

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Національний університет цивільного захисту України
Slovak University of Technology (Словаччина)
RWTH Aachen University (Німеччина)
University of Sannio (Італія)
Polytechnic University of Valencia (Іспанія)
Warsaw University of Technology (Польща)

XI Міжнародна конференція
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ
МЕХАНІКИ

XI International Conference
ACTUAL PROBLEMS OF ENGINEERING
MECHANICS



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
ABSTRACTS OF REPORTS

Одеса, 21-23 травня 2025 року



УДК 621.01
ББК

Актуальні проблеми інженерної механіки / Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції / за заг. ред. М.Г. Сур'янінова. Одеса: ОДАБА, 2025. 234 с.

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Ковров А.В., к.т.н., проф., заслужений діяч науки і техніки України, ректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, член президії Академії будівництва України, віце-президент Академії енергетики України, академік Української Академії архітектури, **голова** оргкомітету;

Сур'янінов М.Г., д.т.н., проф., зав. каф. будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, **заступник голови**;

Кровяков С.О., д.т.н., проф., проректор з наукової роботи Одеської державної академії будівництва та архітектури, **заступник голови**;

Вировой В.М., д.т.н., проф. кафедри виробництва будівельних виробів та конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Горик О.В., д.т.н., проф., завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін Полтавської державної аграрної академії;

Клименко Є.В., д.т.н., проф., заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри залізобетонних конструкцій та транспортних споруд Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Кононов Ю.М., д.ф.-м.н., проф., завідувач відділу теорії керуючих систем інституту прикладної математики та механіки НАН України;

Крутий Ю.С., д.т.н., проф. в.о. завідувача кафедри інформаційних технологій та прикладної математики Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Лесечко О.В., к.ф.-м.н., доц., завідувач кафедри вищої математики Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Мікулич О.А., д.т.н., проф. Луцького Національного технічного університету;

Отрош Ю.А., д.т.н., проф., начальник кафедри пожежної профілактики у населених пунктах Національного університету цивільної захисту України;

Суханов В.Г., д.т.н., проф., директор Архітектурно-художнього інституту Одеської державної академії будівництва та архітектури, науковий керівник НВЦ «Екострой»;

Bernd Markert, Prof. Dr.Ing., RWTH Aachen University (Germany);

Jerzy Roslon, Prof., Warsaw University of Technology (Poland);

Roman Rabenseifer, PhD, Assoc. Prof. Slovak University of Technology (Slovakia);

Fernando Jose Cos-Gayon Lopez, Prof., Polytechnic University of Valencia (Spain);

Francesco Pepe, Prof., University of Sannio (Italy).

Затверджено до друку Організаційним комітетом конференції.

ЗМІСТ

Alifov A.S., Akhmedov A.D., Askerli N.Q. REINFORCING A RECTANGULAR PLATE WITH A CIRCULAR HOLE BY MEANS OF CIRCULAR STRAP	9
Alifov A.S., Zakiyev Z.Z. MODELING AND CALCULATION OF UNDERGROUND TUNNELS UNDER VARIOUS LOADS	14
Азізова А.Г., Стрюк Р.І., Овсій Д.М., Овсій О.М. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ КОМПОНЕНТІВ ПРИ ПІДСИЛЕННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОДНОЧАСНО В СТИСНУТІЙ І РОЗТЯГНУТІЙ ЗОНАХ ПЕРЕРІЗУ	19
Андрійчук О.В., Громов Д.Ю. ВПЛИВ ДИСПЕРСНОГО АРМУВАННЯ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СТРУКТУРУ БЕТОНУ	23
Осадчий В.С., Анісімов К.І., Великий Д.І., Бааджи В.Г. ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРОТИЗСУВНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ	27
Багно О.М. ПРО УМОВИ ВИНИКНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ НЕСТІЙКОСТІ ГІДРОПРУЖНОЇ СИСТЕМИ: «ПІВПРОСТІР В'ЯЗКОЇ РІДИНИ – ПРУЖНИЙ ШАР, ПІДДАНИЙ СКІНЧЕННЯМ ДЕФОРМАЦІЯМ»	31
Балдук Г.П., Балдук П.Г. ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ У ПК REVIT	34
Балло Я.В., Балло В.П. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	36
Barabash M.S. MODELING THE CHANGING STRESS-STRAIN STATE OF CONSTRUCTIONS DURING THE LIFE CYCLE IN LIRA-FEM SOFTWARE	39
Бекірова М. М. ВПЛИВ ПОВЗУЧОСТІ ТА СТАРІННЯ НА СТІЙКІСТЬ СТРИЖНІВ	41
Bekshaev S. ON THE CONTROL OF CRITICAL FORCE OF AN ELASTICALLY SUPPORTED ROD	43
Чумаченко Т.В., Беспалова А.В., Книш О.І. ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТА ШЛЯХОМ ДОДАТКОВОЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕРМООБРОБКИ ПІСЛЯ ЗАТОЧКИ	48

