



НАЗВА КУРСУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

«Теорія коливань і стійкість руху 1»

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин</i>
Статус дисципліни	«Теорія коливань і стійкість руху 1» <i>Цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній</i>
Обсяг дисципліни	<i>3.5 кредити 105 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i> <i>Модульні контрольні роботи</i>
Розклад занять	<i>За розкладом</i> Теорія коливань і стійкість руху 1
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., <i>проф.Боронко О.О. контактні дані¹</i> Практичні : <i>проф.,Боронко О.О.</i> к
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle , Google classroom , тощо)

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Теорія коливань – наука про основні закони коливань і умови існування коливань та інших рухів. Перед теорією коливань стоять дві основні задачі: як малою силою викликати корисні коливання та як послабити дію шкідливих коливань.

Розповсюдження коливань у фізичному просторі називається хвилею. Механічні системи, які можуть коливатися, називаються коливними системами. Усі коливні системи є нелінійними та континуальними. Але для полегшення їх аналізу застосовують моделі: системи з одним ступенем вільності, з багатьма ступенями

вільності та системи з безперервним розподіленням параметрів. Серед останніх розрізняють одновимірні моделі (стержень, балка, струна, вал та інші), двовимірні (пластина, оболонка), трьохвимірні (тверді пружні тіла, рідини, газу).

Для кожної моделі розглядаються вільні, вимушені, параметричні коливання, а також автоколивання.

Нелінійні коливання, стійкість руху розглядаються в основному для систем з одним ступенем вільності. Подальший розвиток науки та техніки, всезростаюча необхідність розв'язання нових задач машинобудування з урахуванням динамічних та випадкових навантажень не дає змоги обійтись тільки статичними детермінованими розрахунками з метою підвищення міцності та надійності машин при одночасному зменшенні їх ваги.

Настав час, коли для цього потрібно використовувати й чисельні динамічні ефекти (резонансні, антирезонансні, нелінійні), які широко висвітлюються в теорії коливань.

Але коливні явища в техніці, природі і в людей реально існують тільки за умов їх стійкості. Тому теорію коливань потрібно вивчати разом з теорією стійкості руху.

Дисципліна „Теорія коливань і стійкості руху” входить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін підготовки бакалавра спеціальності „Динаміка і міцність машин”. Вона формує теоретичні та практичні знання студентів для раціонального проектування елементів машин, оцінки напружено-деформованого стану та правильної оцінки ресурсу. Вивчення дисципліни базується на знаннях студентів, які вони отримали під час опанування курсів вищої математики, теоретичної механіки та опору матеріалів. Знання з даної дисципліни студенти використовують під час вивчення таких курсів як „Механотроніка”, „Міцність при змінних навантаженнях”, „Статистична динаміка та надійність”, „Міцність та руйнування елементів конструкцій”.

МЕТА

Метою курсу є надбання студентами **ЗНАНЬ** про основні закони коливань і хвиль, які пояснюють різні динамічні ефекти - резонансні, антирезонансні, нелінійні та інші. Метою курсу є надбання студентами **УМІННЯ** застосовувати методи курсу та суміжних дисциплін до наукової творчості та технічних вирішень на основі вже пізнаних динамічних ефектів у кожному розділі курсу на кожній моделі коливної системи.

Також мета курсу – набуття стійких **НАВИЧОК** відшукання розв'язків та оформлення винаходів і наукових досягнень для зменшення шкоди машині і людині-оператору від впливу вібрацій, а також знаходження режимів ефективної роботи коливної системи, що моделює машину.

Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Теорія коливань і стійкості руху базується на наступних дисциплінах лінійна алгебра та аналітична геометрія, математичний аналіз, теорія функцій комплексного змінного, фізика, і статистична фізика, теоретична механіка, опір матеріалів, математична фізика. В свою чергу знання теорії коливань і стійкості руху є передумовою вивчення таких дисциплін як чисельні методи розв'язку задач

механіки. Лекційний матеріал містить теоретичні положення, на яких базується курс, постановку задач, методи розв'язку задач теорії коливань і стійкості руху по визначенню динамічного стану та його аналізу. Практичні заняття сприяють оволодінню студентами вмінням і навичками розв'язку задач пов'язаних з теоретичними розрахунками при визначенні власних частот та власних форм коливань.

