



ДИНАМІКА ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Прикладна механіка</i>
Статус освітньої компоненти	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>4 кредитів (120 годин): лекції – 36 год., практичні заняття - 18 год., СРС – 66 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>За розкладом Департаменту навчальної роботи КПІ ім. Ігоря Сікорського http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., професор Сидоренко Юрій Михайлович, y.sydorenko@kpi.ua</i> , Практичні заняття: <i>асистент Устименко Павло Романович</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NjYxNTgxNDk5NTM3?cjc=4736g2p</i>

Програма освітньої компоненти

1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітня компонента «ДИНАМІКА ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ» належить до циклу вибіркових освітніх компонент професійної підготовки призначена для оволодіння знаннями про фізичні основи, математичні моделі, що описують швидкоплинні процеси у механічних системах, які виникають у конструкціях під дією імпульсного навантаження, зокрема вибухового, та вивчення методів розв'язання відповідних задач.

Дисципліна «ДИНАМІКА ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ» відноситься до вибіркових дисциплін циклу професійної підготовки, і самостійно не формує компетентностей, проте вивчення дисципліни сприяє підсиленню наступних загальних та фахових компетентностей:

- ЗК 01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.
- ЗК 05. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності)
- ЗК 06. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- ФК 04. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, знання та пояснення до фахівців і нефахівців, зокрема і в процесі викладацької діяльності.
- ФК 05. Здатність планувати і виконувати експериментальні й теоретичні дослідження з прикладної механіки та дотичних міждисциплінарних проблем, опрацьовувати і узагальнювати результати досліджень

Основні завдання освітньої компоненти спрямовані на набуття наступних знань:

- Освоїти методики розрахунків параметрів спеціальних технологічних процесів;
- Вміти прогнозувати напружено-деформований стан об'єктів, які піддаються динамічній обробці,
- Вміти аналізувати наслідки впливу вибуху на оточуючі об'єкти і розробляти конструкторські рішення для їх вибухозахисту.
- Вирішувати прикладні задачі створення технологій проведення зварювання матеріалів вибухом,
- проводити розробку засобів захисту від небезпечної дії вибухових пристроїв та вибухозахисних конструкцій на транспорті, у будівництві та інших,
- оцінювати наслідки вибухів у приміщеннях та вирішувати інші прикладні задачі.

2. Пререквізити та постреквізити освітньої компоненти (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна «ДИНАМІКА ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ» базується на наступних дисциплінах: «Комп'ютерне моделювання в наукоємному машинобудуванні», «Курсовий проект з комп'ютерного моделювання в наукоємному машинобудуванні»). У свою чергу дисципліна «ДИНАМІКА ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ» може бути корисною для опанування освітніх компонент: «Науково-дослідна практика», «Виконання магістерської дисертації».

3. Зміст освітньої компоненти

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА

Тема 1.1. Основні поняття, рівняння та співвідношення механіки суцільного середовища

1.1.1. Представлення руху матеріального континууму. Система відліку спостерігача. Індивідуалізація точок матеріального континууму. Підходи Лагранжа та Ейлера до вивчення руху суцільного середовища.

1.1.2. Основи кінематики матеріального континууму. Теорія деформацій. Тензор деформацій як характеристика деформованого стану матеріального континууму. Інваріанти тензора деформацій. Поняття рівняння сумісності деформацій. Тензор швидкостей деформацій.

1.1.3. Теорія напружень. Тензор напружень. Інваріанти тензора напружень. Геометричне представлення тензора напружень. Рівняння рівноваги матеріального континууму.

Тема 1.2. Закони збереження в механіці матеріального континууму. Елементи термодинаміки суцільного середовища.

1.2.1. Рівняння нерозривності (Закон збереження маси).

1.2.2. Рівняння руху (Закон збереження кількості руху)

1.2.3. Баланс механічної енергії. Закон збереження енергії за наявності та відсутності теплових явищ. Перший початок термодинаміки.

1.2.4. Другий початок термодинаміки, зворотні та незворотні процеси. Ентропія.

Тема 1.3. Моделі суцільного середовища, їх фізичні співвідношення.

1.3.1. Поняття моделі суцільного середовища. Фізична та механічна поведінка середовища, що деформується. Рівняння стану. Діаграма механічної поведінки середовища, що деформується.

1.3.2. Прості моделі суцільного середовища. Ідеальне середовище (ідеальна рідина або газ). В'язка рідина. Пружне середовище. Жорстко-пластичне середовище.

1.3.3. Модель пружно-пластичного середовища. Деформаційна теорія пластичності (теорія малих пружно-пластичних деформацій). Критерій пластичності. Поверхня пластичності. Теорія пластичної течії.

