

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Факультет біотехнології і біотехніки

Інститут / факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан ФБТ
(назва інституту/факультету)

_____ О.М. Дуган
(підпис) (ініціали, прізвище)

«24» червня 2016 р.

АНАЛІТИЧНА МЕХАНІКА

(назва навчальної дисципліни)

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

підготовки бакалавр
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузі знань 0505 Машинобудування та матеріалообробка
(13 – Механічна інженерія)
(шифр і назва)

Спеціальності 6.050503 - Машинобудування (133 – Галузеве машинобудування)
(шифр і назва)

Спеціалізації Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв
(назва)

(шифр за ОПП ВВСП 2.2.6)

Ухвалено методичною комісією

ФБТ
(назва інституту/факультету)

Протокол від 24.06.2016 р. № 10

Голова методичної комісії
_____ Галкін О.Ю.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«24» червня 2016 р.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

професор, д.т.н., професор Карачун Володимир Володимирович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри біотехніки та інженерії
(повна назва кафедри)

Протокол від «08» червня 2016 року № 13

Завідувач кафедри

(підпис) В.М. Мельник
(ініціали, прізвище)

«30» червня 2016 р.

ВСТУП

Програму навчальної дисципліни аналітична механіка
складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавр
(назва ОКР)

Галузі знань 0505 машинобудування та матеріалообробка
(13 – Механічна інженерія)

Спеціальність 6.050503 - машинобудування (133 Галузеве машинобудування)

Спеціалізації Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки

Предмет навчальної дисципліни: вивчення варіаційних методів механіки для складання нелінійних диференціальних рівнянь механічних систем з одною, двома та більше ступенями вільності. Складання диференціальних рівнянь руху, не вводячи ідеальних в'язів. Вивчення засобів досліджень руху матеріальних систем та загальні методи інтегрування рівнянь динаміки.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні навчальних дисциплін циклу загальної підготовки, а саме - математика, фізика, механіка матеріалів і конструкцій, теорія механізмів і машин, деталі машин, теоретична механіка.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **здатностей:**

- вміння визначати ступені вільності систем,
- обрання узагальнених координат, швидкостей, узагальнених сил.
- вміння будувати абстрактні розрахункові схеми з наявного функціонуючого обладнання і здійснювати надалі перехід від абстрактних моделей до природи, формулюючи при цьому прогнозуємі її кінематичні особливості;
- коректно проводити операцію декомпозиції елементної бази обладнання на прості, класичні, моделі;
- визначити вектори кількості руху і моментів кількості руху у рухомій (неінерціальній) системі координат і абсолютній;
- безпомилково класифікувати діючі сили на внутрішні і зовнішні;
- обґрунтовувати наявність законів збереження і їх доцільності для подальшого аналізу кінематики обладнання;
- пояснювати на моделі слушність одержаних результатів і застосування їх на подальше для синтезу інваріаційних до зовнішніх впливів систем.
- вміння застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей та вузлів виробів машинобудування;
- здатність використовувати професійно профільовані знання, уміння і навички в галузі теоретичної механіки для рішення професіональних задач
- здатність розуміння функціональної спрямованості гнучких технологічних ліній, робототехнічних комплексі окремих маніпуляторів та приводів, здатність визначити засоби підвищення ефективності роботи обладнання
- «діяльність» + «об'єкт діяльності»;

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- методів механіки для складання нелінійних диференціальних рівнянь механічних систем з одною, двома та більше ступенями вільності.
- принципів побудови розрахункових схем елементів обладнання галузі;
- методів декомпозиції складних механічних систем на типові фрагменти;
- проведення класифікації діючих сил на внутрішні і зовнішні;
- переходу від векторної форми теорем динаміки до відповідної скалярної;
- аналізу побудованої розрахункової моделі на наявність і прояв законів збереження;
- чіткого розподілення абсолютного руху механічної системи на переносну і відносну складові;
- визначення особливостей кінематики механічних систем і аналіз шляхів її корекції.
- володіння загальними принципами механіки в інерціальних і неінерціальних системах координат,
- методів інтегрування рівнянь динаміки
- розуміння механізму врахування Даламберових і Ейлерових сил інерції при побудові аналітичного забезпечення розрахункових схем обладнання в цілому і його комплектуючих.