Вербицький С.М., Макаренко О.В. ГЕОШУРУПИ: ІННОВАЦІЙНИЙ ФУНДАМЕНТ ДЛЯ СУЧАСНОГО БУДІВНИЦТВА	52
Вировой В.М., Коробко О.О., Суханов В.Г. СТРУКТУРОУТВОРЮЮЧА РОЛЬ ТРІЩИН	57
Вовк В.А. ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ТОЧНОСТІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ КОМПОНОВОК ТА У ВИКОРИСТАННІ МОБІЛЬНИХ ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТИВ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	61
Войтюк І.М., Мікуліч О.А., Фурс Т.В., Шемет В.Я. ВПЛИВ УФ- ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖОРСТКИХ ПІНОПОЛІУРЕТАНІВ	63
Горб О.Г., Авраменко Ю.О. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІПСОБЕТОНУ З ОРГАНІЧНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ	66
Глухов Ю.П. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПОЛОСИ З ПОЧАТКОВИМИ НАПРУЖЕННЯМИ НА ЖОРСТКІЙ ОСНОВІ	69
Горик О.В., Ковальчук С.Б., Брикун О.М., Камишов С.С. АСПЕКТИ РУЙНУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ДРОБОСТРУМІННІ	73
Делявський М.В., Мікуліч С.Б. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПАЯНЕ З'ЄДНАННЯ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	78
Гільчук А.В., Динник А.В. СУЧАСНІ ВИДИ ІМПЛАНТІВ ДЛЯ ЛІКТЬОВОГО СУГЛОБА СОБАК: ОГЛЯД І ПЕРСПЕКТИВИ	81
Дорошенко А.Г., Чеханюк Б.С., Примаченко В.Ф. ПРОГНОЗНІ ОЦІНКИ ОСІДАННЯ ҐРУНТУ В ПІВДЕННИХ ТА ЦЕНТРАЛЬНИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ	85
Євзеров І.Д. ПК ЛІРА 10. РОЗРАХУНКОВІ МОЖЛИВОСТІ	90
Зеленський А.Г., Слободянюк С.О. ВАРІАНТ МАТЕМАТИЧНОЇ ТЕОРІЇ БАГАТОШАРОВИХ НЕЛІНІЙНИХ ПРУЖНИХ ПЛАСТИН НЕСИМЕТРИЧНИХ СТРУКТУР ДОВІЛЬНОЇ ПОСТІЙНОЇ ТОВЩИНИ	91
Поліщук О.М., Зятюк Ю.Ю., Фурсович М.О., Супрунюк В.В., Романюк В.В. КОМБІНОВАНЕ АРМУВАННЯ, ЯК МОЖЛИВІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ	94
Isaiev V.F. ANALYTICAL METHOD OF CALCULATING THE CHANGE IN CARBON DIOXIDE CONCENTRATION DURING THE INTERACTION OF A HUMAN MODEL AND A SUPPLY AND EXHAUST VENTILATION SYSTEM	98
Сур'янінов М.Г., Кіріченко Д.О., Сур'янінов В.М. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ: ЦИЛІНДРИЧНИЙ КОЛОДЯЗЬ І	

STRESS-STRAIN STATE OF THE STRIP WITH INITIAL STRESSES ON THE RIGID BASE

The dynamic response of a prestressed strip on a rigid base to a surface load moving at a constant speed is investigated.

