



Коливання систем з одним ступенем вільності

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

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	<i>Цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити, 120 годин, (36 год. – лекції, 36 год. – практичні заняття)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік Модульні контрольні роботи</i>
Розклад занять	rozklad.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Боронко О.О. Практичні : проф., Боронко О.О. http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/14-boronko-oleg-oleksandrovich.html
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 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 – насамперед це системи з одним ступенем вільності, які дозволяють здійснювати первісну оцінку цих процесів – а також системи з декількома ступенями вільності. Серед останніх розрізняють одновимірні моделі (стержень, балка, струна, вал та інші), двовимірні (пластина, оболонка), трьохвимірні (тверді пружні тіла, рідини, гази). 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.

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.

Дисципліна "Коливання систем з одним ступенем вільності" входить до дисциплін циклу професійної підготовки бакалавра освітньої програми „Динаміка і міцність машин”. Вона формує теоретичні та практичні знання студентів для раціонального проектування елементів машин, оцінки напружено-деформованого стану та правильної оцінки ресурсу.

Метою дисципліни є надбання студентами **ЗНАНЬ** про основні закони коливань і хвиль, які пояснюють різні динамічні ефекти - резонансні, антирезонансні, нелінійні та інші. В результаті вивчення дисципліни студенти набувають **УМІНЬ** застосовувати отримані знання і вивчені методики до наукової творчості та вирішення технічних задач на основі вже пізнаних динамічних ефектів у кожному розділі курсу на кожній моделі коливної системи.

В результаті вивчення дисципліни студенти набувають стійких **НАВИЧОК** відшукування 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)

Дисципліна "Коливання систем з одним ступенем вільності" базується на наступних дисциплінах: «Вища математика», «Лінійна алгебра та аналітична геометрія», «Теоретична механіка», «Механіка матеріалів і конструкцій», «Теорія пружності». В свою чергу набуті знання є передумовою вивчення дисципліни як «Теорія коливань стрижневих і континуальних систем», «Теорії пластичності повзучості», «Автоматизовані методи проектування», «Будівельна механіка стрижневих систем», «Будівельна механіка машин» та інших. 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.

2. Зміст навчальної дисципліни

Надається перелік розділів і тем всієї дисципліни.

Розділ 1. Основні поняття і визначення

Тема 1.1 Предмет і задачі теорії коливань і стійкості руху. Класифікація коливальних процесів та коливальних систем

Тема 1.2. Кінематика коливань, динаміка коливань, найпростіші способи складання диференціальних рівнянь коливань

Розділ 2 Вільні коливання систем з одним ступенем вільності

Тема 2.1 Параметри лінійної коливальної системи та їх визначення. Вільні та вимушені коливання

Розділ 3. Автоколивання

Тема 3.1. Класифікація автоколивань. Метод фазової площини.

Тема 3.2. Визначення амплітуди і частоти автоколивань

Розділ 4. Вимушені коливання систем з одним ступенем вільності

Тема 4.1 Вимушені коливання систем з одним ступенем вільності за відсутності тертя та з урахуванням тертя.

Розділ 5. Параметричні коливання

Тема 5.1. Гармонічне параметричне збудження в лінійній системі

Розділ 6. Нелінійні системи з одним ступенем вільності

Тема 6.1. Методи дослідження автономних нелінійних систем

Тема 6.2. Наближені аналітичні методи нелінійних неавтономних систем

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Коливання стержнів, пластин та оболонок [Електронний ресурс] : підручн. для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» / А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, Я. І. Лавренко, С. І. Трубацев ; КПІ ім. Ігоря

- Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 251 с.
2. А.Є.Бабенко, О.О.Боронко, Я.І.Лавренко, С.І.Трубачев. Коливання неконсервативних механічних систем: Монографія. – Нац.техн.ун-т України «КПІ імені Ігоря Сікорського». – Київ: 2020. – 153 с. Гриф надано Вченою радою Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (протокол № 8 від 14 . 12. 2020 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38187>
 3. Василенко М. В., Алексейчук О. М. Теорія коливань і стійкості руху : Підручник. - К.: Вища шк., 2004.- 525 с.: іл.
 4. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Боронко О.О. Трубачев С.І. Теорія коливань та стійкості руху. Навч. посіб. - К. Гама-Принт, 2010. – 172 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 література

