

Міністерство науки та освіти України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем  
№202

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми



(підпис)

Н. В. Руденко  
(ініціали та прізвище)

«30» 08 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Динамічна стійкість промислових роботів**

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань:** 13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальності:** 131 «Прикладна механіка»

(код та найменування спеціальності)

**Освітня програма:** «Роботомеханічні системи та логістичні комплекси»

(найменування)

**Форма навчання:** денна

**Рівень вищої освіти:** перший (бакалаврський)

**Харків 2024 рік**

Розробник Нарижний О.Г., доцент, к.т.н., доцент  
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ 

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри №202 – теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем.

Протокол № 10\_\_ від «27\_» \_06\_\_ 2024 р.

Завідувач кафедри №202 докт. техн. наук, проф.  
(наукова ступінь та вчене звання)



О.О. Баранов  
(ініціали та прізвище)

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів–5,5	<p><b>Галузь знань</b> <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр та найменування)</p> <p><b>Спеціальність</b> <u>131 «Прикладна механіка»</u> (код та найменування)</p> <p><b>Освітня програма</b> <u>«Роботомеханічні системи і логістичні комплекси»</u> (найменування)</p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b> перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів 1		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістових модулів 2		2024/ 2025
Індивідуальне завдання «Аналіз коливачь та стійкості руху робота» (назва)		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – денна –48/117		_8_-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента –9,75		<b>Лекції <sup>1)</sup></b>
		_24_ годин
		<b>Практичні, семінарські<sup>1)</sup></b>
		24_ годин
		<b>Лабораторні <sup>1)</sup></b>
	_ годин	
	<b>Самостійна робота</b>	
117_ годин		
	<b>Вид контролю</b>	
	іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання –48/117

<sup>1)</sup> Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

## **Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета вивчення** – підготовка фахівців, здатних формулювати та розв’язувати складні задачі коливань та стійкості руху роботів-маніпуляторів за допомогою методів механіки та теорії стійкості руху.

**Завдання вивчення** - вивчення основних понять та законів кінематики та динаміки систем твердих тіл з в’язко-пружними зв’язками, зокрема стрижнів, валів та балок, для використання в розрахунках механічних процесів та станів; вивчення методів дослідження стійкості руху.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

### **Загальні компетентності спеціальності (ЗК)**

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК6. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків.
- ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗКІ3. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

### **Фахові компетентності спеціальності (ФК)**

ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

ФК2. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.

ФК4. Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації.

ФК5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

ФК6. Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань.

ФК7. Здатність застосовувати комп’ютеризовані системи проектування (САГ)), виробництва (САМ), інженерних досліджень (САЕ) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки

ФК9. Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

ФК10. Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об’єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

ФК18. Знання особливостей динаміки складних роботомеханічних систем з урахуванням коливань та ударів, пружності і в’язкості зв’язків, та їх впливу на точність і стійкість руху та позиціонування.

**Результати навчання.** В результаті засвоєння курсу “Динамічна стійкість промислових роботів» студент повинен бути здатний:

ПРН1 - вибирати та застосовувати для розв’язання задач прикладної механіки придатні математичні методи.

ПРН2 - використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань

ПРН3 - виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин.

ПРН4 - оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.

ПРН6 - створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин.

ПРН10 - знати конструкції, методики вибору і розрахунку, основи обслуговування і експлуатації приводів верстатного і робототехнічного обладнання.

ПРН16 - вільно спілкуватися з професійних питань усно і письмово державною та іноземною мовою, включати знання спеціальної термінології та навички міжособистісного спілкування.

ПРН24 - Розраховувати механічні стани та процеси складних роботомеханічних систем на основі законів кінематики та динаміки систем твердих тіл з в'язко-пружними зв'язками.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1.

#### Змістовний модуль 1. Коливання дискретних систем

##### Тема 1. Вступ до дисципліни. Коливання систем з одним ступенем вільності.

Зміст теорії коливань. Кількість ступенів вільності. Тип коливального процесу. Вид диференціального рівняння (ДР).

Системи з одним ступенем вільності. Стан покою. Види рівноваги, Теорема Лагранжа. Роль дисипативних сил. Лінеаризація нелінійних ДР. Коефіцієнт в'язкого спротиву.

Рівняння малих коливань загального вигляду для системи з одним ступенем вільності.

Рівняння Лагранжа 2 роду. Кінетична енергія системи. Роль голономності зв'язків. Узагальнений інерційний коефіцієнт. Узагальнені потенціальні сили. Квазіупругий коефіцієнт. Тотожність Лагранжа. Дисипативна функція Релея. Узагальнений дисипативний коефіцієнт. Механічний сенс Дисипативної функції. Загальна механічна енергія системи. Узагальнена неконсервативна функція. Загальний вигляд диференціального рівняння малих коливань.