Курсовий проект націлений на сприяння якісному засвоєнню методики та набуття навичок розв'язку основних типових задач теорії коливань і стійкості руху, а також на засвоєння правил оформлення наукового звіту.

2. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Розрахунок позовжених та крутильних коливань стрижнів

Тема 1.1 Поздовжні коливання стрижнів

Тема 1.2 Крутильні коливання стрижнів

Тема 1.3 Коливання струни

Тема 1.4 Метод початкових параметрів

Тема 1.5 Метод Релея

Розділ 2 Згинальні коливання стрижнів

Тема 2.1 Вільні згинальні коливання за однорідних граничних умов
Тема 2.2 Вільні згинальні коливання за неоднорідних граничних умов
Тема 2.3 Вимушені коливання стрижнів

Тема 2.4 Метод Релея

Тема 2.5 Метод початкових параметрів

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література.

1. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. – М.: Высш.шк., 1980. -408 с.
2. Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. - М.: Наука, 1974. -504с.
3. Василенко М. В., Алексейчук О. М. Теорія коливань і стійкості руху : Підручник. - К.: Вища шк., 2004.- 525 с.: іл.
4. Василенко Н. В. Теория колебай. - К.: Вища шк., 1992.- 430 с.
5. Болотин В.В. Случайные колебания упругих систем. – М.: Наука, 1979. -336с.
6. Вибрации в технике: Справочник в шести томах. Т. I. Колебания линейных систем. – М.; Машиностроение, 1978.-352с.
7. Зенкевич О. К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 539с.
8. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Т. 3. –М.: Машиностроение, 1978. – 352с.
9. Светлицкий В. А., Стасенко И. В. Сборник задач по теории колебаний. – М.: Высш. шк., 1979. – 368с.

10. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уинвер У. Колебания в инженерном деле . – М.: Машиностроение, 1985. – 472с.
11. Яблонский А. А., Корейко С. С. Курс теории колебаний. – М.: Высш. шк., 1975. – 248с.
12. Бабаков И. М. Теория колебаний. – Л.: Наука, 1968. – 650 с .

Методичні матеріали

1. А.Є. Бабенко, О.О. Боронко, О.П. Заховайко та інш., Методичні вказівки до державної атестації та виконання атестаційної роботи бакалавра студентами кафедри Динаміки, міцності машин і опору матеріалів ММІ НТУУ “КПІ” з напрямку 6.050501– Прикладна– механіка. К.: НТУУ "КПІ", 2012. –73 с.: іл.
2. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Боронко О.О., Трубачев С.І. Теорія коливань та стійкості руху. Збірник завдань 6.050501 ”Прикладна механіка” Свідоцтво про надання грифа НТУУ „КПІ”, 2010 Електронний засіб навчальн. призначення НМУ N E 10/11-100
3. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Боронко О.О., Трубачев С.І. Теорія коливань та стійкості руху. Навч. посіб.-К. Гама-Принт, 2010.-172с.
4. Бабенко А.Є., Боронко О.О., Грабовський А.П. та ін. Методичні вказівки до виконання комплексних контрольних робіт з дисципліни «Теорія коливань та стійкості руху» для студентів напрямку підготовки 6.050501 «Прикладна механіка». Системи з одним ступенем свободи. Київ НТУУ «КПІ», 2013.-13 с.
5. Методи досліджень механічних властивостей матеріалів та виробів динамічними методами. Практичний посібник. Для студентів напрямку підготовки 6.050501 "Прикладна механіка" // Шидловський М.С., Боронко О.О., Шпак Д.Ю. – К.: НТУУ "КПІ", 2014. –