уміння:

- використовувати методи механіки для здійснення процедури декомпозиції реальних механізмів з наступним кількісним і якісним аналізом динаміки обладнання та окреслення умов виникнення локальних особливостей резонансної структури при дії кінематичних і силових зовнішніх збурень;
- використовуючи нормативно-технічну документацію і складові технологічного обладнання та устаткування фармацевтичної та мікробіологічної промисловості, за допомогою обладнання автоматизованого робочого місця будувати єдині технологічні лінії виробництва фармацевтичних препаратів;
- використовуючи нормативно-технічну документацію, за допомогою обладнання автоматизованого робочого місця планувати і організовувати експлуатацію, забезпечувати супроводження, догляд і ремонт технологічного обладнання та устаткування фармацевтичної та мікробіологічної промисловості.

досвід:

- здатність організувати процес конструювання та проектування виробів
- здатність організувати процес розрахунків обладнання
- здатність в будь-який момент часу за допомогою кінематичних схем знаходити швидкість руху ланки, точки, тіла
- здатність проводити патентні дослідження та розробляти нові схеми, механізми, агрегати для подання заявок на винахід чи корисні моделі

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 225 годин/7,5 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить кредитні модулі:

- 1) АНАЛІТИЧНА МЕХАНІКА
- 2) КУРСОВА РОБОТА.

Рекомендований розподіл навчального часу

| Форма навчання | Кредитні модулі | Всього | | Розподіл навчального часу за видами занять | | | | Семестрова атестація |
|----------------|-----------------|----------|-------|--|---------------------------------|---|-----|----------------------|
| | | кредитів | годин | Лекції | Практичні (семінарські) заняття | Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми) | СРС | |
| Денна | <i>Всього</i> | 7,5 | 225 | 36 | 36 | | 153 | |
| | 1 | 6,5 | 195 | 36 | 36 | | 123 | <i>екзамен</i> |
| | 2 | 1 | 30 | | | | 30 | <i>КР</i> |

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль 1. АНАЛІТИЧНА МЕХАНІКА

Розділ 1

Аналітична статика

Тема 1.1. Вступ. В'язі.

Тема 1.2. Віртуальні переміщення голономних систем.

Тема 1.3. Ідеальні в'язі.

Тема 1.4. Принцип віртуальних переміщень.

Тема 1.5. Узагальнені координати та узагальнені l сили.

Тема 1.6. Умови рівноваги в узагальнених l координатах.

Розділ 2

Аналітична динаміка

Тема 2.1. Загальне рівняння динаміки.

Тема 2.2. Рівняння Лагранжа II роду

Тема 2.3. Розрахункові моделі на складання рівнянь

Лагранжа II роду.

Тема 2.4. Особливості застосування рівнянь Лагранжа II роду до систем з неідеальними та неутримуючими в'язями.

Тема 2.5. Обчислення кінетичної енергії через узагальнені швидкості та

Тема 2.6. Узагальнений інтеграл енергії

Розділ 3

Малі коливання механічних систем з однією і двома степенями вільності навколо положення стійкої рівноваги

Тема 3.1. Визначення положення рівноваги.

Тема 3.2. Стійкість положення рівноваги. Теорема Лагранжа-Діріхле. Критерій Сільвестра.

Тема 3.3. Малі коливання консервативної системи з однією ступенню вільності біля положення стійкої рівноваги.

Тема 3.4. Випадок довільної збурюючої сили.

Тема 3.5. Визначення періодичних розв'язань.

Тема 3.6. Малі коливання консервативної системи з двома степенями вільності біля положення стійкої рівноваги.

Тема 3.7. Нормальні координати. Функція розсіювання Релея.

Тема 3.8. Вплив сил опору на коливання системи для положення стійкої рівноваги.

Тема 3.9. Наближений метод обчислення коренів і характеристичного рівняння.

Тема 3.10. Примусові коливання.

Розділ 4

Автономні нелінійні коливання систем з однією ступенню вільності.

Тема 4.1. Вступ. Фазова площина.

Тема 4.2. Методи побудови фазових траєкторій.

Тема 4.3. Поняття про автоколивання.

Тема 4.4. Метод повільно змінюючихся коефіцієнтів ('метод Ван дер Поля).

