


Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»



Кафедра інжинірингу та дизайну в машинобудуванні

СИЛАБУС
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Аналітична механіка та міцність машин»

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Освітній рівень.....	Доктор філософії
Статус.....	Вибіркова фахова
Загальний обсяг	8 кредитів ECTS (240 годин)
Форма підсумкового контролю	диференційований залік
Заняття:	5,6,7 чверті
Мова викладання	українська
Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»	https://do.nmu.org.ua/enrol/index.php?id=1623
Консультації:	За окремим розкладом
Викладачі: лекції	Заболотний Костянтин Сергійович , завідувач кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, д-р. техн. наук Персональна сторінка: https://gmi.nmu.org.ua/ua/kadrj/zabolotniy.php E-mail: zabolotnyi.k.s@nmu.one
	

Пролонговано: на 20__/20__ н.р._____(_____) «__»

20_р. (підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р._____(_____) «__»

20_р.

Дніпро
НТУ «ДП»
2020

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
1. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	3
2. ЗАВДАННЯ КУРСУ	3
3. РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ	3
4. СТРУКТУРА КУРСУ	4
5. ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА/АБО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	7
6. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИМОГИ	8
7. ПОЛІТИКА КУРСУ.....	8
8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....	10
9. ВІДОМОСТІ ПРО ВИКЛАДАЧІВ	11

АНОТАЦІЯ

Для того щоб орієнтуватися світі техніки, що в безперервно оновлюється, фахівець з проектування та конструювання машин, повинен мати спеціальну підготовку в області моделювання матеріальних об'єктів, методів аналітичної механіки, механіки деформованого твердого тіла, теорії пружності і пластичності.

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни – навчити розробляти і реалізовувати комплексні математичні моделі технічних об'єктів галузевого машинобудування, проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

2 ЗАВДАННЯ КУРСУ:

Навчити аспіранта, використовуючи методи аналітичної механіки, скласти диференціальні рівняння руху будь-механічної системи, а на основі знань опору матеріалів, теорії пружності та пластичності, розраховувати конструкції на міцність, жорсткість і стійкість, визначати раціональні параметри технічних об'єктів галузевого машинобудування.

3. РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

В результаті вивчення даної дисципліни у аспірантів сформуються вміння і навички застосовувати вивчені методи при самостійному вирішенні теоретичних і практичних завдань в області моделювання технічних об'єктів будь-якого ступеня складності, що дозволить майбутньому досліднику обґрунтувати параметри досліджуваних технічних об'єктів

4. СТРУКТУРА КУРСУ

Лекції

<p>1. ОСНОВИ АНАЛІТИЧНОЇ МЕХАНІКИ. Основні поняття і принципи аналітичної статичної й динаміки. Механічні в'язі і їх класифікація. Можливі переміщення. Можлива робота. Ідеальні в'язі. Принцип можливих переміщень.</p>
<p>2. Загальне рівняння динаміки. Рівняння рівноваги і руху механічної системи в узагальнених координатах. Число степенів вільності. Узагальнені координати й узагальнені швидкості. Узагальнені сили і способи їх визначення. Рівняння рівноваги механічної системи в узагальнених координатах.</p>
<p>3. Диференціальні рівняння руху механічної системи узагальнених координатах -рівняння Лагранжа другого роду. Рівняння Лагранжа другого роду для консервативних систем. Методика розв'язання задач динаміки з використанням рівнянь Лагранжа другого роду.</p>
<p>4. МАЛІ КОЛИВАННЯ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ЗІ СКІНЧЕННИМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНІВ ВІЛЬНОСТІ. Малі коливання механічної системи навколо положення її стійкої рівноваги. Визначення положень рівноваги. Стійкість положення рівноваги. Визначення стійкості положення рівноваги консервативної системи. Теорема Лагранжа - Діріхле. Критерій Сільвестра. Виразження кінетичної енергії системи через узагальнені координати й швидкості. Малі коливання консервативної системи з одним ступенем вільності навколо положення стійкої рівноваги. Вплив сил опору на малі коливання консервативної системи з одним ступенем вільності навколо положення стійкої рівноваги. Малі вимушені коливання механічної системи з одним ступенем вільності навколо положення стійкої рівноваги. Випадок довільної збурюючої сили. Випадок гармонійної збурюючої сили. Коефіцієнт динамічності при дії гармонійної збурюючої сили. Малі коливання механічних систем зі скінченним числом степенів вільності навколо положення стійкої рівноваги. Вільні коливання консервативної системи з двома ступенями вільності. Вимушені коливання системи з двома ступенями вільності. Динамічний гаситель коливань. Коливання систем зі скінченним числом степенів вільності. Методи захисту від вібрацій.</p>
<p>5. МАЛІ КОЛИВАННЯ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ. Поздовжні коливання прямих стержнів (балок). Диференціальне рівняння руху елемента стержня при вільних коливаннях. Розв'язання диференціального рівняння вільних поздовжніх коливань стержня. Граничні умови. Приклади розрахунку поздовжніх коливань пружного стержня. Поперечні коливання прямих стержнів (балок). Диференціальне рівняння руху елемента стержня. Розв'язання диференціального рівняння вільних поперечних коливань стержня. Граничні умови. Приклад розрахунку власних частот і форм поперечних коливань пружного стержня. Вимушені поперечні коливання стержня. Наближені методи визначення власних частот поперечних коливань стержнів. Метод Релея (енергетичний метод). Метод Донкерлі (метод «зведення» мас). Прик-</p>