Допоміжна

1. Зенкевич О. К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 539с.
2. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Т. 3. –М.: Машиностроение, 1978. – 352с.
3. Светлицкий В. А., Стасенко И. В. Сборник задач по теории колебаний. – М.: Высш. шк., 1979. – 368с.
4. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уинвер У. Колебания в инженерном деле . – М.: Машиностроение, 1985. – 472с.
5. Яблонский А. А., Корейко С. С. Курс теории колебаний. – М.: Высш. шк., 1975. – 248с.
6. Бабаков И.М. Теория колебаний. М.: Наука, 1968. - 560 с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
СЕМЕСТР 7. МОДУЛЬ 3					
Розділ 1. Розрахунок позовжних та крутильних коливань стержнів					
Тема 1. Поздовжні коливання стержнів		4	4		4
Тема 2. Крутильні коливання стержнів		2	2		4
Тема 3. Коливання струни		2	2		
Разом за розділом 1		8	8		8
Розділ 2. Згинальні коливання стержнів					
Тема 2.1 Вільні згинні коливання за однорідних граничних умов		2	2		4
Тема 2.2 Вільні згинні коливання за неоднорідних граничних умов		2	2		6
Тема 2.3 Вимушені коливання стержнів		2	2		2
Тема 2.4 Метод Релея		2	2		2
Тема 2.5 Метод початкових параметрів		2	2		5
Разом за розділом 2		10	10		19
Екзамен					36

Лекції

РОЗДІЛ І. Коливальні системи з розподіленими параметрами		
Тема	1.1	Поздовжні коливання стержнів
Лекція	1.	Виведення диференціального рівняння позовжніх коливань стержня змінного перерізу з прямою віссю. /2, стор.266-271/
		Вільні позовжні коливання стержня змінного перерізу. /2, стор.271-274/
		Визначення власних частот і форм позовжніх коливань стержня постійного перерізу. /2, стор.274-278/
Лекція	2.	Метод біжучих хвиль (метод Д'Аламбера) /2, стор.279-281/
Лекція	3.	Визначення власних частот і форм позовжніх коливань стержня

		за неоднорідних граничних умов. /2, стор.281-282/
		Вільні поздовжні коливання стержня з урахуванням внутрішнього або зовнішнього тертя. /2, стор.283-285/
Лекція	4.	Вимушені поздовжні коливання ідеально пружного стержня без урахування зовнішнього тертя. /2, стор.286-290/
		Кінематичне збудження поздовжніх коливань стержня./2, стор.294-295/.
		Поперечні коливання струни. /2. Стор.301-303/
Тема	2.	Крутильні коливання стержнів
Лекція	5.	Визначення власних частот і форм крутильних коливань стержня постійного перерізу. /2, стор.299-301/
Тема	3.	Згинні коливання прямих стрижнів
Лекція	6.	Вільні поперечні коливання пружного призматичного стрижня. /2, стор.309-311/
Лекція	7.	Вимушені поперечні коливання пружного призматичного стрижня. /2, стор.323-326/
Лекція	8.	Метод початкових параметрів для визначення форми вимушених гармонічних згинних коливань пружної призматичної балки з кідькома ділянками. /2, стор.326-328/
Лекція	9.	Наближені методи визначення власних частот і форм коливань. /2, стор.339-341/
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ (ПЗ)		
		РОЗДІЛ І. Коливальні системи з розподіленими параметрами.
Тема	4.1	Поздовжні коливання стержнів
ПЗ	1.	Вільні поздовжні коливання стержня постійного перерізу. /3, стор.97-99/
ПЗ	2.	Визначення власних частот і форм поздовжніх коливань стержня за неоднорідних граничних умов. /3, стор.97-99/
ПЗ	3.	Вільні поздовжні коливання стержня з урахуванням внутрішнього або зовнішнього тертя. /3, стор.99-102/
ПЗ	4.	Вимушені поздовжні коливання стержня постійного перерізу. /3, стор.100-101/
Тема	4.2	Крутильні коливання стержнів
ПЗ	5.	Вільні крутильні коливання стержнів. /3, стор.96-97/
ПЗ	6.	Метод початкових параметрів./1, стор.258-261/
Тема		Згинні коливання прямих стрижнів
ПЗ	7.	Вільні поперечні коливання пружного призматичного стрижня. /2, стор.309-311/
ПЗ	8.	Наближені методи визначення власних частот і форм коливань.