Кредитний модуль 2. **КУРСОВА РОБОТА**

Отримання завдання до курсової роботи

Приклад виконання курсової роботи та оформлення КР згідно вимог

Скласти рівняння руху системи в узагальнених координатах

Обчислити узагальнені сили

Обчислити суму робіт активних сил

Обчислити кінетичну енергію системи

Обчислити частинні похідні кінетичної енергії по узагальненим швидкостям

Знаходять похідні кінетичної енергії за узагальненими координатами

Одержують шукані диференціальні рівняння руху

4. РЕКОМЕНДОВАНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Мета практичних занять - наробку навиків використання варіаційних методів механіки для складання нелінійних диференціальних рівнянь механічних систем з одною, двома та більше ступенями вільності. Вміння визначати ступені вільності систем, обрання узагальнених координат, швидкостей, узагальнених сил. Застосовувати сучасні методи спрощення нелінійних рівнянь до канонічного вигляду. Вміння знаходити аналоги механічних систем для різноманітних фізичних структур: принцип віртуальних переміщень; узагальнені координати та узагальнені сили; загальне рівняння динаміки; рівняння Лагранжа II роду; розрахункові моделі на складання рівнянь Лагранжа II роду; особливості застосування рівнянь; особливості застосування рівнянь Лагранжа II роду до систем з ідеальними та неутримуючими в'язями; малі коливання консервативної системи з двома ступенями вільності біля положення стійкої рівноваги; методи побудови фазових траєкторій.

Розділ 1. Аналітична статика

Тема 1.2. Віртуальні переміщення голономних систем.

Тема 1.3. Ідеальні в'язі.

Особливості визначення віртуальних переміщень при зупиненому часі. Реакції ідеальних в'язів відносно поверхні в'язі

Тема 1.4. Принцип віртуального переміщення

Принцип віртуальних переміщень.

Методика розв'язання задач на рівновагу за допомогою Принципу віртуальних переміщень. Приклади застосування Принципу.

Тема 1.5. Узагальнені координати та узагальнені сили

Особливості визначення узагальнених сил

Тема 1.5. Узагальнені координати та узагальнені сили

Тема 1.6. Умови рівноваги в узагальнених координатах.

Узагальнені координати та узагальнені сили.

Особливості визначення узагальнених сил. Визначення рівноваги в узагальнених координатах.

Тема 1.6. Умови рівноваги в узагальнених і координатах.

Узагальнені координати та узагальнені сили.

Визначення рівноваги в узагальнених координатах.

Розділ 2. Аналітична динаміка

Тема 2.1. Загальне рівняння динаміки.

Загальне рівняння динаміки.

Особливості зупинення системи, що рухається. Властивості і природа сил інерції. Методика застосування Загального рівняння динаміки. Сили інерції і їх особливості. Приклади розрахунків. Побудова абстрактної моделі з реальної конструкції.

Тема 2.2. Рівняння Лагранжа II роду

Рівняння Лагранжа II роду. Складення рівнянь віртуальних робіт. Обчислення узагальнених сил.

Визначення ступеней вільності механічної системи. Вибір узагальнених незалежних координат. Методика використання рівнянь Лагранжа II роду. Узагальнена робота і узагальнені сили. Системи з однією і двома степенями вільності.

Тема 2.3. Розрахункові моделі на складання рівнянь Лагранжа II роду.

Особливості вибору узагальнених координат і їх властивості.

Тема 2.4. Особливості застосування рівнянь Лагранжа II роду до систем з неідеальними та неутримуючими в'язями.

Особливості складання рівнянь Лагранжа II роду

Відмінність за наявності неідеальних та неутримуючих в'язів.

Тема 2.4. Особливості застосування рівнянь Лагранжа II роду до систем з неідеальними та неутримуючими в'язями.

Тема 2.5. Обчислення кінетичної енергії через узагальнені швидкості та координати.

Особливості побудови розрахункових схем. Методика обчислення кінетичної енергії через узагальнені швидкості та координати

Розділ 3. Малі коливання механічних систем з однією і двома степенями вільності навколо положення стійкої рівноваги

Тема 3.3. Малі коливання консервативної системи з однією ступенню вільності біля положення стійкої рівноваги.

Тема 3.4. Випадок довільної збурюючої сили.

Критерій Сильвестра. Малі коливання.

Визначення положення рівноваги. Стійкість положення рівноваги, малі коливання системи з однією ступінню вільності.

Тема 3.7. Нормальні координати. Функція розсіювання Релея.

Тема 3.9. Наближений метод обчислення коренів характеристичного рівняння.