лад розрахунку основної частоти поперечних коливань стержня з приєднаними масами. Вільні коливання пружних пластин і оболонок. Вільні поперечні коливання пластини. Поперечні коливання пластини з шарнірно (вільно) обпертими краями. Вільні коливання колової циліндричної оболонки з вільно (шарнірно) обпертими торцями.

6. ОСНОВИ ТЕОРІЇ УДАРУ. Елементарна теорія удару. Основні визначення і рівняння теорії удару матеріальної точки. Гіпотеза Ньютона про коефіцієнт відновлення при ударі. Загальні теореми теорії удару механічної системи. Теорема про зміну кількості руху механічної системи при ударі. Теорема про зміну моменту кількості руху механічної системи при ударі. Теорема про зміну кінетичної енергії механічної системи при ударі (теорема Карно). Поняття про центр удару

7. Основи теорії напруженого та деформованого стану. Визначення понять «міцність», «жорсткість», «стійкість».

Гіпотези щодо властивостей матеріалів. Класифікація зовнішніх сил. Гіпотези щодо характеру деформацій. Форми об'єктів вивчення. Внутрішні сили. Метод перерізів. Загальний і часткові випадки напруженого стану елементів конструкцій. Деформації та напруження. Розтягання і стискання. Характер зовнішніх сил, які спричиняють розтягання прямого бруса. Внутрішні сили, напруження та деформації. Закон Гука. Модуль Юнга. Умови міцності за нормальних напружень. Коефіцієнт поперечної деформації. Експериментальне вивчення властивостей матеріалів. Діаграма розтягання. Діаграма стискання. Допустимі напруження. Коефіцієнт запасу міцності. Типи розрахунків стрижнів на міцність: перевірний, проектний, визначення вантажопідйомності. Статично невизначувані конструкції та задачі. Типи статично невизначуваних задач за умовами сумісності переміщень. Температурні та монтажні напруження. Властивості статично невизначуваних систем.

8. Деформації зсуву і кручення. Геометричні характеристики плоских перерізів. Статичні моменти площин. Центр ваги перерізу складної форми. Моменти інерції плоских фігур: осьові, відцентрові, полярні. Моменти інерції відносно паралельних осей. Залежність між моментами інерції за повороту координатних осей. Головні осі інерції. Властивості головних осей інерції. Зсув. Характер зовнішніх сил, які спричиняють деформацію зсуву. Внутрішні сили, напруження та деформації. Розрахунок заклепочних з'єднань на зсув, зминання та розрив. Гіпотези, покладені в основу розрахунків. Умови міцності за напруженнями зсуву. Кручення. Характер зовнішніх сил, які спричиняють деформацію кручення бруса. Внутрішні силові фактори, напруження та деформації. Формули для визначення дотичних напружень і кутів закручування. Розрахунок міцності та жорсткості валів. Рациональні форми перерізів валів. Деформація згинання. Згинання. Основні поняття. Види опор балок та їх реакції. Характер зовнішніх сил, які спричиняють згинання прямого бруса. Внутрішні силові фактори. Правила знаків для визначення перерізувальних сил та згинальних моментів. Диференційні залежності між розподіленим навантаженням, перерізувальними силами та зги-

нальними моментами під час згинання. Побудова епюр поперечних сил і згинальних моментів у перерізах балки. Нормальні напруження за чистого згинання бруса. Умови міцності за нормальних напружень. Раціональні форми перерізів балки. Дотичні напруження за 5 згинання. Формула Журавського. Умови міцності за дотичних напружень. Розподіл нормальних і дотичних напружень у балках із прямокутним і двотавровим перерізами. Диференційне рівняння зігнутої осі балки. Визначення прогину та кута повороту перерізу балки. Визначення переміщень у балках за методом безпосереднього інтегрування.