		/2, стор.339-341/
ПЗ	9.	Вимушені поперечні коливання пружного призматичного стрижня. /2, стор.323-326/
Тематика домашніх контрольних робіт (ДКР):		
1. Визначення власних частот і форм поздовжніх коливань стержня за однорідних граничних умов.		
2. Визначення власних частот і форм поздовжніх коливань стержня за не однорідних граничних умов.		
3. Визначення власних частот і форм крутильних коливань стержня за неоднорідних граничних умов..		
4. Вимушені поздовжні коливання стержня.		
5. Вільні згинні коливання балки		
IV. 5 КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ (КР)		
1. Поперечні коливання струни.		
2. Вільні поздовжні та крутильні коливання стержня з урахуванням тертя.		
3. Метод Релея.		
4. Метод початкових параметрів при поздовжніх коливаннях східчастого стержня.		
5. Метод початкових параметрів при крутильних коливаннях.		

5. Самостійна робота студента

В кожному семестрі після завершення вивчення розділів студенти виконують контрольні роботи, які включають задачі. Метою контрольних робіт є перевірка засвоєння навчального матеріалу, закріплення теоретичних знань і набуття навичок розв'язування практичних задач.

На практичних заняттях розв'язують задачі, що відповідають окремим темам курсу. Особлива увага приділяється типовим задачам, які є складовою частиною курсової роботи (КР). Під час самостійного розв'язання задач КР студенти можуть користуватися основною і додатковою літературою та методичними вказівками. Кожна задача КР повинна бути захищена. Під час захисту студент повинен знати теоретичний матеріал, який використовується для розв'язання задачі, а також розв'язати задачі. За результатами захисту окремих задач проставляється оцінка за КР та кількість набраних балів. Для підготовки до лекцій, практичних, а також виконання і захисту КР студенти користуються конспектом лекцій, підручниками і методичними вказівками, наведеними нижче.

В процес вивчення курсу студенти виконують курсову роботу. Виконання курсової роботи сприяє активному творчому засвоєнню матеріалу. Метою курсової роботи є закріплення теоретичного матеріалу та вироблення навичок самостійної дослідницької роботи. Курсова робота передбачає дослідження методами теорії пружності напружено-деформованого стану. Конструктивних елементів. Теми робіт індивідуальні. Робота оформляється у вигляді розрахунково-пояснювальної записки. Наводимо ряд типових тем.

1. Термопараметричне збудження коливань у мембранах.
2. Теплове збудження коливань пластин.
3. Флатер тонкої пластинки у надзвуковому потоці.
4. Вплив аеродинамічного демпфування на флатер панелі.
5. Згино-крутильний флатер крил літака.