Розділ 4. Автономні нелінійні коливання систем з однією ступеню вільності

Тема 4.3. Поняття про автоколивання.

Метод фазових траєкторій.

Наближений метод обчислення коренів характеристичного рівняння. Методи побудови фазових траєкторій.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів)

Лабораторні роботи (практикуми) не передбачені Навчальним планом

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

Домашня контрольна робота (7 семестр) допомагає студентам перевірити засвоєнні теоретичні знання та практичні навички, отримані на лекціях та практичних заняттях.

При виконанні курсової роботи, 8 семестр, студент набуває практичного досвіду

– засобів дослідження руху матеріальної системи, вміло користуючись ними, можна відразу одержати відповіді на поставлені питання, або скласти диференціальні рівняння, розв'язання котрих окреслить закономірність руху системи.

- визначити всі діючі на систему активні сили (побудувати систему діючих сил);

- за неідеальних в'язів додати відповідні реакції, умовно переводячи їх до розряду «активних» сил (наприклад, сили тертя);

- в разі необхідності, визначити реакції в'язів, подумки відкинувши відповідну в'язь та замінивши її дію шуканою реакцією;

- обчислити можливу роботу всіх активних сил (в тому числі тих реакцій, які умовно зачислені до активних сил) на відповідних можливих переміщеннях і прирівняти її до нуля.

- розв'язати рівняння рівноваги (в окремому випадку системи з одним ступенем вільності – одне рівняння), обчислити шукану величину.

7. Рекомендована література

Основна

1. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. - К.: Техніка, 2002.-512 с.
2. Тарг СМ. Краткий курс теоретической механики. -М.: Наука, 1966.
3. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. Под ред. Проф. А.А. Яблонского. - М.: «Высшая школа», 1972.
4. Карачун В.В., Павловский М.А., Дидковский В.С., Тарасова Н.И. Методические указания к изучению курса теоретической механики. Аналитическая механика. - К.: КПИ, 1987.
5. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 1,2: Учебное пособие для вузов. - М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975.
6. Kas'janov V., Karachun V. Teoretical mechanics. Dynamics: Summary of lectures. - K'jiv: NAU, 2004. - 240 p.

Додаткова

7. Ковалев М.С., Дидковский В.С., Иванова О.Н., Карачун В.В., Рыжков Л.М. Методические указания по машинному программированному контролю знаний студентов по теоретической механике (динамика). Уравнения Лагранжа БЫ рода. - К.: КПИ, КИНХ, 1980.
8. Карачун В.В., Юдин О.Н., Иванова О.Н., Христов Г.П., Кислинский А.Н. Методические указания для изучения курса теоретической механики студентами вечерней формы обучения. Аналитическая механика. - К.: Межвуз. полиграф, объед. при КИНХ, 1984.

9. Карачун В.В., Дидковский В.С., Ковалев М.С., Юдин О.Н., Христов Г.П. Методические указания для самостоятельной работы при изучении курса теоретической механики. Для иностранных студентов, говорящих на испанском языке. Аналитическая механика. - К.: Межвуз. полиграф, объедин. при КИНХ, 1988.

10. V.V. Karachun, V.A. Kasyanov. Theoretical mechanics in Examples and Problems. - К.: КМУЦА, 1999. - 252 с.

8. Засоби діагностики успішності навчання

Для успішного засвоєння матеріалу студентам пропонуються тести, питання до курсової роботи та білети на іспит.

Тести із кредитного модуля включають в себе питання та три варіанти відповіді на питання. Це дасть змогу студентам більш глибоко зосередитися на вивчаємому матеріалі. Білети до кредитного модуля включають 2 теоретичні питання та 1 задачу. Кредитний модуль «курсова робота» пропонує студентам індивідуальні розрахункові схеми, які розташовані в горизонтальній площині та варіанти завдань наведених у таблиці.

9. Методичні рекомендації

Використовується рейтингова оцінка рівня підготовки студентів з дисципліни. Відповідно, для вивчення дисципліни, пропонується своя система набору балів, яка затверджується на засіданні кафедри. У 7 навчальному семестрі студенти повинні виконати модульну контрольну роботу та домашню контрольну роботу. З кожної теми практичного заняття повинне бути видане домашнє завдання (задача). У 8 навчальному семестрі повинен відбуватися захист курсової роботи з курсу.