Тема 1.4. Постановка задач механіки суцільного середовища.

1.4.1. Загальні принципи постановки задач. Вибір системи відліку та системи координат. Вибір моделі суцільного середовища. Складання системи рівнянь. Початкові та граничні умови.

1.4.2. Постановка задачі механіки ідеальної рідини та газу.

1.4.3. Постановка задачі механіки в'язкої рідини.

1.4.4. Постановка задачі теорії пружності та динамічної взаємодії пружно-пластичних середовищ.

РОЗДІЛ 2. ФІЗИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ ТВЕРДИХ ТІЛ.

Тема 2.1. Механічні явища у твердих тілах. Теоретична міцність ідеального кристала.

Тема 2.2. Дефекти кристалічної ґратки. Дислокації в теорії пластичного руйнування. Класифікація типів руйнування.

Тема 2.3. Критерії міцності та пластичності ізотропних матеріалів.

2.3.1. Основні принципи побудови критеріїв міцності та пластичності. Класифікація критеріїв міцності.

2.3.2. Структурне та деформаційне зміцнення твердого середовища, що деформується.

Тема 2.4. Лінійна механіка руйнування.

2.4.1. Напружено-деформований стан у вершині тріщини. Класичні умови крихкого руйнування та розповсюджень тріщин.

2.4.2. Кінематика крихкої тріщини відриву. Масштабний ефект статистичної та енергетичної природи.

Тема 2.5. Механіка в'язкого руйнування та руйнування відколом.

Тема 2.6. Характеристики опору крихкому та в'язкому руйнуванню.

2.6.1. Інтегральні та локальні критерії руйнування. Ударна в'язкість.

2.6.2. Динамічна твердість. Тріщиностійкість. Критерії руйнування при змішаному руйнуванні і в області текучості.

2.6.3. Показники динамічної тріщиностійкості.

Тема 2.7. Ударні хвилі в твердих тілах.

2.7.1. Ударна адіабата. Співвідношення Ренкіна-Гюгоніо.

2.7.2. Рівняння стану твердих тіл.

2.7.3. Хвилі напружень у твердих тілах. Фазові переходи у твердих тілах.

2.7.4. Механіка та морфологія високошвидкісного деформування.

2.7.5. Руйнування матеріалів у хвилях розрідження.

РОЗДІЛ 3. ЕЛЕМЕНТАРНА ТЕОРІЯ УДАРНИХ ХВИЛЬ.

Тема 3.1. Основні залежності. Плоско-пряма ударна хвиля.

Тема 3.2. Коса ударна хвиля.

Тема 3.3. Акустична теорія ударних хвиль.

Тема 3.4. Початкові параметри ударних хвиль на межі двох середовищ.

3.4.1. Початковий параметр ударних хвиль, що виникають при переміщенні продуктів детонації.

3.4.2. Відбиття повітряної ударної хвилі від плоскої перешкоди.

3.4.3. Початкові параметри ударних хвиль, що виникають при ударній взаємодії твердих тіл та при переході хвилі із одного середовища в інше.

РОЗДІЛ 4. ТЕОРІЯ ДЕТОНАЦІЙНОЇ ХВИЛІ.

Тема 4.1. Явища детонації основи гідродинамічної теорії.

Тема 4.2. Розрахунок параметрів детонаційних хвиль в газових системах.

Тема 4.3. Розрахунок параметрів детонаційних хвиль в конденсованих вибухових речовинах.

Тема 4.4. Рівняння стану та ізоентропи продуктів детонації конденсованих вибухових речовин.

Тема 4.5. Чутливість вибухової речовини до зовнішньої дії.

4.5.1. Початковий імпульс. Чутливість ВР до теплового впливу.

4.5.2. Чутливість ВР до механічного впливу.

4.5.3. Чутливість ВР до ударно-хвильового впливу.

4.5.4. Передача детонації через різні середовища.

4.5.5. Детонація в зарядах ВР при взаємодії з високошвидкісними ударниками та кумулятивними струменями.

Тема 4.6. Розповсюдження детонації.

4.6.1. Критичний діаметр стаціонарної детонації конденсованих ВР.

4.6.2. Вплив оболонки на величину критичного діаметра детонації ВР.

4.6.3. Вплив початкової температури та густини заряду ВР на критичний діаметр детонації.

4.6.4. Межа розповсюдженої детонації в плоских ВР.

4.6.5. Експериментальні методи визначення критичного діаметра детонації.

4.6.6 Експериментальні методи дослідження процесу детонації.

РОЗДІЛ 5. СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КЕРУВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИМ СТАНОМ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Тема 5.1. Залишкові напруження зварних конструкцій. Методи керування залишковими напруженнями зварних конструкцій.