6. А.Є.Бабенко, О.О.Боронко, Я.І.Лавренко, С.І.Трубачев. Коливання неконсервативних механічних систем: Монографія. – Нац.техн.ун-т України «КПІ імені Ігоря Сікорського». – Київ: 2020. – 153 с. Гриф надано Вченою радою Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (протокол № 8 від 14 . 12. 2020 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38187>
7. 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. // Бабенко А.Є., Боронко О.О., Грабовський А.П. та ін. - Київ НТУУ «КПІ», 2013.-13 с.
8. 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. // Бабенко А.Є., Боронко О.О., Грабовський А.П. та ін. - Київ НТУУ «КПІ», 2013.-13 с.
8. Основи терії коливань механічних систем: Навчальний посібник для студентів дисципліни "Теорія коливань" / Швайко Микола Юрійович - Дніпропетровський державний університет. - Дніпропетровськ : РВВ ДДУ, 2000. - 268 с.
10. Теорія коливань : Навч. посіб. для вищ. навч. закл. / Ю.С. Рудь, І.С. Радченко, С.М. Кузьміч, В.Ю. Білоножко. - Кривий ріг : Мінерал, 2002. - 391 с.

4. Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
1	2	3	4	5	6
СЕМЕСТР 5. МОДУЛЬ 1					
Розділ 1. Основні поняття і визначення					
Тема 1. Предмет і задачі теорії коливань і стійкості руху. Класифікація коливальних процесів та коливальних систем		2	2		4
Тема 2. Кінематика коливань, Динаміка коливань, найпростіші способи складання диференціальних рівнянь коливань		2	2		4
Контрольна робота 1					
Разом за розділом 1		4	4		8
Розділ 2. Вільні коливання систем з одним ступенем вільності					
Тема 3. Параметри лінійної коливальної		2	2		4

системи та їх визначення					
Тема 4. Вільні коливання		2	4		6
Разом за розділом 2		4			10

1	2	3	4	5	6
Розділ 3. Автоколивання					
Тема 5. Класифікація автоколивань. Метод фазової площини.		2	2		4
Тема 6. Визначення амплітуди і частоти автоколивань.		2	2		4
Контрольна робота 1					
Разом за розділом 3		12	4		8
Розділ 4. Вимушені коливання систем з одним ступенем вільності					
Тема 7. Вимушені коливання систем з одним ступенем вільності за відсутності тертя та з урахуванням тертя.		4	4		5
Тема 8. Захист від вібрацій		2	2		4
Разом за розділом 4		6	6		9
Розділ 5. Параметричні коливання					
Тема 9. Гармонічне параметричне збудження в лінійній системі		2	4		2
Тема 10. Гармонічне параметричне збудження в нелінійній системі		4	4		1
Разом за розділом 5		4	8		3
Розділ 6. Нелінійні системи з одним ступенем вільності					
Тема 6.1 Методи дослідження автономних нелінійних систем		6	4		10
Тема 6.2 Наближені аналітичні методи нелінійних неавтономних систем		6	4		10
Разом за розділом 6		12	8		

Лекції

Тема 1.1 Основні поняття і визначення

- Лекція 1. Предмет і задачі теорії коливань і стійкості руху. Класифікація коливальних процесів та коливальних систем /2, стор.9-11/
- Лекція 2. Кінематика коливань. /2, стор.11-22/. Динаміка коливальних. /2, стор.18-22/ Найпростіші способи складання диференціальних рівнянь коливань. Узагальнені сили коливальної системи з одним ступенем вільності
- Лекція 3. Параметри лінійної коливальної системи. Диференціальне рівняння коливань./2, Стор.22-24, 26-30/ Власні коливання лінійної консервативної системи. /2. Стор.34-43/
- Лекція 4. Метод Релея. /2. Стор.38-40/

Тема 1.2 Автоколивання

- Класифікація автоколивальних систем і автоколивань."Від'ємне"
- Лекція 5. Тертя в осциляторній активній системі. /2, стор.57-60/ Метод фазової площини. Визначення амплітуди і частоти автоколивань осциляторної системи. /2. Стор.61-76/
- Лекція 6. Метод енергетичного балансу./2. Стор.69-73/ Розривні коливання в накопичувальній і змішаній системі./2. Стор.77-84/