Вільні коливання консервативної системи. Рівняння малих вільних коливань консервативної системи. Рішення рівняння коливань. Константи інтегрування. Початкові умови. Періодичність рішення, Період власних коливань. Коливання кривошипного механізму.

Вільні коливання неконсервативної системи. Загальне рівняння вільних коливань. Рішення рівняння. Характеристичне рівняння. Корні характеристичного рівняння. Випадок малого спротиву. Вигляд рішення, Графічна залежність рішення від часу. Декремент згасання. Логарифмічний декремент згасання. Випадок критичного спротиву. Корні характеристичного рівняння. Загальне рішення. Графіки рішення. Випадок великого спротиву. Аперіодичність загального рішення.

Узагальнена сила при гармонічному збудженні. Вигляд функції збудження. Амплітуда, кутова частота та початкова фаза збудження. Силове збудження. Вигляд узагальненої сили. Кінематичне збудження. Інерційне збудження.

Вимушені коливання при відсутності в'язкого спротиву. Диференціальне рівняння коливань. Неоднорідність ДР. Випадок відсутності резонансу. Часткове рішення. Загальне рішення. Зсув фази. Коефіцієнт розладу. Коефіцієнт динамічності. Випадок резонансу. Часткове рішення. Загальне рішення. Залежність вимушених коливань в випадку резонансу.

Вимушені коливання при наявності в'язкого спротиву. Вигляд диференціального рівняння. Вигляд рішення. Три варіанти загального рішення однорідного рівняння. Часткове рішення. Метод комплексних амплітуд. Три варіанти загального рішення. Головне значення. Властивості коливань. Аналіз рішення у безрозмірному вигляді. Випадки силового та кінематичного збудження коливань. Коефіцієнт згасання. Добротність. Коефіцієнт динамічності. Амплітудно- частотна характеристика. Фазо- частотна характеристика. Випадок інерційного збудження коливань. Перехідні процеси.

##### Тема 2. Коливання систем з скінченною кількістю ступенів вільності.

Рівняння Лагранжа 2 роду. Швидкості матеріальних частинок. Кінетична енергія. Потенціальні узагальнені сили. Квазіупругі коефіцієнти. Достатні умови стійкості рівноваги. Критерій Сільвестра. Потенціальні узагальнені сили. Дисипативні сили. Дисипативна функція Релея. Позитивна визначеність функції. Система ЗДР малих коливань лінійної системи.

Вільні коливання лінійної консервативної системи з 2 ступенями вільності. Парціальна система. Парціальні частоти. Рішення для парціальних систем. Власні частоти коливань системи. Головні коливання. Коефіцієнти розподілу амплітуд. Форми головних коливань. Вимушені коливання лінійної системи з 2 ступенями вільності при гармонічному збудженні.

Вимушені коливання лінійної системи з 2 ступенями вільності. Гармонічний гасник коливань. Часткове рішення. Резонанс. Система з пружним зв'язком. Антирезонанс. Динамічне гасіння коливань. Динамічний гасник коливань. Вплив демпфера. Безрозмірні параметри. Безрозмірна амплітуда коливань. Амплітудно- частотна характеристика. Жорсткий зв'язок. Раціональний вибір параметрів гасника.

Коливання лінійних систем з скінченною кількістю ступенів вільності. Матрична форма диференціальних рівнянь руху. Визначення власних характеристик системи. Спектр власних частот. Власні вектори, Власні форми коливань. Властивості власних частот та форм коливань. Вільні коливання консервативних систем. Нормальні (головні) координати. Рішення загальної задачі.

## **Змістовний модуль 2. Стійкість руху та коливання механічних систем.**

### **Тема 3. Коливання систем з розподіленими параметрами.**

Вільні коливання. Диференціальне рівняння вільних коливань. Рівняння поздовжніх коливань тонкого прямого стержня. Рівняння крутих коливань прямого вала круглого перерізу. Рівняння руху стискаємої рідини в довгій прямій трубі. Рівняння руху розтягнутої струни. Рівняння руху згину тонкого прямого стержня. Рівняння руху розтягнутих пружних мембран та тонких пластин. Поділ змінних. Приведення до задачі про власні значення.

Аналіз власних частот та форм коливань. Поздовжні коливання тонкого прямого стержня. Круті коливання прямого вала круглого перерізу. Поперечні коливання розтягнутої струни. Поперечні коливання тонкого прямого стержня. Коливання розтягнутих пружних мембран. Коливання потоку стискаємої рідини в довгій прямій трубі.

Ортогональні властивості головних форм коливань.