5.1.1. Експериментальні методи визначення напружено-деформованого стану зварних конструкцій.

5.1.2. Математичні методи визначення напружено-деформованого стану зварних конструкцій.

Тема 5.2. Метод визначення напружено-деформованого стану зварних конструкцій при застосуванні динамічної складової електродинамічної обробки

5.2.1. Система рівнянь, що описує поведінку матеріалів в умовах динамічного навантаження. Математична модель процесу ударної взаємодії електрода-ударника з модельною зварною пластиною.

5.2.2. Експериментальне визначення механічних характеристик матеріалу модельної зварної пластини. Оцінка точності розробленого методу визначення напружено-деформованого стану модельної зварної пластини при застосуванні динамічної складової ЕДО.

5.2.3. Вплив крайового ефекту на точність визначення напружено-деформованого стану зварної модельної пластини при застосуванні динамічної складової ЕДО.

Тема 5.3. Математична оцінка впливу параметрів технологічного процесу електродинамічної обробки модельного зварного з'єднання на його напружено-деформований стан

5.3.1. Вплив початкової швидкості електрода-ударника та його форми на НДС модельного зварного з'єднання після застосування ударної складової ЕДО.

5.3.2. Вплив мідної підкладки-посередника, встановленої між модельним зварним з'єднанням та електродом-ударником, на НДС з'єднання після застосування ударної складової ЕДО.

5.3.3. Вплив величини початкового розтягу модельного зварного з'єднання на його НДС після застосування ударної складової ЕДО.

5.3.4. Вплив температури модельного зварного з'єднання на його НДС після застосування ударної складової ЕДО.

Тема 5.4 Експериментальна оцінка ефективності застосування електродинамічної обробки зварного з'єднання в умовах підвищених температур

5.4.1. Експериментальне визначення параметрів НДС зварного з'єднання при застосуванні ЕДО в умовах попереднього підігріву.

5.4.2. Експериментальне визначення параметрів НДС зварного з'єднання при застосуванні ЕДО в процесі його створення.

РОЗДІЛ 6. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМУВАННЯ СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАХИСНИХ ВИБУХОВИХ КАМЕР

Тема 6.1. Чисельне моделювання процесу розльоту продуктів детонації та розповсюдження повітряних ударних хвиль при вибуху плоского заряду вибухової речовини кінцевих розмірів.

Тема 6.2. Метод оцінки напружено-деформованого стану силових елементів конструкції трубчастой вибухової камери.

Тема 6.3. Моделювання процесу деформування засобу локалізації вибуху саморобних вибухових пристроїв на борту літака

6.3.1. Експериментальні дослідження процесу деформування корпусів контейнерів для знешкодження саморобних вибухових пристроїв.

6.3.2. Математичний метод оцінки граничного стану силового елементу засобу для знешкодження саморобних вибухових пристроїв.

РОЗДІЛ 7. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИБУХУ САМОРОБНИХ ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ, ПОВ'ЯЗАНЕ З КРИМІНАЛІСТИЧНОЮ ВИБУХОТЕХНІЧНОЮ ЕКСПЕРТИЗОЮ.

Тема 7.1. Кінематичні параметри осколкового поля реактивних пострілів протитанкових гранатометів. Особливості створення скінченно-елементної моделі пострілу реактивної протитанкової гранати. Формування напрямків розльоту осколків корпусу реактивних протитанкових гранат

Тема 7.2. Особливості застосування рівняння стану продуктів детонації під час проведення чисельного моделювання процесу вибуху саморобних вибухових пристроїв.

Тема 7.3. Доцільність використання методів комп'ютерного моделювання процесу вибуху саморобних вибухових пристроїв при проведенні судової вибухо-технічної експертизи.

Тема 7.4. Чисельний метод оцінки наслідків вибуху заряду вибухової речовини в квартирі багатоповерхового житлового будинку.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

БАЗОВА:

1. Dennis Grady. Fragmentation of Rings and Shells. The Legacy of N.F. Mott / Dennis Grady. – Germany: Springer, 2006 – 374 p.
2. Stefan Hiermaier. Predictive modeling of dynamic processes / Stefan Hiermaier. – Springer, 2009. – 460p.
3. Jonas A. Zukas. Explosive Effects and Applications / Jonas A. Zukas, William P. Walters. – Springer, 1998 - 431p.
4. Войтенко С.Д., Вінгловський А.О., Сидоренко Ю.М. Експериментальні дослідження процесу деформування корпусів контейнерів для знешкодження саморобних вибухових пристроїв // Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Машинобудування". – 2010. – №58. – С.147-154.
5. Пащенко В.И., Бондар М.В., Бізер А.М., Сидоренко Ю.М. Особливості створення скінченно-елементної моделі пострілу ручного протитанкового гранатомету // Збірник наукових праць Академії ВМС імені П.С. Нахімова. – 2011. – Вип.3(7). – С.20-29.
6. Пащенко В.И., Сидоренко Ю.М. Про доцільність використання методів комп'ютерного моделювання процесу вибуху осколково-фугасних боєприпасів при проведенні судової вибухотехнічної експертизи // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – №3(30). – С.102-112.

