОВІ**

Матеріали симпозиуму

ТзОВ «КІНПАТРІ ЛТД»

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції ЛВ №39 від 10.08.2005.

Підписано до друку 19.05.21 р.
Формат 60×84/8. Папір офсетний. Друк RIZO.
Умов. друк. арк. 19,06.
Зам. 10/21.

Надруковано з готового оригінал-макета
у Дослідно-видавничому центрі
Наукового товариства імені Шевченка,

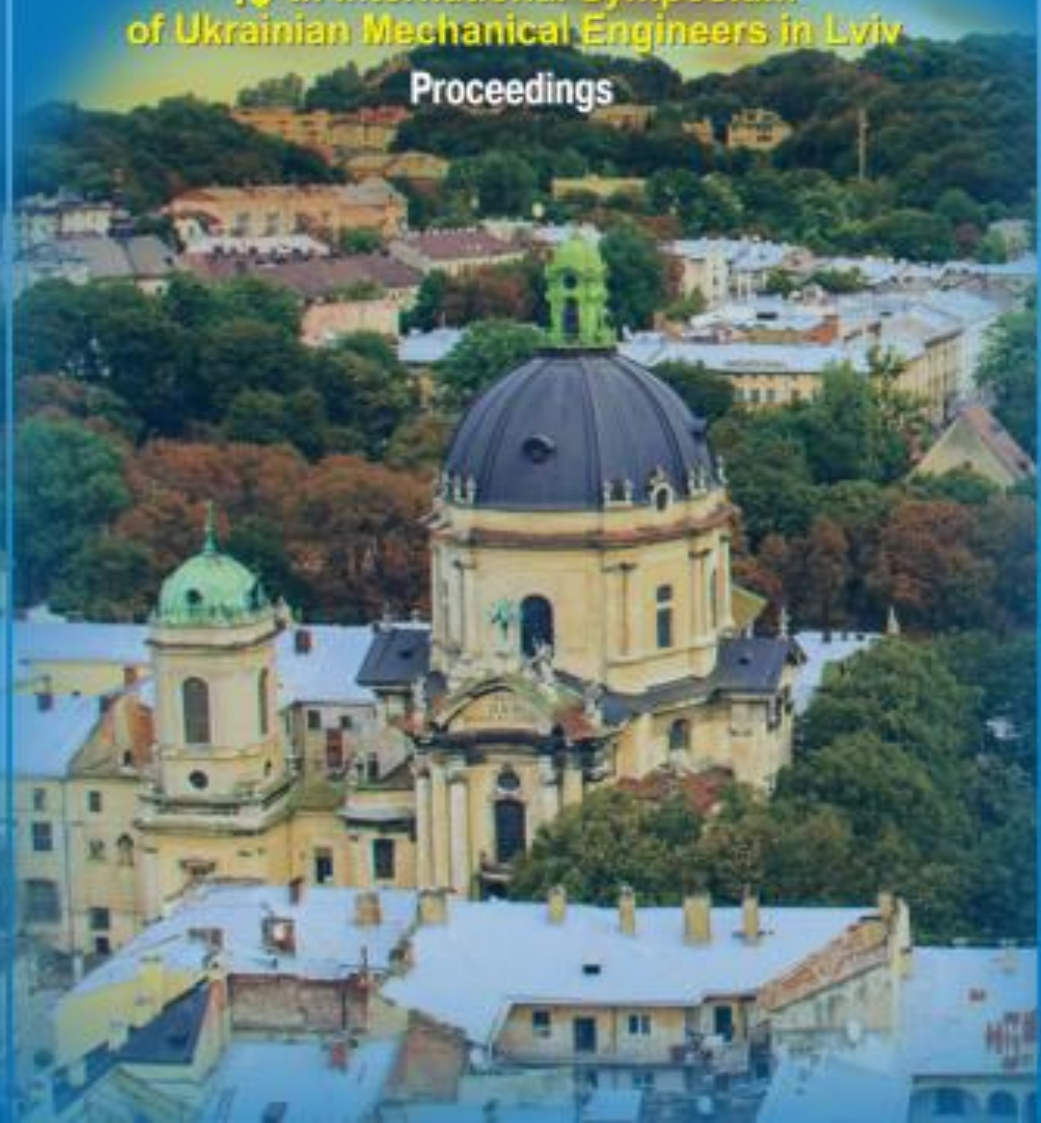
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК №884 від 04.04.2002 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ІМЕНІ ШЕВЧЕНКА

**15-й МІЖНАРОДНИЙ СИМПОЗИУМ
УКРАЇНСЬКИХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ
У ЛЬВОВІ**

Матеріали симпозиуму

**15-th International Symposium
of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv
Proceedings**



Концепція врахування впливу водню на зміну властивостей та руйнування високоміцних важкооброблюваних сталей та сплавів в умовах тертя ковзання, кочення та за механічної обробки. The concept of taking into account the impact of hydrogen on changing the properties and destruction of high-strength heavy-treated steel and alloys under conditions of sliding, rolling and mechanically // Колесніков В.О., Балицький О.І., Гаврилюк М.Р., Ревякіна О.О., Іваськевич Л.М. // 15-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові (15-th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv. Proceedings.), (м. Львів, 20 – 21 травня 2021 р.): матеріали симпозіуму. – Львів: КІНПАТРІ ЛТД, 2021. С. 6 – 7.

https://kolesnikov.ucoz.com/load/koncepcija_vrakhuvannja_vplivu_vodnju_na_zm_inu_vlastivostej/1-1-0-282