### **Тема 4. Основи стійкості руху.**

Диференційне рівняння руху. Незбурений та збурений рух системи. Міра відхилення руху системи. Поняття про стійкість руху. Асимптотично- стійкий рух. Нестійкий рух. Диференційне рівняння збуреного руху. Перетворення до виду ЗДР першого порядку, фазові координати. Зауваження. Приклади: а) вільні коливання фізичного маятника; б) сферичний рух твердого тіла під дією зовнішніх сил.

Лінеаризація диференційних рівнянь. Переваги лінійних рівнянь - наявність аналітичних рішень и вигляді явних функцій. Процедура лінеаризації. Приклад: пружна система з нелінійною характеристикою. Стійкість лінійних систем. Формулювання задачі на власні значення. Зауваження щодо характеру рішення. Приклад: аналіз диференційного рівняння руху.

Теорема Ляпунова щодо стійкості за першим наближенням. Три теореми (без доказу) першого методу. Приклад: система двох ЗДР. Теорема другого методу Ляпунова. Властивості функцій Ляпунова. Розклад в ряд Маклорена. Графічна інтерпретація. Зауваження.

Теорема другого методу щодо стійкості руху. Доказ теореми. Аналіз знаковизначеності функції Ляпунова. Приклади: а) аналіз позитивної визначеності функції; б) аналіз стійкості обертання твердого тіла.

Теорема Лагранжа щодо стійкості рівноваги консервативної системи. Доказ теореми. Приклад: аналіз покою математичного маятника. Критерії стійкості руху лінійних систем. Алгебраїчний критерій Гурвіца. Приклад: диференційне рівняння другого ступеня.

Приклади аналізу стійкості руху. Стійкість руху двохступеневого гіростабілізатора. Критерій Вишнеградського. Приклад: стійкість руху двигуна внутрішнього згорання. Частотний критерій стійкості руху Михайлова.

Вплив на стійкість руху дисипативних та гіроскопічних сил

Огляд курсу.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Коливання дискретних систем</b>					
Тема 1. Вступ до дисципліни. Коливання систем з одним ступенем вільності	24	4	4		16
Тема 2. Коливання систем з скінченною кількістю ступенів вільності	36	6	6		24
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 1	62	10	12		40
<b>Змістовний модуль 2. Стійкість руху та коливання механічних систем</b>					
Тема 3. Коливання систем з розподіленими параметрами	30	6	4		20
Тема 4. Основи теорії стійкості руху та покою механічних систем.	41	8	6		27
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 2	73	14	12		47
Індивідуальне завдання	30				30
<b>Усього годин</b>	<b>165</b>	<b>24</b>	<b>24</b>		<b>117</b>

#### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

#### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Коливання систем з одним ступенем вільності	4
2	Власні коливання системи з двома, трьома та чотирма ступенями вільності	2
3	Крутні та поздовжні коливання валів	2
4	Згинні коливання стержнів	2
5	Лінеаризація диференціальних рівнянь	4
6	Аналіз стійкості руху за допомогою алгебраїчного критерію Гурвіца, критерію Михайлова та критерію Вишнеградського	2
7	Аналіз стійкості руху за другим методом Ляпунова	4
8	Модульний контроль	4
	<b>Разом</b>	<b>24</b>

#### 7. Теми лабораторних занять



№ з/п	Назва теми	Кільк. год.

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. годин
1	Вступ до дисципліни. Коливання систем з одним ступенем вільності	16
2	Коливання систем з скінченною кількістю ступенів вільності..	24
3	Коливання систем з розподіленими параметрами	20
4	Основи теорії стійкості руху та покою механічних систем.	27
	<b>Разом</b>	<b>87</b>

### 9. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання за темою «Аналіз коливань та стійкості руху робота»

### 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота студентів по виконанню індивідуального завдання, самостійна робота студентів за рекомендованими матеріалами, в тому числі-опублікованими кафедрою (методичні посібники та рекомендована література).

### 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

### 12. Розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...2	5	0...10
Робота на практичних	0...2	5	0...10
Модульний контроль	0...14	1	0...14
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...2	7	0...14
Робота на практичних заняттях	0...2	5	0...10
Модульний контроль	0...12	1	0...12
Виконання та захист РР			30
<b>Всього за семестр</b>			<b>0...100</b>

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та однієї задачі. Максимальна кількість балів за одне теоретичне питання –20, за задачу –60. Загальна максимальна кількість балів дорівнює 100 балів