7. Устименко П.Р. Напружено-деформований стан зварного з'єднання за електродинамічної обробки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. – НТУУ «КПІ ім.Ігоря Сікорського», 2023 р. – 207с.
8. Сидоренко Ю.М. Мариненко Я.О. Особливості застосування рівняння стану продуктів детонації під час проведення чисельного моделювання процесу вибуху саморобних вибухових пристроїв // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2012. – №6. – С.94-102.
9. Sidorenko Yu.M., Shlenskii P.S. On the Assessment of Stress-strain State of the Load-Bearing Structural Elements in the Tubular Explosion Chamber // Strength of Materials. – 2013. – Volume 45, Issue 2. – PP.210-220.
10. Сидоренко Ю.М. Вплив форми саморобного вибухового пристрою на процес деформування циліндричного корпусу засобу локалізації його вибуху / Ю.М. Сидоренко, Я.О. Мариненко // Сучасна спеціальна техніка. – 2014. – №4(39). – С.117-124.
11. Мариненко Я.О. Вітчизняні засоби захисту від дії саморобних вибухових пристроїв у місцях великого скупчення людей / Ю.М. Сидоренко, Я.О. Мариненко // Сучасна спеціальна техніка. – 2015. – №1. – С.71-77
12. Lobanov L.M. Effect of the electrodynamic treatment on the life of AMg6 aluminum alloy weld joints / L.M. Lobanov, N.A. Pashchin, A.N. Timoshenko, P.V. Goncharov, O.L. Mikhodui, Yu.M. Sidorenko // Strength of Materials. – 2017. – Vol. 49 (2). – PP. 234-238.
13. Lobanov L.M. Effect of the Indenting Electrode Impact on the Stress-Strain State of an AMg6 Alloy on Electrodynamic Treatment / L.M. Lobanov, M.O. Pashchyn, O.L. Mykhodui, Yu.M. Sydorenko // Strength of Materials. – 2017. – Vol. 43 (3) – PP.369-380
14. Effect of Pulse Current on Residual Stresses in AMg6 Aluminum Alloy in Electrodynamic Treatment / Yu.M. Sydorenko, M.O. Pashchyn, O.L. Mykhodui, Yu.A. Khokhlova, M.A. Khokhlov // Strength of Materials. – 2020. – Volume 52. – PP. 731-737 <https://doi.org/10.1007/s11223-020-00226-2>
15. Influence of the Accompanying Heating on the Efficiency of Electrodynamic Treatment of AMg6 Aluminum Alloy Welded Joints / Lobanov L.M., Pashchyn M.O., Mikhodui O.L., Sydorenko Y.M., Ustymenko P.R. // Strength of Material. – 2021. - Volume 53(2). – PP. 222-226. (DOI: <https://doi.org/10.1007/s11223-021-00278-y>)
16. L.M. Lobanov, Pashchyn M.O., Mikhodui O.L., Hryniuk A.A., Ilyashenko E.V., Goncharov P.V., Savytsky V.V, Sydorenko Yu. M., Ustymenko P.R. Calculation evaluation of stress-strained states of welded joints of aluminium AMg61 alloy under the action electrodynamic treatment of weld metal in the process of fusion welding. // Avtomaticheskaya Svarka (Automatic Welding). – 2022. – №7. PP.3-9. <https://doi.org/10.37434/as2022.07.01>
17. LM Lobanov, MO Pashchyn, OL Mikhodui, Yu M Sydorenko, PR Ustymenko Stress-Strain State of Welded Joints of AMg6 Alloy after Electrodynamic Treatment During Welding // Strength of Material. – 2022. - Volume 54(6). – PP. 983-996. (DOI: <https://doi.org/10.1007/s11223-023-00474-y>)
18. Lobanov L., Ustymenko P., Sydorenko Yu., Pashchyn M. Progressive technologies of electrophysical treatment for regulation of stress-strain states of elements of welded structures // Mechanics and Advanced Technologies. – 2023. – №1., Vol. 7. – PP.106-112. DOI: 10.20535/2521-1943.2023.7.1.277617
19. Ustymenko P.R., Sydorenko Yu.M., Pashchyn M.O., Mikhodui O.L., Babak A.M. Effect of the impacting electrode shape on the stress-strain state of a plate after using the dynamic component of electrodynamic treatment // Strength of Materials. – 2023. – Volume 55(3). – PP.525-533. DOI: 10.1007/s11223-023-00545-0
20. Sydorenko. Yu.M., Ustymenko.P.R., PashchynM.O., Mikhodui. O.L. Stress-strain state of the plate after impact interaction with an electrode of different shapes// Strength of materials and theory of structures. – 2023. – Issue 110. – P. P. 150-163. – Ukr. DOI: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.150-163>
21. Lobanov L.M., Pashchyn M.O., Mikhodui O.L., Ustymenko P.R., Sydorenko Yu.M. Calculated Assessment of the Stress-Strain State of the Aluminum Alloy AMg6 After Additive Surfacing-Induced