6. Дослідження вільних коливань рідини в жорсткому круговому циліндрі.
7. Дослідження вільних коливань рідини в жорсткій посудині, що має форму паралелепіпеда.
8. Вплив в'язкого опору на вимушені коливання нелінійних систем, близьких до системи Ляпунова.
9. Вплив джерела енергії на автоколивання при різанні металів.
10. Метод фазової площини.
11. Дослідження параметричного резонансу у нелінійній системі.
12. Нелінійні системи з параметрами, що повільно змінюються.
13. Метод Ленара побудови фазових траєкторій.
14. Дослідження релаксаційних коливань за допомогою дельта-методів.
15. Крайовий ефект при коливаннях пружних оболонок.
16. Визначення власних частот коливань пружних тіл за методом скінченних елементів.
17. Побудова матриць демпфування та дослідження коливань не зовсім пружних тіл методом скінченних елементів.
18. Визначення характеристик демпфування конструкційних матеріалів.
19. Власні коливання і флатер циліндричних панелей.
20. Застосування метода Бубнова-Гальоркіна в дослідженні флатера циліндричної панелі.
21. Флатер гнучкої пластини.
22. Спроектувати лабораторне устаткування для вивчення коливань струни.
23. Спроектувати лабораторне устаткування для вивчення форм коливань тонкої пластини.
24. Спроектувати лабораторне устаткування для вивчення додавання коливань точки.
25. Спроектувати устаткування для вивчення хвиль.
26. Випадкові коливання у нелінійних системах з розподіленими параметрами.
27. Розробити алгоритм та програму для визначення частот та форм коливань оболонки.
28. Активний віброзахист.

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *відвідування занять (як лекцій, так і практичних);*
- *поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей*
- *, відключення телефонів,);*
- *Виконання індивідуальних завдань;*
- *призначення заохочувальних та штрафних балів;*
- *академічна доброчесність;*
- *вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету.*

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентам

практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали (.....наприклад)

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання практичної роботи (за кожне завдання)	+ 4 бали	Порушення термінів виконання практичної роботи (за кожне завдання)	- 1 бал
		Несвоєчасне написання модульної контрольної роботи (на запланованому занятті)	- 5 балів

Пропущені контрольні заходи

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), оцінюється зі штрафними балами. Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), не оцінюється.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Теорія коливань і стійкості руху» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «теорія коливань і стійкості руху» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

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

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен / залік / захист курсового проекту (роботи)

Умови допуску до семестрового контролю: *мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше XX балів.*

Види контролю та бали за кожен елемент контролю:

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Практична робота	60	5	12	60
4.	Залік	40	40	1	40
Всього					100

Результати оголошуються кожному аспіранту окремо у присутності або в дистанційній формі (у системі Moodle або е-поштою).

Поточний контроль: модульна контрольна робота, оцінювання дистанційного навчання

1. Модульна контрольна робота

№ з/п	Модульна контрольна робота	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	90	30	3	90
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	25	3	75
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	20	3	60
4.	Відповідь на тестове запитання з варіантами відповідей	10	10	1	10
5.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	3	0
Максимальна кількість балів					100

*2. Д
и
с
т
а
н
ц
і
й
н
е

н
а
в
ч*

ання

Виставлення оцінки за дистанційне навчання шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів у системі Moodle передбачено лише для контрольних запитань і результатів тестування за виконання індивідуального завдання.

Виставлення оцінки за контрольні заходи (практичні роботи, модульна контрольна робота) шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів не передбачено.

№ з/п	Дистанційне навчання	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь на контрольні запитання в онлайн-системі Webex або Zoom	40	10	4	40
2.	Відповідь на тести у системі Moodle	50	10	5	50
3.	Вчасність проходження дистанційного навчання	10	10	1	10
Всього					100

У разі виявлення академічної не добросовісності під час дистанційного навчання – контрольний

захід не враховується, аспірант до захисту не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація аспірантів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання аспірантів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу³.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації ⁴		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг ⁵	≥ 15 балів	≥ 30 балів
	Виконання практичних робіт	Практична робота	+
		Практична робота	–
	Виконання модульної контрольної роботи	Модульна контрольна робота	–

Семестровий контроль: екзамен

Обов'язкова умова допуску до екзамену/заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD ≥ 30

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання практичних робіт;
2. Позитивний результат першої атестації та другої атестації;
3. Відвідування 60% лекційних занять.

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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

• *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль*

- 1. Класифікація систем з розподіленими параметрами. Матричне рівняння Ламе.
- 2. Виведення диференційного рівняння поздовжніх коливань стрижня.