УДК 621.924.9

АСПЕКТИ РУЙНУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ДРОБОСТРУМІННІ

**Горик О.В., д.т.н., проф., Ковальчук С.Б., д.т.н., проф.,
Брикун О.М., к.т.н., доц., Камишов С.С., аспірант**

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава

У процесі виготовлення, ремонту металевих виробів різних галузей промисловості виникає нагальна потреба в якісній підготовці вільних поверхонь для нанесення на них захисних стійких неметалевих покриттів. Якість підготовки поверхонь, як одного із головних факторів міцного зчеплення із робочим захисним покриттям, є визначальним критерієм довговічності й надійної експлуатації одиниць техніки. Серед механічних способів підготовки (очищення) пріоритетне місце займає екологічно чистий і енергоощадний процес дробоструміння. При цьому поверхня піддається різним за своєю природою видам руйнування: абразивному, адгезійному, дифузійному, хімічному, окислювальному, тощо, залежно від умов динамічної взаємодії тіл.

Механізм та міра інтенсивності руйнування поверхневого шару визначає основні наслідкові параметри технології дробоструминного очищення, серед яких: продуктивність, швидкість переміщення факела, економічний період стійкості дробу та інші параметри, розрахункове встановлення яких дозволяє створювати енергозберігаючі технологічні комплекси.

Якість підготовки металевих поверхонь дробострумінням залежить від багатьох факторів і пов'язана з руйнуванням поверхневого шару, коли формується необхідна шорсткість, яка за дослідженнями [1] сприяє надійному зчепленню захисного покриття із сталеву підкладкою, але до певної міри її збільшення [2]. Встановлення закономірностей механізму очищення поверхонь металевих виробів через коефіцієнт руйнування, що пов'язаний з вихідними режимами дробоструміння, дозволяє збалансувати

усі параметрами процесу до його початку для отримання заданої якості підготовки поверхні й є предметом даного повідомлення.

Експериментальні дослідження процесу руйнування металевих поверхонь внаслідок ударної дії на них дробинок виконувалися у два етапи. Перший – лабораторні дослідження впливу однієї дробинки на оброблювану поверхню, другий – заводські дослідження впливу на процес руйнування поверхні масової дії дробу у вигляді факелу. Методика проведення дослідів та матеріали описані в [3, 4].

Коефіцієнт руйнування k_p характеризує залежність між об'ємом металу $w_{вид}$, що видаляється у вигляді мілких частинок і об'ємом деформованого металу $w_{деф}$, тобто об'ємом деякої множини сферичних лунок, залишених дробинками на атакованій поверхні

$$k_p = w_{вид} / w_{деф} . \quad (1)$$

Коефіцієнт руйнування k_p при дії на поверхню дробоструміння можна трактувати як суму різних за фізичною природою його складових, основні із яких: коефіцієнт втомного руйнування $k_{вт}$ і коефіцієнт руйнування внаслідок мікрорізання $k_{мр}$. Інші складові за оцінками фахівців складають незначну долю, то їх значеннями можна знехтувати і записати

$$k_p = k_{вт} + k_{мр} . \quad (2)$$

Слід відмітити, що міра впливу окремих другорядних чинників на значення узагальненого коефіцієнта руйнування k_p практично залишається сталою при зміні режимів процесу у межах рекомендованих. Це дозволяє встановити інтегрований підхід до визначення коефіцієнта руйнування, максимально пов'язавши його з вихідними параметрами (режимами) процесу, зменшивши емпіричну частку розрахунку.