Electrodynamic Compaction. – 2023. – Volume 55(4). – P.P.699-712; DOI: 10.1007/s11223-023-00559-8

22. Yuri Voitenko, Yuri Sydorenko, Roman Zakusylo, Sergii Goshovskii, Stefan Zaychenko, Viktor Boyko. *On the Influence of the Liner Shape and Charge Detonation Scheme on the Kinetic Characteristics of Shaped Charge Jets and Explosively Formed Penetrators* // *Central European Journal of Energetic Materials*. – 2023. - 20(4). – PP. 417-441. DOI: <https://doi.org/10.22211/cejem/173190>

ДОДАТКОВА

23. Richard M. Lloyd. *Conventional warhead systems physics and engineering design*. Volume 179 / Richard M. Lloyd. – Virginia: American Institute of Aeronautics and Astro-nautics, 1998. – 636p.
24. *Tactical missile warheads*. Volume 155 / Edited by Joseph Carleone. – Washington: Progress in Astronautics and Aeronautics, 1993. – 754p.
25. Przemieniecki J.S. *Mathematical methods in defense analyses*. Third edition / J.S. Przemieniecki. – American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2000. – 402p.
26. Kravets V., Zakusylo R., Sydorenko Y., Sałaciński T., Zakusylo D. Regularities of the energy of formation field in the explosion of a conical charge // *Central European Journal of Energetic Materials*. – 2019. – 16(4). – PP.533-546. <https://doi.org/10.22211/cejem/115355>
27. Spatial distribution of mass and speed of movement of two shrapnel discs of variable thickness in explosive load / Yu.V. Sydorenko, B.Jo. Semon, V.V. Yakovenko, Ye.V. Ryzhov, E.G. Ivanyk // *Defense Science Journal*. - September 2020. – Vol. 70, №5. – PP. 479-485. DOI: 10.14429/dsj.70.14524
28. Yuri Voitenko, Yuri Sydorenko, Roman Zakusylo, Sergii Goshovskii, Stefan Zaychenko, Viktor Boyko. *On the Influence of the Liner Shape and Charge Detonation Scheme on the Kinetic Characteristics of Shaped Charge Jets and Explosively Formed Penetrators* // *Central European Journal of Energetic Materials*. – 2023. - 20(4). – PP. 417-441. DOI: 10.22211/cejem/173190
29. Markashova L.I., Influence of Impulsive Electric Current on the Fine Structure of AMg6 Aluminum Alloy Subjected to Electrodynamic Treatment / Pashchin N.A., Berdnikova E.N., Mikhodui O.L., Sidorenko Yu.M. // *Materials Science*. – 2018, Volume 54, Issue 1. – PP.82-87. <https://doi.org/10.1007/s11003-018-0161-8>
30. Lobanov L.M. Electric Pulse Component Effect on the Stress State of AMg6 Aluminum Alloy Welded Joints Under Electrodynamic Treatment / L.M. Lobanov, N.A. Pashchin, O.L. Mikhodui, Y.M. Sidorenko // *Strength of Materials*. – 2018, Vol.50 (2). – PP.246-253. <https://doi.org/10.1007/s11223-018-9965-x>
31. Ю.І. Войтенко, Ю.М. Сидоренко, В.В. Бойко, А.Л. Ган, А.М. Пасічник, Бугаєць В.П. Фізичні та матеріалознавчі основи підвищення ефективності бронепробиття кумулятивними зарядами // *Гідродинаміка і акустика*. – 2024. – Том 3 (93), Номер 1. – С 16-31. (<https://hydromech.org.ua/jha/jha-03-1/016>) [https://doi.org/10.26642/ten-2024-1\(93\)-316-324](https://doi.org/10.26642/ten-2024-1(93)-316-324)

Інформаційні ресурси

Дистанційний курс Google Classroom:

