

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної та прикладної механіки



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана

з навчальної роботи

Харитонов О.М.

серпень 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Прикладний векторний аналіз у задачах механіки
для студентів

| | |
|------------------|-------------------------------|
| галузь знань | 11 «Математика та статистика» |
| спеціальність | 113 «Прикладна математика» |
| освітній рівень | другий (магістр) |
| освітня програма | «Комп'ютерна механіка» |
| вид дисципліни | обов'язкова |

| | |
|--|------------|
| Форма навчання | денна |
| Навчальний рік | 2020/2021 |
| Семестр | 2 |
| Кількість кредитів ECTS | 3 |
| Мова викладання, навчання та оцінювання | українська |
| Форма заключного контролю | залік |

Викладачі: Зражевський Григорій Михайлович, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки


Пролонговано: на 20²¹/20²² н.р. (Харитонов О.М.) «31» серпня 20²¹ р.
на 20²²/20²³ н.р. () « » 20²² р.

КИЇВ – 2020

Розробник: Зражевський Григорій Михайлович, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки

ЗАТВЕДЖЕНО

Зав. кафедри теоретичної та прикладної механіки



(підпис)

Жук Я.О.

Протокол №1 від 28 серпня 2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол від "31" серпня 2020 року № 1

Голова науково-методичної комісії  професор, д.ф.-м.н. Олійник А.С.

1. Мета дисципліни – оволодіння сучасними методами, теоретичними положеннями та основними застосуваннями векторного аналізу в задачах механіки, отримання практичних навичок в використанні формалізму векторних та тензорних операцій в класичних моделях сучасної механіки, використання інваріантних об'єктів при математичному описі механічних моделей.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:

1. *Знати:* основні поняття та методи класичного математичного аналізу, аналітичної та диференціальної геометрії, основні гіпотези та моделі теоретичної механіки, механіки суцільних середовищ, гідромеханіки та теорії пружності.
2. *Вміти:* застосовувати класичні методи та формули математичного аналізу та геометрії при формулюванні та дослідженні математичних формулювань механічних моделей, формалізувати фізичні моделі механіки та формулювати математичні постановки задач.
3. *Володіти елементарними навичками:* математичних перетворень, формалізації механічних моделей при побудові математичних постановок задач.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Прикладний векторний аналіз у задачах механіки» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 11 математика та статистика зі спеціальності 111 математика освітньої програми «Комп'ютерна механіка». Дана дисципліна є обов'язковою. У програмі курсу розглядаються такі фундаментальні поняття математики, як векторні функції скалярного аргументу, скалярні та векторні поля, потенціальні векторні поля, градієнт, лінійний інтеграл, дивергенція, потік вектора через поверхню, оператор Гамільтона, циркуляція вектора вздовж контуру, вихор, диференціальні операції другого порядку над векторами, набла формалізм, криволінійні координати, нестационарні векторні поля, афінний тензор.

Викладається у 2-му семестрі 1-го курсу в обсязі **90 год. (3 кредити ECTS¹)** зокрема: *лекції – всього 14 год., практичні 14 год., консультації – 2 год., самостійна робота – 60 год..* У курсі передбачено 1 змістовний модуль та 1 модульна контрольна робота. Завершується дисципліна **заліком**.

4. Завдання (навчальні цілі):

ознайомлення студентів з: математичною та механічною термінологією, що пов'язана з векторним аналізом, принципом інваріантності векторних та тензорних об'єктів щодо їх опису, інваріантним описом математичних та механічних понять та операціями над ними, прикладами використання векторного аналізу в основних теоремах та рівняннях диференціальної геометрії, класичної механіки, механіки суцільного середовища, формалізацією та узагальненням диференціальних та інтегральних операцій на випадок скалярних, векторних та тензорних полів, основними принципами векторного та тензорного формалізму, його правил та обмежень, формування здатності розв'язувати складні задачі та практичні проблеми у математиці або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів математики та механіки і характеризується комплексністю умов, набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у математиці, відповідно до освітнього рівня «Магістр». Зокрема, професійне оволодіння компетентностями:

- 1) Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від прикладної математики (ЗК-1);
- 2) Здатність використовувати у професійній діяльності знання з галузей математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук (ЗК-2);

¹ кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

- 3) Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу (ЗК-3);
- 4) Здатність до пошуку, оброблення й аналізу інформації з різних джерел, необхідної для розв'язування наукових і професійних завдань (ЗК-4);
- 5) Здатність генерувати нові ідеї (ЗК-5);
- 6) Здатність розробляти проекти та управляти ними (ЗК-6);
- 7) Здатність до виконання дослідницької роботи з елементами наукової новизни (ЗК-7);
- 8) Здатність спілкуватися державною мовою і усно, і письмово (ЗК-8);
- 9) Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування (ЗК-10);
- 10) Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність (ЗК-11);
- 11) Здатність відповідально приймати рішення з урахуванням соціальних та етичних цінностей і правових норм (ЗК-12);
- 12) Здатність усвідомлювати й враховувати соціокультурні розбіжності у професійній діяльності, проявляти толерантність до різних культур (ЗК-13).
- 13) Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері прикладної математики і комп'ютерної механіки та їх практичних застосувань (ФК-1);
- 14) Здатність до використання принципів, методів та організаційних процедур дослідницької та/або інноваційної діяльності (ФК-3);
- 15) Спроможність розуміти проблеми та виділяти їхні суттєві риси (ФК-4);
- 16) Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти (ФК-5);
- 17) Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців (ФК-6);
- 18) Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
- 19) Здатність управляти стратегічним розвитком команди в процесі здійснення професійної діяльності (ФК-9);
- 20) Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері прикладної математики (ФК-10);