Тема 1.3 Вимушені коливання

- Лекція 7. Вимушені коливання лінійної системи з одним ступенем вільності за відсутності тертя. /2, стор.88-97/
- Лекція 8. Вимушені коливання з урахуванням тертя. /2. Стор.98-110/
- Лекція 9. Коефіцієнт динамічності, АЧХ і ФЧХ з урахуванням в'язкого тертя. /2, стор.100-103/

Лекція	10.	Випадкові коливання лінійно в'язкої системи. /2, стор.120-124/.
Лекція	11.	Захист від вібрацій.Розрахункова модель віброзахисту при гармонічному силовому збудженні./ 2, стор.124-126./
Лекція	12.	Нормування вібрацій, що діють на людину. Електромеханічні аналогії. / 2, стор.127-129./
Тема	1.4	Параметричні коливання
Лекція	13.	Гармонічне параметричне збудження в лінійній системі. /2, стор. 130-136/
Лекція	14.	Гармонічне параметричне збудження в лінійній системі. /2, стор. 130-136/ Вплив тертя на параметричні коливання. /2, стор. 136-138/
Тема	2.1.	Методи дослідження автономних нелінійних систем
Лекція	15.	Особливості і класифікація нелінійних систем з одним ступенем вільності. /2, стор.130-142/
Лекція	16.	Метод гармонічного балансу. /2, стор.166-168/
Тема	2.2	Наближені аналітичні методи дослідження нелінійних неавтономних систем
Лекція	17.	Метод Малкіна для резонансного випадку. /2, стор.163-166/
Лекція	18.	Вимушені коливання в нелінійній системі з частотно-незалежним тертям. /2, стор.173-174/

Практичні заняття

IV. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ (ПЗ)

Розділ I. Коливальні системи із зосередженими параметрами

Тема	1.1	Основні поняття
ПЗ	1	Складання рівнянь гармонічних коливань точки. /1, стор.7-15/
Тема	1.2	Вільні коливання систем з одним ступенем вільності
ПЗ	2.	Визначення параметрів коливної системи з одним ступенем вільності. Складання диференціальних рівнянь коливної системи в одному ступені вільності. /3, стор.5-9/.
ПЗ	3.	Загальний розв'язок диференціальних рівнянь вільних коливань без тертя і визначення конкретного руху за початковими умовами./3, стор.5-15/
ПЗ	4.	Вільні коливання лінійних систем з урахуванням тертя. Вплив в'язкого тертя на вільні коливання. / 3, стор.15-20/
ПЗ	5.	Вплив частотно-незалежного тертя на вільні коливання. Вплив сухого тертя на вільні коливання./3, стор.15-20/
ПЗ	6.	Приведення систем з нескінченним числом ступенів вільності до системи з одним ступенем вільності. /1, стор.35-38/
ПЗ	7.	Метод Релея
Тема	1.3	Автоколивання
ПЗ	8.	Визначення амплітуди і частоти автоколивань. Метод гармонічного балансу. /1, стор.63-72/
ПЗ	9.	Метод енергетичного балансу.
ПЗ	10.	Розривні коливання у змішаній системі.
ПЗ	12.	Вимушені коливання системи з урахуванням в'язкого тертя
ПЗ	13.	Вимушені коливання системи з урахуванням частотно незалежного тертя
ПЗ	14.	Застосування теорії коливань до динамічного розрахунку на міцність.
ПЗ	15.	Захист від вібрацій. Розрахункова модель віброзахисту при гармонічному силовому збудженні.
ПЗ	16.	Розрахункова модель віброзахисту при кінематичному гармонічному збудженні.
Тема	1.4	Параметричні коливання
ПЗ	17.	Гармонічне параметричне збудження в лінійній системі.
ПЗ	18.	Вплив тертя на параметричні коливання.

5. Самостійна робота студента

В кожному семестрі після завершення вивчення розділів студенти виконують контрольні роботи, які включають задачі. Метою контрольних робіт є перевірка за своєння 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.