Об'єм лунки, як результат динамічної взаємодії дробинки з металевою поверхнею нерухомого тіла, інтегрує в собі вихідні параметри технології дробоструміння, пов'язані із заданими діаметром дробинки d , кутом атаки α , швидкістю атаки v та фізико-механічними властивостями атакованого тіла. Це дозволило запропонувати можливий підхід до встановлення коефіцієнта руйнування металевих поверхонь залежно від заданих параметрів дробоструміння і збалансування наслідкових характеристик технологічного процесу, пов'язавши його із коефіцієнтом лунки, як прототипом коефіцієнта руйнування

$$k_l = w_l / w_{dp} = 6\zeta_w (v \sin \alpha)^2 m / (\pi d^3 H D) , \quad (3)$$

де w_l – об'єм лунки (сліду) дробинки на атакованій поверхні, що відповідає

об'єму деформованого металу однією дробинкою; $w_{op} = (\pi d^3)/6$ – об'єм атакуючої дробинки; ζ_w – коефіцієнт видовження сліду (лунки), викликаного тангенціальним переміщенням центру мас дробинки, який при куті атаки $\alpha = 90^\circ$ становить $\approx 0,5$, при $\alpha = 60^\circ \approx 0,6$, при $\alpha = 30^\circ \approx 0,8$; m – маса дробинки; HD – динамічна твердість металу виробу.

Пов'яжемо коефіцієнт лунки k_l з коефіцієнтом руйнування k_p у такий спосіб. Формулу (2) запишемо через складові коефіцієнта лунки так:

$$k_p = z_n k_{l,n} + z_\tau k_{l,\tau}, \quad (4)$$

де z_n , z_τ – коефіцієнти, що інтегрально враховують частку металу поверхневого шару виробу, що руйнується внаслідок втоми і мікрорізання відповідно; $k_{l,n}$ – складова коефіцієнта лунки, що відповідає зануренню дробинки по нормалі, й який стосується частини об'єму лунки $w_{l,n} = \pi h(3dh - 2h^2)/6$ сферичної форми; $k_{l,\tau}$ – складова коефіцієнта лунки, що безпосередньо пов'язана з тангенціальним видовженням лунки $k_{l,\tau} = k_l - k_{l,n}$, формально з тангенціальним переміщенням дробинки.

За нашим спостереженням коефіцієнти z_n і z_τ при очищенні виробів з низьковуглецевих сталей сталевим колотим дробом є незмінними при оптимальних режимах процесу і практично рівними $z_n = z_\tau = z$. На основі чисельних експериментальних даних НДІ «Емальхіммаш» м. Полтава (Україна), встановлено значення цих коефіцієнтів близьким до 4,6.

Загальний коефіцієнт руйнування визначаємо так

$$k_p = z(k_{l,n} + k_{l,\tau}) = zk_l. \quad (5)$$

На рис. 1 подано графіки залежностей коефіцієнтів руйнування від кута атаки (k_p – загальний; $k_{p,екс}$ – експериментальний загальний; $k_{вт}$ – втомного руйнування; $k_{мр}$ – внаслідок мікрорізання).