5. Результати навчання за дисципліною:

| Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація.) | | Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання | Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності) | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|--|--|--|--|--|
| Код | Результат навчання (Формуються розробником) | | | |
| РН 1.1 | Знати основні поняття векторного аналізу, основні операції над векторними функціями скалярного аргументу та їх застосування в диференціальній геометрії та класичній механіці, основні поняття скалярних та векторних полів, операції над ними, поверхні рівня та векторні лінії на прикладах класичної механіки та математичного аналізу. | Лекція, практичне заняття | Залік, активна робота на лекції, усні відповіді, модульна контрольна робота (60% правильних відповідей), виконання завдань, винесених на самостійну роботу | 12% |
| РН 1.2 | Знати градієнт функції скалярного поля, лінійний інтеграл та циркуляція векторного поля, потенціальні векторні поля, критерій потенціальності, інваріантні означення похідної векторної функції за напрямком, градієнту векторної функції по вектору, потоку векторної функції через поверхню, дивергенції, вихору та теореми, що з ними пов'язані | | | 12% |
| РН 1.3 | Знати інваріантні означення похідної векторної функції за напрямком, градієнту векторної функції | | Залік, активна робота на лекції, | 10% |

| | | | | |
|---------|--|---|---|------|
| | по вектору, потоку векторної функції через поверхню, дивергенції, вихору та теореми, що з ними пов'язані, оператор Гамільтона та гамільтонів формалізм для диференціальних операцій вищого порядку, змінні векторні поля та їх застосування в механіці суцільного середовища. | | <i>усні відповіді, модульна контрольна робота (60% правильних відповідей)</i> | |
| PH 1.4 | Знати криволінійні координати, ортогональний криволінійний базис, операції градієнту, дивергенції та вихору в ортогональних криволінійних координатах, основні поняття, що стосуються афінних ортогональних тензорів, основні операції над ними, застосування афінних тензорів в класичній механіці та теорії пружності. | | | 10% |
| PH 2.1 | Вміти використовувати методи векторного аналізу в усіх розділах механіки та математики, виконувати основні дії з векторними функціями скалярного аргументу в задачах механіки, знаходити градієнт функції скалярного поля, рахувати лінійний інтеграл та циркуляцію векторного поля, знаходити похідну векторної функції за напрямком, градієнт векторної функції по вектору, потік векторної функції через поверхню, дивергенцію векторного поля, вихор. | <i>Практичне заняття, самостійна робота</i> | <i>Модульна Контрольна робота (60% правильних відповідей), розв'язання задач на практичних заняттях, виконання завдань, винесених на самостійну роботу, залік</i> | 19%7 |
| PH 2.2 | Вміти використовувати теореми Гауса, Стокса, формули Гріна для побудови формальних математичних моделей всіх розділів механіки та при отриманні слабкого формулювання інтегральних рівнянь для граничних задач. | | | 17% |
| PH 2.3 | Вміти використовувати основні поняття змінних векторних полів при розв'язанні задач механіки, знаходити похідні по рідкому об'єму, використовувати ортогональний криволінійний базис при виконанні диференціальних та інтегральних операцій, оперувати афінними тензорами в інваріантному та компонентному представленнях, перетворювати компоненти псевдо-тензора при афінному перетворенні координатної системи, отримувати компонентне представлення тензора в не афінних системах координат. | | | 8% |
| PH 3.1 | Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування | <i>Лекція, практичне заняття</i> | <i>Активна робота на лекції, практичних заняттях, усні відповіді</i> | 4% |
| PH 3.2. | Вироблення навиків командної роботи | | | 4% |
| PH 4.1 | Самостійно шукати та критично опрацьовувати літературу із відповідних досліджень, вільно володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації | <i>Самостійна робота</i> | <i>Виконання завдань винесених на самостійну роботу</i> | 2% |
| PH 4.2 | Виробляти критичне відношення до існуючих варіантів інтерпретації і вирішення моральних дилем, морально-професійних і морально-психологічних проблем і конфліктів, в сучасних практиках професійної і корпоративної діяльності; формувати власні підходи до вирішення даної проблематики | | | 2% |
| PH 4.3 | Усвідомлювати відповідальність за достовірність, об'єктивність та політико-ідеологічну незаангажованість отриманих висновків стосовно проведених досліджень і пояснень щодо аналізу професійних і корпоративних культур | | | 2% |