<https://classroom.google.com/c/NjYxNTgxNDk5NTM3?cjc=4736q2p>

Навчальний контент

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Проведення лекцій з освітньої компоненти проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При проведенні лекцій застосовуються засоби для

відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<u>Вступ. Мета за завдання курсу.</u> <u>Основи механіки суцільного середовища.</u> Основні поняття, рівняння та співвідношення механіки суцільного середовища. Представлення руху матеріального континууму. Система відліку спостерігача. Індивідуалізація точок матеріального континууму. Підходи Лагранжа та Ейлера до вивчення руху суцільного середовища.
2	<u>Теорія напружень.</u> Тензор напружень. Інваріанти тензора напружень. Геометричне представлення тензора напружень. Рівняння рівноваги матеріального континууму.
3	<u>Закони збереження в механіці матеріального континууму. Елементи термодинаміки суцільного середовища.</u> Поняття моделі суцільного середовища. Фізична та механічна поведінка середовища, що деформується. Рівняння стану. Діаграма механічної поведінки середовища, що деформується. Прості моделі суцільного середовища. Ідеальне середовище (ідеальна рідина або газ). В'язка рідина. Пружне середовище. Жорстко-пластичне середовище.
4	<u>Постановка задач механіки суцільного середовища.</u> Загальні принципи постановки задач. Вибір системи відліку та системи координат. Вибір моделі суцільного середовища. Складання системи рівнянь. Початкові та граничні умови. Постановка задачі механіки ідеальної рідини та газу, в'язкої рідини.
5	<u>Фізичні особливості процесів деформування та руйнування твердих тіл.</u> Механічні явища у твердих тілах. Теоретична міцність ідеального кристала. Дефекти кристалічної ґратки. Дислокації в теорії пластичного руйнування. Класифікація типів руйнування.
6	<u>Лінійна механіка руйнування.</u> Напружено-деформований стан у вершині тріщини. Класичні умови крихкого руйнування та розповсюджень тріщин. Кінематика крихкої тріщини відриву. Масштабний ефект статистичної та енергетичної природи.
7	<u>Характеристики опору крихкому та в'язкому руйнуванню.</u> Динамічна твердість. Тріщиностійкість. Критерії руйнування при змішаному руйнуванні і в області текучості. Показники динамічної тріщиностійкості.
8	<u>Елементарна теорія ударних хвиль.</u> Основні залежності. Плоско-пряма ударна хвиля. Коса ударна хвиля. Акустична теорія ударних хвиль.
9	<u>Теорія детонаційної хвилі.</u> Явища детонації основи гідродинамічної теорії. Розрахунок параметрів детонаційних хвиль в газових системах та в конденсованих вибухових речовинах.
10	<u>Рівняння стану та ізоентропи продуктів детонації конденсованих вибухових речовин.</u> <u>Чутливість вибухової речовини до зовнішньої дії.</u>
11	<u>Передача детонації через різні середовища.</u> Детонація в зарядах ВР при взаємодії з високошвидкісними ударниками та кумулятивними струменями
12	<u>Сучасний стан і проблеми визначення та керування напружено-деформованим станом зварних конструкцій.</u>

	<i>Залишкові напруження зварних конструкцій. Методи керування залишковими напруженнями зварних конструкцій. Експериментальні методи визначення напружено-деформованого стану зварних конструкцій.</i>
13	<i>Математичні методи визначення напружено-деформованого стану зварних конструкцій. Метод визначення напружено-деформованого стану зварних конструкцій при застосуванні динамічної складової електродинамічної обробки</i>
14	<i><u>Експериментальна оцінка ефективності застосування електродинамічної обробки зварного з'єднання в умовах підвищених температур.</u></i> <i>Експериментальне визначення параметрів НДС зварного з'єднання при застосуванні ЕДО в умовах попереднього підігріву. Експериментальне визначення параметрів НДС зварного з'єднання при застосуванні ЕДО в процесі його створення.</i>
15	<i><u>Математичне моделювання процесу деформування силових елементів захисних вибухових камер.</u></i> <i>Методи оцінки напружено-деформованого стану та граничного стану силових елементів конструкції трубчастої вибухової камери та засобу для знешкодження саморобних вибухових пристроїв. Експериментальні дослідження процесу деформування корпусів контейнерів для знешкодження саморобних вибухових пристроїв.</i>
16	<i><u>Математичне моделювання процесів вибуху саморобних вибухових пристроїв, пов'язане з криміналістичною вибухотехнічною експертизою.</u></i> <i>Особливості застосування рівняння стану продуктів детонації під час проведення чисельного моделювання процесу вибуху саморобних вибухових пристроїв.</i>
17	<i><u>Доцільність використання методів комп'ютерного моделювання процесу вибуху саморобних вибухових пристроїв при проведенні судової вибухо-технічної експертизи.</u></i> <i>Чисельний метод оцінки наслідків вибуху заряду вибухової речовини в квартирі багатоповерхового житлового будинку.</i>
18	<i><u>Кінематичні параметри осколкового поля реактивних пострілів протитанкових гранатометів.</u></i> <i>Особливості створення скінченно-елементної моделі пострілу реактивної протитанкової гранати. Формування напрямків розльоту осколків корпусу реактивних протитанкових гранат.</i>

Практичні заняття

Основні завдання практичних занять – це використання одержаних на лекціях знань для вирішення практичних та теоретичних задач та закріплення теоретичного матеріалу.