9. Визначення переміщень у балках за методом початкових параметрів. Умови жорсткості. Розрахунок статично невизначуваних балок. Складний опір. Стійкість стиснутих стрижнів Складний опір Згинання з розтяганням (стисканням) прямого бруса. Нормальні напруження в довільній точці перерізу під дією поздовжнього та поперечного навантаження. Позацентрове розтягання (стискання) прямого бруса. Характер зовнішніх сил, які спричиняють деформацію розтягання із стисненням. Внутрішні сили та напруження в довільній точці перерізу. Рівняння нейтральної лінії. Умови міцності. Ядро перерізу. Згинання з крутінням. Характер зовнішніх сил, які спричиняють деформацію згинання з крученням прямого бруса. Внутрішні силові фактори, епюри напружень. Напруження в довільній точці перерізу. Умови міцності за третьою та четвертою теоріями міцності. Визначення зведених моментів. Приклад розрахунку вала на згинання з крутінням. Косий згин. Характер зовнішніх сил, які спричиняють деформацію косоного згину. Внутрішні силові фактори. Епюри поперечних сил і згинальних моментів у вертикальній та горизонтальних площинах. Нормальні напруження в довільній точці перерізу. Рівняння нейтральної лінії. Умови міцності за нормальних напружень. Повний прогин перерізу. Умова жорсткості. Стійкість стиснутих стрижнів Стійка та нестійка пружна рівновага. Визначення стійкості. Приклади втрати стійкості брусом, пластиною, оболонкою. Актуальність розрахунків на стійкість. Умова стійкості. Формула Ейлера для визначення критичної сили стиснутого стрижня. Вплив умов закріплення кінців стрижня на значення критичної сили. Поняття про втрату стійкості за напружень, що перевищують межу пропорційності. Розрахунки на стійкість (приклади). Добір матеріалів і раціональних форм поперечних перерізів для стиснутих стрижнів.

10. Загальні теореми пружних систем. Метод сил. Загальні методи визначення переміщень. Узагальнені сили і переміщення. Робота зовнішніх сил. Робота внутрішніх сил. Теореми взаємності робіт і переміщень. Загальна формула для визначення переміщень у пружних б системах. Метод Мора. Потенціальна енергія деформації. Теорема Кастільяно. Приклади застосування загальних теорем пружних систем. Статично невизначувані системи. Метод сил. Основні поняття та визначення. Етапи розрахунку статично невизначуваної системи. Основна система, еквівалентна система. Розрахунок статично невизначуваних балок. Канонічні рівняння методу сил. Головні коефіцієнти канонічних рівнянь. Приклади розрахунків статично невизначуваних рам. Основи теорії напруженого та деформованого стану. Критерії міцності. Основи теорії напруженого та деформованого стану Напруження в точці. Закон парності дотичних напружень. Головні

площини і головні напруження. Лінійний напружений стан. Плоский напружений стан. Пряма задача у плоскому напруженому стані. Зворотна задача у плоскому напруженому стані. Об'ємний напружений стан. Напруження на довільній площині. Деформації за об'ємного напруженого стану. Узагальнений закон Гука. Потенційна енергія деформації. Критерії міцності Завдання теорій міцності. Поняття еквівалентних напружень. Перша, друга, третя та четверта теорії міцності. Поняття про нові теорії міцності.

Практичні заняття

ПРАКТИЧІ ЗАНЯТТЯ
Методика та приклади розв'язання задач за допомогою принципу Д'Аламбера для системи матеріальних точок.
Методика та приклади розв'язання задач за допомогою загального рівняння динаміки.
Методика та приклади розв'язання задач за допомогою принципу можливих переміщень
Застосування принципу можливих переміщень до визначення реакцій в'язей
Методика та приклади розв'язання задач за допомогою рівняння Лагранжа другого роду
Приклади розв'язання транспортних задач на підставі застосування елементів аналітичної механіки
Приклади розв'язання задач на коливання системи.
Приклади розв'язання задач на теорія удару
Методика рішення задач на визначення напружено-деформованого стану механічних систем

5. ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА/АБО ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

На лекційних заняттях обов'язково мати з собою гаджети зі стійким інтернетом. Активованій акаунт університетської пошти на Офіс365. Інстальовані на гаджетах програми для перегляду інтернет-сайтів, текстових документів. Інстальовані на гаджетах програми для перегляду pdf-файлів та djvu-файлів (наприклад, <https://get.adobe.com/ua/reader/>, <http://djvu.org/resources/>).