Політика та контроль

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)	0 балів
		Несвоєчасне написання модульної контрольної роботи (на запланованому занятті)	0 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 студенту 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. Дистанційне навчання

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 доброчесності під час дистанційного навчання – контрольний захід не враховується, студент до захисту не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі–атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання 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: залік

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. Задачі теорії коливань.
2. Класифікація коливальних процесів і коливальних систем.
3. Кінематика гармонічних коливань.
4. Кінематика періодичних і випадкових коливань.
5. Класифікація сил в коливній системі.
6. Прості способи складання диференціальних рівнянь коливань.
7. Положення рівноваги. Теорема Лагранжа-Діріхле. Критерій Сільвестра. Теорема Четаєва.
8. Складові частини і параметри лінійних коливальних систем з 1-м ступенем вільності.
9. Диференціальне рівняння вільних коливань системи з одним ступенем вільності. Його розв'язування.
10. Види початкових умов. Визначення часових постійних інтегрування з початкових умов.
11. Вплив в'язкого тертя на вільні коливання.
12. Метод Релея.
13. Фазова площина. Побудова фазових траєкторій.
14. Види особливих точок в системі з 1-м ступенем вільності при відсутності тертя.
15. Особливі точки неконсервативної системи.
16. Побудова фазових траєкторій за допомогою діаграми потенціальної енергії.
17. Класифікація автономних активних систем. Класифікація автоколивань.
18. Типи задач для активних систем. Лінійна задача (від'ємне тертя).
19. Методи визначення амплітуди і частоти автоколивань. Метод гармонічного балансу.
20. Метод енергетичного бадану. Зв'язок енергетичної і фазової діаграм.
21. Перехідний процес в автоколивній системі. Аналітичне визначення перехідного процесу. Критерії стійкості стаціонарних автоколивань.
22. Накопичувальна система, її розрахункова схема, граничний цикл.
23. Види збуджень. Гармонічне силові збудження в лінійній системі без тертя. Резонанс.
24. Гармонічне кінематичне збудження в лінійній системі без тертя.
25. Періодичне силове збудження лінійної коливальної системи без тертя.
26. Імпульсна і ступінчата перехідна функції.
27. Інтеграл переміщень. Інтеграл Дюамеля.
28. Гармонічне збудження в лінійно-в'язкій системі. Диференціальне рівняння коливань, його розв'язок.
29. Коефіцієнт підсилення і його роль, АЧХ, ФЧХ.
30. Неперіодичне збудження лінійно-в'язкої коливальної системи.
31. Імпульсна і ступінчата перехідні функції при наявності в'язкого тертя.
32. Метод комплексних амплітуд і параметрів.
33. Перехід через резонансну зону в системі з одним ступенем вільності.
34. Випадковий процес і його характеристики.
35. Стаціонари і випадкові вимушені коливання.
36. Основи і методи віброзахисту.
37. Розрахункова схема ВП при гармонічному силовому збудженні.
38. Розрахункова схема ВП при гармонічному кінематичному збудженні.
39. Параметричні коливання. Лінійна задача. Діаграма Айнса-Стретта.
40. Особливості і класифікація нелінійних систем з одним ступенем вільності.
41. Властивості нелінійних систем. Класифікація нелінійностей.

42. Три підходи до дослідження нелінійних автономних систем.
43. Схема Пуассона.
44. Метод Крилова-Лінстедта.
45. Метод гармонічного балансу для нелінійних автономних систем.
46. Метод малої амплітуди форми методу Крилова-Лінстедта.
47. Метод Крилова-Боголюбова-Митропольського для дослідження нелінійних неавтономних систем.
48. Метод Малкіна для резонансного випадку.
49. Метод гармонічного балансу для дослідження нелінійних неавтономних систем.
50. Дія гармонічної змущувальної сили на нелінійну систему без тертя.
51. Вимушені коливання нелінійної системи з урахуванням в'язкого тертя
52. Вимушені коливання нелінійної системи з урахуванням частотно-незалежного тертя

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено Проф. кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів, д.т.н., проф. Боронко О.О.

Доц. кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів, к.т.н., доц. Лавренко Я.І.

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол № 11 від 01.07.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 11 від 29.08.2022 р.)