№ з/п	Тема практичного заняття	Кількість ауд. годин
1.	<i><u>Основи кінематики матеріального континууму. Теорія деформацій. Тензор деформацій як характеристика деформованого стану матеріального континууму. Інваріанти тензора деформацій. Поняття рівняння сумісності деформацій. Тензор швидкостей деформацій.</u></i> <i><u>Закони збереження в механіці матеріального континууму</u></i> Рівняння нерозривності (Закон збереження маси). Рівняння руху (Закон збереження кількості руху). Баланс механічної енергії. Закон збереження енергії за наявності та відсутності теплових явищ. Перший та другий початки термодинаміки. Зворотні та незворотні процеси. Ентропія. <i><u>Модель пружно-пластичного середовища.</u></i> Деформаційна теорія пластичності (теорія малих пружно-пластичних деформацій). Критерій пластичності. Поверхня пластичності. Теорія пластичної течії. <i>Постановка задачі теорії пружності та динамічної взаємодії пружно-пластичних середовищ.</i>	2

2.	<i>Критерії міцності та пластичності ізотропних матеріалів. Основні принципи побудови критеріїв міцності та пластичності. Класифікація критеріїв міцності. Структурне та деформаційне зміцнення твердого середовища, що деформується. Механіка в'язкого руйнування та руйнування відколом.</i>	2
3.	<i>Ударні хвилі в твердих тілах. Ударна адіабата. Співвідношення Ренкіна-Гюгонію. Рівняння стану твердих тіл. Хвилі напружень у твердих тілах. Фазові переходи у твердих тілах. Механіка та морфологія високошвидкісного деформування. Руйнування матеріалів у хвилях розрідження.</i>	2
4.	<i>Початкові параметри ударних хвиль, що виникають при переміщенні продуктів детонації. Відбиття повітряної ударної хвилі від плоскої перешкоди. Початкові параметри ударних хвиль, що виникають при ударної взаємодії твердих тіл та при переході хвилі із одного середовища в інше.</i>	2
5.	<i>Вплив початкової швидкості електрода-ударника та його форми на НДС модельного зварного з'єднання після застосування ударної складової ЕДО. Вплив мідної підкладки-посередника, встановленої між модельним зварним з'єднанням та електродом-ударником, та величини початкового розтягу модельного зварного з'єднання на НДС з'єднання після застосування ударної складової ЕДО. Вплив температури модельного зварного з'єднання на його НДС після застосування ударної складової ЕДО.</i>	2
6.	<i>Чисельне моделювання процесу розльоту продуктів детонації та розповсюдження повітряних ударних хвиль при вибуху плоского заряду вибухової речовини кінцевих розмірів.</i>	2
7.	<i>Моделювання процесу деформування засобу локалізації вибуху саморобних вибухових пристроїв на борту літака</i>	2
8.	<i>Математична оцінка наслідків вибуху заряду вибухової речовини в квартирі багатоповерхового житлового будинку</i>	2
9.	<i>Математична оцінка формування напрямків розльоту осколків корпусу реактивних протитанкових гранат.</i>	2

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота здобувача вищої освіти протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, проведення розрахунків в рамках домашньої розрахункової роботи, підготовку до модульної контрольної роботи та до заліку.

Політика та контроль

7. Політика навчальної освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекційні та практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. Відвідування лекційних та практичних занять є обов'язковим.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається Положенням про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: виконання експрес-контрольних робіт, виконання модульної контрольної роботи, відповіді на лекціях та практичних заняттях.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 100 балів,

Умова допуску до заліку.

Для допуску до заліку студент повинен правильно виконати домашню розрахункову роботу, написати експрес-контрольні роботи та модульну контрольну роботу та кількість рейтингових балів не менше 40.

Рейтинг протягом семестру складається з балів, що студент отримує за:

- відповіді на лекціях;
- відповіді на практичних заняттях;
- виконання та захист домашньої розрахункової роботи;
- виконання експрес-контрольних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи;

$$R = r_{екр} + r_{мкр} + r_{лк} + r_{пр} + r_{дрр} = 20 + 30 + 10 + 10 + 30 = 100 \text{ балів.}$$

Якщо за семестр студент набирає понад 60 балів, то він отримує оцінку "автоматом".