6.СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИМОГИ

Форма підсумкового контролю – диференційований залік.

Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
0-59	незадовільно

Критерії оцінювання підсумкової роботи

10 тестових завдань з чотирма варіантами відповідей, **1** правильна відповідь оцінюється у **10 балів (разом 100 балів)**. Опитування за тестом проводиться з використанням технології Microsoft Forms Office 365.

7. ПОЛІТИКА КУРСУ

Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка".

http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

Комунікаційна політика

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

Політика щодо перескладання

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу відділу аспірантури та докторантури за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо оскарження оцінювання

Якщо здобувач освітнього рівня «доктор філософії» не згоден з оцінюванням його знань, він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

Відвідування занять

Для здобувачів освітнього рівня «доктор філософії» денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач освітнього рівня «доктор філософії» має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

Бонуси

Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії здобувача освітнього рівня «доктор філософії» буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (Microsoft Forms Office 365), які буде розіслано на ваші університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою вашої навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати ваші пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни «Методи віртуального моделювання технологічних процесів машин». За участь у анкетуванні здобувач вищої освіти отримує **4 бали**.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1 Павловський М.А., Заплатний В.І. Аналітична механіка: Навч.посібник. – К.: НМК ВШ, 1990. – 144с.

2 Путята Т.В., Фрадлін Б.Н. Методика розв'язування задач з теоретичної механіки. – К.: Рад. шк., 1955. – 368с.

3 Опір матеріалів. Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. За ред. Г. С. Писаренка — К.: Вища школа, 1993 .- 655 с. ISBN 5-11-004083-4.

4 Концепція підготовки інженерів у віртуальних технологіях SolidWorks: навчально-методичний посібник / П.І. Пілов, К.С. Заболотний, В.П. Франчук, О.В. Панченко ; М-во освіти і науки, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2009. – 35 с.

5 Методи віртуального моделювання технологічних процесів машин. Індивідуальні завдання для самостійної роботи аспірантів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» [Електронний ресурс] / К.С. Заболотний, О.В. Панченко. – Електрон. дан. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 1електрон. диск (CD-ROM). Систем. вимоги: ПК від 486 DX 66 МГц RAM 1616Мб; Windows 95,зв.

плата. – Загол. з етикетки диска

6 Методи віртуального моделювання технологічних процесів машин. Методичні вказівки для самостійного опрацювання фахової літератури аспірантом спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» [Електронний ресурс] / К.С. Заболотний, О.В. Панченко. – Електрон. дан. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 1 електрон. диск (CD-ROM). Систем. вимоги: ПК від 486 DX 66 МГц RAM 1616Мб; Windows 95, зв. плата. – Загол. з етикетки диска

7 Методи віртуального моделювання технологічних процесів машин. Методичні рекомендації до практичних занять для аспірантів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / К.С. Заболотний, О.В. Панченко. – Електрон. дан. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 1 електрон. диск (CD-ROM). Систем. вимоги: ПК від 486 DX 66 МГц RAM 1616Мб; Windows 95, зв. плата. – Загол. з етикетки диска

9. ВІДОМОСТІ ПРО ВИКЛАДАЧІВ

Заболотний Костянтин Сергійович

Освіта та кваліфікація: вища, закінчив у 1975 році Дніпропетровський гірничий інститут ім. Артема за фахом гірничі машини та комплекси, кваліфікація гірничий інженер механік.

Посада: завідувач кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, академік Підйомно-транспортної академії наук України.

Науковий ступінь та спеціальність: доктор технічних наук, спеціальність 05.15.16 – Гірничі машини.

Вчене звання: професор по кафедрі гірничих машин з 2001 р.

Сертифікат за програмою CSWP Certificate ID: C-4DUG2V8A83.

Напрямок наукової діяльності:

1. Оптимізація параметрів механічного устаткування на основі сучасних методів комп'ютерного моделювання й обчислювального експерименту.

2. Розробка розрахунково-інформаційних програмних комплексів для підприємств України.

Наукові та навчально-методичні видання:

<https://orcid.org/0000-0001-8431-0169>

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55218714400>

<https://publons.com/researcher/1789266/kostiantyn-zabolotnyi/>

<https://scholar.google.com.ua/citations?>

Кількість публікацій складає понад 230 друкованих праць, з них 6 монографій, 5 навчально-методичних посібників, 20 методичних рекомендацій, 20 патентів, 78 у фахових виданнях, 92 тез доповідей конференцій.

Контакти: кімната 5, будівля 2; тел. роб.: (0562) 469960; електронна пошта zabolotnyi.k.s@nmu.one