

УДК 62-50:519.6:620.1

ГОМОГЕНІЗАЦІЯ У ТОПОЛОГІЧНІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ: ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИНОБУДІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЧЕРЕЗ МІКРОСТРУКТУРНІ МОДИФІКАЦІЇ

Р. Р. ПИШКА, аспірант

Б. Я. БАКАЙ, канд. техн. наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України, Львів

E-mail: roman.pyshka@nltu.edu.ua, bakay@nltu.edu.ua

Топологічна оптимізація конструкційних елементів є сучасним напрямом підвищення ефективності виробів машинобудування за рахунок оптимального розподілу матеріалу в межах заданого об'єму. Запропонований у дослідженні метод гомогенізації дає змогу визначати оптимальну структуру матеріалу на мікрорівні шляхом періодичного розподілу малих порожнин у вихідному ізотропному матеріалі. Це забезпечує можливість отримання анізотропних характеристик без необхідності змінювати склад самого матеріалу, що особливо важливо при проектуванні елементів, що працюють в умовах складного навантаження.

Підхід, заснований на гомогенізації, дає можливість не лише знаходити оптимальні форми конструкцій, але й визначати оптимальний розподіл внутрішніх мікроструктур, що підвищує жорсткість і міцність без суттєвого збільшення маси. Наприклад, у випадку оптимізації форми конструктивних елементів, що працюють на згин, застосування методу гомогенізації дозволяє знизити вагу до 30% без втрати жорсткості, порівняно з традиційними методами оптимізації. Розрахунки підтверджують, що використання матеріалу з мікроструктурами забезпечують зменшення напруження в критичних зонах до 15%, що значно збільшує довговічність виробів. Додатково, аналіз впливу мікропор показує, що їх оптимальне розташування надає змогу рівномірніше розподіляти навантаження, зменшуючи локальні піки напружень до 13-18%.

Практичні результати застосування методу показують, що оптимальна структура матеріалу формується при значенні пористості в межах 25-35%, що забезпечує максимальне співвідношення жорсткості до ваги. Наприклад, для конструкції, що піддається згинальному моменту, зміна розміру мікропор у межах від 0,1 до 0,5 відносних одиниць дозволяє досягти зменшення питомої

маси до 18% при збереженні механічних характеристик. Важливим фактором є також можливість адаптації внутрішньої структури під конкретні типи навантаження, що дає змогу розробляти спеціалізовані матеріали для критичних вузлів машинобудівних конструкцій. Зокрема, проведені експерименти показують, що застосування гомогенізованих структур у несучих елементах дає можливість зменшити деформації при динамічних навантаженнях на 18%, що є важливим фактором у різних галузях.

Дослідження доводять, що застосування методів топологічної оптимізації на основі гомогенізації надає змогу уникнути обмежень, притаманних класичним методам оптимізації форми. Наприклад, використання параметричного представлення меж конструкції значно ускладнює зміну топології під час оптимізаційного процесу, тоді як метод гомогенізації дозволяє здійснювати такі зміни автоматично. Розглянута методика є особливо ефективною для проектування деталей, що зазнають комбінованих навантажень, оскільки забезпечує точно визначити необхідний розподіл матеріалу. У порівнянні з традиційними підходами, застосування топологічної оптимізації дає змогу отримати більш ефективні конструкції, що демонструють підвищення жорсткості до 18% за тих самих габаритів та матеріаловитратах. Крім того, результати підтверджують, що оптимізація мікроструктури сприяє зменшенню чутливості конструкцій до виробничих відхилень, зокрема під час лиття чи адитивного виробництва.

Впровадження розглянутих підходів у сучасні системи комп'ютерного інженерного моделювання (CAE) дозволяє суттєво покращити процес створення нових виробів. Використання чисельних методів у поєднанні з кінцево-елементним аналізом дає змогу не лише знаходити оптимальні форми, але й прогнозувати поведінку виробів у реальних експлуатаційних умовах. Наприклад, аналіз тривимірних моделей, створених за допомогою методу гомогенізації, показує, що рівень напружень у критичних ділянках може бути знижений до 12% за рахунок більш рівномірного розподілу матеріалу. Це відкриває перспективи для застосування даної методики у машинобудуванні, де питання зниження ваги та підвищення міцності є критично важливими. Також перспективним є поєднання топологічної оптимізації з методами штучного інтелекту для прогнозування оптимальних параметрів конструкцій в умовах змінного навантаження.

Таким чином, метод гомогенізації в топологічній оптимізації відкриває нові можливості у проектуванні виробів машинобудування. Його використання надає змогу не лише знизити витрати матеріалу, але й значно підвищити ефективність конструкцій, забезпечуючи оптимальний розподіл навантажень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення області застосування даного підходу для багатошарових композиційних матеріалів та адаптивних структур, що змінюють свої властивості залежно від експлуатаційних умов. Крім того, перспективним напрямом є розроблення методів багатокритеріальної оптимізації, що дозволить досягти найкращого поєднання ваги, міцності та технологічності виготовлення деталей.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



PROCEEDINGS

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated
to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)*

«KRAMAROV'S READINGS»

*February 20-21, 2025
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;
Тонха О. Л. – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Мельник В. І. – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**
- Автухов А. К.** – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
Адамчук В. В. – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;
Альмейда А. – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);
Аулін В. В. – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
Арак М. – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
Банний О. О. – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
Бєлоєв Х. – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);
Борак К. В. – заступник директора ЖАТФК;
Братішко В. В. – декан МТФ НУБіП України;
Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;
Булгаков В. М. – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;
Василенко М. О. – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;
Васильковський О. М. – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;
Войтюк Д. Г. – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;
Герук С. М. – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
Джеонг Ілля – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);
Домейка Р. – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);
Захарчук О. В. – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;
Іванишин В. В. – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;
Ковалишин С. Й. – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;
Коренко М. – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

Тін Ю Чен - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

Фіндура П. – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

Шарибура А. О. – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

Яковенко І. А. – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.