Якщо сума балів за семестр менша за 60, студент виконує залікову контрольну роботу. У цьому разі сума балів за виконання залікової контрольної роботи додається до його поточного рейтингу.

Критерії нарахування балів:

1. Експрес-контролі з відповідних тем ($r_{екр}$) – 20 бали.

Ваговий бал за контрольну роботу – 5 балів. Бали за роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи.

Написання експрес-контролю за відведений час

- виконання завдань експрес-контролю в повному обсязі при без зауважень з боку викладача (не менше 90 % потрібної інформації) – 5 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 75 % – 4 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 50 % – 3 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 25 % – 2 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі менше 25 % – 0-1 балів, вимагає повторного захисту теми експрес-контролю.

2. Модульна контрольна робота – 30 балів ($r_{мкр}$)

Виконується у вигляді письмової роботи. Ваговий бал – **30 балів**. Передбачає розрахунок на визначення НДС конструкції при динамічному навантаженні.

- виконання завдань МКР в повному обсязі без зауважень з боку викладача (не менше 90 % потрібної інформації) – 25-30 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 75 % – 20-24 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі не менше 50 % – 15-19 балів;
- виконання завдань експрес-контролю в обсязі менше 50 % – 0-14 балів.

3. Відповіді на лекціях – 10 балів ($r_{лк}$)

Відвідування лекційних занять є обов'язковим.

Ваговий бал – **10 балів**. Визначається із розрахунку, що здобувач дає правильні відповіді на запитання викладача за темою лекції на 5 лекціях за семестр, по 2 бала за кожену.

4. Практичні заняття – 10 балів ($r_{пр}$)

Відвідування практичних занять є обов'язковим.

Ваговий бал – **10 балів**. Визначається із розрахунку, що один студент активно працює на 5 практичних за семестр, по 2 бала за кожне заняття.

5. Домашня розрахункова робота – 30 балів ($r_{мкр}$)

Виконується у вигляді письмової роботи. Ваговий бал – **30 балів**. Передбачає розрахунок на визначення НДС конструкції при динамічному навантаженні.

- виконання завдань домашньої розрахункової роботи (ДРР) в повному обсязі без зауважень з боку викладача (не менше 90 % потрібної інформації) – 25-30 балів;
- виконання завдань ДРР в обсязі не менше 75 % – 20-24 балів;
- виконання завдань ДРР в обсязі не менше 50 % – 15-19 балів;
- виконання завдань ДРР в обсязі менше 50 % – 0-14 балів.

Додаткові (заохочувальні) бали (до 10 балів за семестр) студенти можуть отримати за:

- $r_{лк-д}$ - вірні відповіді на лекціях. Визначається із розрахунку, що студент дає правильні відповіді на запитання викладача за темою лекції на 5 лекціях за семестр, по 1 балу за кожену (до 5 балів за семестр);
- $r_{пр-д}$ - вірні відповіді на практичних заняттях. Визначається із розрахунку, що студент дає правильні відповіді на запитання викладача за темою лекції на 5 лекціях за семестр, по 1 балу за кожену (до 5 балів за семестр).

Семестровий контроль: залік.

На заліку студенти мають відповісти письмово на 2 теоретичних питання. Кожне теоретичне питання контрольної оцінюється у **10 балів**. Таким чином, кількість балів, яку студент може отримати за вірно вирішену залікову контрольну роботу становить **20 балів**.

Кожне теоретичне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:

- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 17-19 балів (не менше 90% потрібної інформації);
- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 12-16 балів (не менше 75% потрібної інформації);
- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 9-11 балів (не менше 50% потрібної інформації);
- відповідь на запитання з незначними помилками або зауваженнями – 1-8 балів (менше 50% потрібної інформації);
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Підсумкова оцінка визначається згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно

94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог робочої програми. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час календарного контролю.

9. Додаткова інформація з освітньої компоненти

- Перелік матеріалів, якими дозволено користуватись під час заліку – під час заліку здобувачу вищої освіти заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та літературу. За порушення вимог студенти усуваються від заліку.
- Під час написання МКР здобувач вищої освіти має право скористатись власними роботами (конспектами).

Робочу програму освітньої компоненти (силабус):

Складено професором кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів, д.т.н., проф. Сидоренком Юрієм Михайловичем.

Ухвалено

кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 10 від 27.03.2025 р.)

Погоджено

Методичною комісією навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту (Протокол № 9 від 25.04.2025 р.)