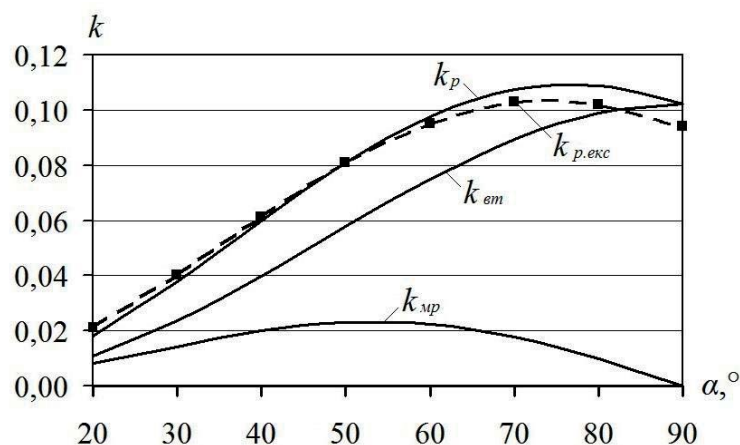


Рис. 1. Залежність коефіцієнта руйнування від кута атаки

Заводські дослідження впливу дробоструминного факела свідчать про практично пропорційне збільшення коефіцієнта руйнування із зростанням кута атаки. При $\alpha > 70^\circ$ інтенсивність зростання уповільнюється і навіть спадає (рис. 1 штрихова лінія). Останнє пояснюється наростаючим зменшенням при великих кутах кількості робочих атакуючих дробин у факелі внаслідок їх зіткнення з дробинками, що рикошетують. Аналітично оцінити такий вплив важко, хоча й робити цього немає сенсу, оскільки раціональними кутами атаки при дробоструминні є кути $40^\circ < \alpha < 70^\circ$, коли впливом зіткнення дробин можна нехтувати. Загальний коефіцієнт її руйнування набуває свого максимального значення при кутах атаки близьких до $60^\circ \dots 70^\circ$ (рис. 1), що підтверджується як [5], так [6].

Формула (5) дає задовільну збіжність теоретичних і заводських експериментальних даних (рис. 1). Розбіжність складає близько 10%.

Наведені дані дозволяють пов'язати міру руйнування поверхні металевих виробів при дробоструминному очищенні із вихідними характеристиками процесу і узгодити його наслідкові параметри: продуктивність, швидкість переміщення факела та економічний період стійкості дробу за відомими співвідношеннями. Ці показники безпосередньо пов'язані з аспектами руйнування оброблюваних металевих поверхонь і визначають степінь ефективності й енергоємності процесу дробоструминної обробки виробів.

- [1]. Goryk O., Koval'chuk S., Brykun O., Aksonov S. Assessment of quality criteria of shot blasting cleaning of the inner surfaces of chemically resistant containers. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2023. P. 98–107. DOI: 10.1007/978-3-031-18487-1_10.
- [2]. Mayer P., Dmitruk A., Leja N., Pakiet E. Pull-off strength of fibre-reinforced composite polymer coatings on steel substrate. *Journal of Adhesion*. 2022. 98(3). P. 286-304. DOI: 10.1080/00218464.2020.1831478.
- [3]. Goryk A., Koval'chuk S., Brykun O., Chernyak R. Viscoelastic resistance of the surface layer of steel products to shock attack of a spherical pellet. *Key Engineering Materials*. 2020. Vol. 864. P. 217–227. DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.864.217.
- [4]. Горик О.В., Черняк Р.Є., Чернявський А.М., Брикун О.М. Дробоструминне очищення. Теорія і практика. Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2021. 326 с.
- [5]. Srinivas Reddy P., Ravi Kumar P., Prasad D. V. S. S. V., Saroja Rani B., Narayana Gupta C. H. L., Daniel Das A., Subbiah R. Effect of parameters and surface analysis on eglin steel by shot blasting method. *Materials Today: Proceedings*. 2023. Vol. 72. P. 2833-2836. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.07.248.
- [6]. Wang S., Hao R., Liu H., Wang X., Yang Q. Fracture behavior of the hot rolled Strip's surface scale layer from different impacts angles. *Key Engineering Materials*. 2022.Vol. 905. P. 67 – 72. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.905.67.

DESTRUCTION ASPECTS OF THE SURFACE LAYER OF METAL SURFACES DURING SHOT BLASTING

The aspects of the process of destruction of the surface layer of metal products during shot blasting are substantiated depending on the specified process parameters, which allows for more rational planning of energy-saving, environmentally friendly and balanced technology for high-quality preparation of product surfaces for subsequent application of stable non-metallic protective coatings. Experimental and theoretical patterns of the mechanism of cleaning (destruction) of metal product surfaces are established through the destruction coefficient associated with the crater coefficient, which characterizes the result of the dynamic interaction of the pellet with the metal half-space and integrates the initial parameters of the shot blasting technology: pellet diameter, angle and attack speed, and physical and mechanical properties of the product material.