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

| Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання | PH 1.1 | PH 1.2 | PH 1.3 | PH 1.3 | PH 2.1 | PH 2.2 | PH 2.3 | PH 3.1 | PH 3.2 | PH 4.1 | PH 4.2 | PH 4.3 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| КС 3 формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів; | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| ЦМС 1 виявляти здатність до самонавчання та професійного розвитку; | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ЦМС 2 уміти організувати власну діяльність та одержувати результат у рамках обмеженого часу; | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ЦМС 3 демонструвати навички взаємодії з іншими людьми, уміння працювати в групах, управління конфліктами та стресами; | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| ЦМС 4 уміти здійснювати збір, опрацювання, аналіз, систематизацію науково-технічної інформації, уникаючи при цьому плагіату; | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ЦМС 5 ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом; | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| ЦМС 7 демонструвати навички професійного спілкування, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та принаймні ще однією з поширених європейських мов. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. *Активна робота на лекції, усні відповіді:* РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН3.1, РН3.2 – 12 балів/7 балів;
 2. *Виконання завдань, винесених на самостійну роботу:* РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН2.2, РН4.1, РН4.2, РН4.3 – 10 балів/5 бали
 3. *Модульна контрольна робота:* РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН2.3 – 20 балів/12 балів;
 5. *Розв'язання задач на практичних заняттях:* РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН3.1, РН3.2, – 18 балів/11 балів;
- Разом має бути 60 балів/35 балів;

- підсумкове оцінювання: залік.

- *максимальна кількість балів, які можуть бути отримані:* 40 балів;
- *результати навчання, які будуть оцінюватись:* РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН2.3;
- *форма проведення і види завдань:* письмова робота та усна співбесіда.

7.2. Організація оцінювання:

Активна робота на лекціях передбачає присутність на лекції, уважне прослуховування лекційного матеріалу, відповіді на питання, що задаються лектором під час лекції, задання питань лектору з метою роз'яснення матеріалу, участь в дискурсах, що ініціюються лектором, чи слухачами на протязі лекції, коментування матеріалу лекції та оцінка якості донесення матеріалу лектором.

Самостійна робота передбачає виконання завдань, що надаються лектором, пошук та робота з додатковою літературою по заданій темі, читання наукової та науково-популярної літератури.

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання впродовж семестру становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів ніж рекомендований мінімум **35** балів для підвищення балів отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та доскласти домашні завдання. Студенти, які набрали впродовж семестру та за рахунок додаткових етапів оцінювання сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – **20** балів, до складання заліку не допускаються.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі форм контролю здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка” (2018), <http://www.univ.kiev.ua/pdfs/official/Organization-of-the-educational-process.pdf>.

Форма заліку – письмово-усна. Білет заліку складається із 4 завдань, перші два з яких є теоретичними, два інших – задачі. Теоретичні завдання оцінюються від 0 до 7 балів кожне, практичні завдання оцінюються від 0 до 10 балів кожне. Додатково від 0 до 6 балів студент отримує за усне опитування. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів. Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 24 бали.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. *Модульна контрольна робота:* на 5-му тижні семестру.
2. *Оцінювання завдань самостійної роботи за РН1.1, РН1.2, РН2.1 на 3-му тижні, за РН2.2 на 6 тижні семестру*

7.3. Шкала відповідності оцінок

| | |
|----------------------------------|--------|
| Відмінно / Excellent | 90-100 |
| Добре / Good | 75-89 |
| Задовільно / Satisfactory | 60-74 |
| Незадовільно / Fail | 0-59 |

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

| теми | Назва теми | Кількість годин | | | | | |
|---------------------------|---|-----------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | | Лекції | Лабораторні заняття | Практичні заняття | Самостійна робота | Модульна контрольна | Інші форми контролю |
| Змістовий модуль 1 | | | | | | | |
| 1 | Функції скалярного та векторного аргументу | 4 | | 4 | 25 | | |
| 2 | Скалярні та векторні поля | 6 | | 6 | 25 | 2 | |
| 3 | Афінні тензори | 4 | | 4 | 10 | | |
| Всього годин за семестр | | 14 | | 14 | 60 | 2 | |

Загальний обсяг 90 годин, у тому числі:

лекції – 14 годин,
 практичні - 14 годин,
 консультації – 2 години,
 самостійна робота – 60 годин.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Н.Е. Кочин Векторное исчисление и начала тензорного анализа. – М.: Наука, 1965.
2. М.А. Разумова, В.М. Хотяїнцев. Основи векторного і тензорного аналізу. – К: Київський університет, 2011.
3. И.С. Сокольников Тензорный анализ. Теория и применения в геометрии и в механике сплошных сред. – М: Наука, 1971.
4. М.Л. Краснов, и др. Векторный анализ: Задачи и примеры с подробными решениями. – М: Едиториал УРСС, 2002.

Додаткові:

1. A.I. Borisenko and I.E. Tarapov Vector and Tensor Analysis with Applications. – New York: Dover Publications, Inc, 1968.
2. А.Дж. Мак-Коннел Введение в тензорный анализ. С приложениями к геометрии, механике и физике. – М: Наука, 1963