- 3.Операторне представлення диференційного рівняння
 поздовжніх коливань стрижня.
- 4.Властивості операторів рівняння вільних поздовжніх
 коливань стрижня.
- 5.Властивості власних частот і власних форм поздовжніх
 коливань стрижня.
- 6.Доведення умов ортогональності власних форм поздовжніх
 коливань стрижня і формул зведення.
-
- 7.Хвильове рівняння і його розв'язування у випадку, коли обидва кінці
 стрижня вільні для поздовжніх переміщень. 3
-
- 8.Розв'язування хвильового рівняння у випадку, коли обидва ці стрижня
 закріплені. 3
- 9.Розв'язування хвильового рівняння у випадку, коли один кінець
 стрижня закріплений, а другий вільний.
- 10.Неоднорідні граничні умови при поздовжніх коливаннях стрижня.
- 11.Визначення власних частот і власних форм коливань стрижня
 постійного перерізу при неоднорідних граничних умовах.
- 12.Виведення умов ортогональності та формул зведення при неоднорідних
 граничних умовах при поздовжніх коливаннях стрижня.
-
- 13.Розв'язування хвильового рівняння методом Д'Аламбера. Фізичний
 зміст розв'язку. 1
- 14.Зв'язок між розв'язками Д'Аламбера і Фур'є для хвильового
 рівняння.
- 15.Синусоїдальна хвиля. Довжина хвилі, її залежність від хвильового
 числа.

- - 16. Вільні поздовжні коливання з урахуванням в'язкого тертя. Розв'язування МГК. Характер коливань.
- 17. Вимушені поздовжні коливання ідеально пружного стрижня. Розв'язування МГК. Вимушуюча сила довільна, гармонічна.
- 18. Вимушені поздовжні коливання під дією розподіленої гармонічної сили при наявності в'язкого тертя. Частотна передаточна функція.
- 19. Кінематичне збудження поздовжніх коливань стрижня.

- 20. Метод початкових параметрів для поздовжніх коливань у глобальній системі координат.
- 21. Метод початкових параметрів для поздовжніх коливань у формі Коші.
- 22. Метод початкових параметрів у матричному вигляді при поздовжніх коливаннях стрижня.
- 23. Крутильні коливання круглого стрижня.
- 24. Виведення диференційного рівняння поперечних коливань струни.
- 25. Поперечні коливання стрижня. Припущення. Виведення диференційного рівняння коливань.
- 26. Вільні згинальні коливання стрижня. Рівняння, початкові та граничні умови.

- 27. Доведення умов ортогональності та формул зведення для власних форм згинальних форм коливань балки змінюваного перерізу.
- 28. Визначення власних частот і власних форм коливань балки постійного перерізу при шарнірному закріпленні кінців балки.
- 29. Функції Крилова О.М. та їх властивості.

- 30.Вимушені коливання балки без тертя під дією довільної розподіленої сили.
- 31.Вимушені коливання балки без тертя під дією гармонічної розподіленої сили.
- 32.Вимушені коливання балки з урахуванням в'язкого тертя під дією довільної розподіленої сили.
- 33.Вимушені коливання балки з урахуванням в'язкого тертя під дією гармонічної розподіленої сили.
- 34.Кінематичне збудження згинальних коливань балки.
- 35.Вплив поздовжніх зусиль на вільні поперечні коливання балки.
- 36.Балка Тимошенко С.П. Відомості з курсу опору матеріалів.
- 37.Рівняння динамічної рівноваги балки Тимошенко С.П.
- 38.Диференційні рівняння вимушених коливань балки Тимошенко С.П.
- 39 .Диференційні рівняння вільних коливань балки Тимошенко С.П. постійного перерізу з шарнірно закріпленими кінцями. Їх розв'язок.
- 40.Диференційне рівняння вільних коливань балки Тимошенко С.П. відносно прогину. Відмінність його від рівняння балки Бернуллі

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено посада, д.т.н., професор, Боронко О.О. **Ухвалено** кафедрою _____ (протокол № ___ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету² (протокол № __ від _____)

² Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.