## 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

1. Дискретні коливальні системи. Одномасова система. Приклади (маятник, підпружинена матеріальна точка). Динамічна рівновага системи. Поняття повертаючої сили.
2. Виведення рівняння малих пружних коливань одномасової системи без демпфування.
3. Рішення рівняння коливань одномасової системи без демпфування.. Періодичність коливань, переміщень, швидкостей, прискорень. Власна частота, період та амплітуда коливань, їх залежність від параметрів системи.
4. Явище резонансу на прикладі одномасової системи одномасової системи без демпфування.. Небезпечність резонансу механічних систем. Приклади.
5. Демпфування коливань, розсіяння енергії коливань. Рівняння коливань з урахуванням демпфування.
6. Рішення рівняння коливань з урахуванням демпфування.
7. Вплив демпфування на амплітуду коливань. Згасання коливань, декремент згасання.
8. Демпфування як засіб боротьби з резонансом коливальних систем. Природне демпфування, фактори (сухе та рідке тертя), в'язкість основних конструкційних матеріалів. Різниця між демпферами та амортизаторами. Приклади (двері в метро, стійка шасі літака).
9. Багатомасові (скінченомерні, дискретні) механічні системи в загальних координатах.
10. Характеристична матриця багатомасової системи.
11. Матрична форма задачі про власні значення. Власні вектори та власні значення.
12. Модель промислового робота як багатомасова система. Особливість – зміна конфігурації, а також інерційних, пружних та геометричних параметрів. Можливість параметричних коливань (автоколивань).
13. Коливальні системи із розподіленими параметрами (континуальні). Стержневі системи. Малі коливання. Виведення рівняння поздовжніх коливань стержня.
14. Загальне рішення рівняння поздовжніх коливань стержня в власних формах.
15. Рівняння власних частот поздовжніх коливань стержня. Спектр власних частот.
16. Рішення рівняння поздовжніх коливань затиснутих стержнів з початковими кінематичними умовами в власних формах.
17. Рішення рівняння поздовжніх коливань стислих стержнів в власних формах. Залежність власних частот від характеру спирання стержня.
18. Виведення рівняння крутих коливань стержнів (вала).
19. Рішення рівняння крутих коливань в власних формах на прикладі вільного вала. Спектр власних частот.
20. Рішення рівняння крутих коливань у разі змушених коливань на прикладі вала з дисками на кінцях.
21. Умови ортогональності та нормування на прикладі вільного вала..
22. Виведення рівняння поперечних коливань стержнів.
23. Граничні умови для рівняння поперечних коливань.

24. Рішення рівняння в власних формах поперечних коливань стержнів. Спектр власних частот.
25. Ортогональність власних форм поперечних коливань стержнів.
26. Нормування функцій форми поперечних коливань.
27. Явище стійкості (нестійкості) руху. Предмет та задачі теорії стійкості руху.
28. Загальний вид рівнянь руху. Отримання рівнянь вимушеного руху. Фазові координати.
29. Стійкість невимушеного руху. Асимптотична стійкість. Нестійкість руху.
30. Побудова рівняння вимушеного руху фізичного маятника.
31. Побудова рівнянь вимушеного руху тіла з нерухомою точкою.
32. Поняття лінеаризації. Процедура лінеаризації диференціальних рівнянь.
33. Побудова лінеаризованих рівнянь руху для нелінійної пружини.
34. Поняття стійкості лінійних систем диференціальних рівнянь. Отримання характеристичного полінома. Зв'язок корнів полінома з стійкістю системи диференціальних рівнянь.
35. Аналіз стійкості диференціального рівняння другого порядку за часом.
36. Теореми Ляпунова про стійкість за першим наближенням (без доказу).
37. Функції Ляпунова. Властивості функцій. Надати приклади.
38. Знако- визначені функції. Знако- постійні функції. Знако- змінні функції. Дати визначення та надати приклади.
39. Розклад функції Ляпунова в ряд Маклорена та аналіз геометричних властивостей поверхні в разі двох координат.
40. Доказ теореми Ляпунова про стійкість невимушеного руху.
41. Використання критерія Сільвестра для визначення знаковизначеності функції Ляпунова.
42. Виконати аналіз стійкості руху тіла з однією нерухомою точкою за другим методом Ляпунова.
43. Доказ теореми Лагранжа щодо стійкості покою (рівноваги) тіла.
44. Визначити умови рівноваги зворотного маятника.
45. Критерій стійкості лінійних систем Гурвіца
46. Аналіз стійкості руху одноосного гіростабілізатора за допомогою критерія Гурвіца.
47. Критерій стійкості лінійних систем Вишнеградського.
48. Аналіз стійкості руху двигуна з регулятором Уатта за допомогою критерія Вишнеградського.
49. Частотний критерій стійкості лінійних систем Михайлова.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

1. Вирішувати рівняння коливань одномасової системи без демпфування та з демпфуванням.
2. Визначати власну частота, період та амплітуда коливань в залежності від параметрів одномасової системи.
3. Визначати загальне рішення рівняння поздовжніх коливань стержня в власних формах.
4. Визначати спектр власних частот поздовжніх коливань стержня.
5. Визначати рішення рівняння крутих коливань в власних формах на прикладі вільного вала.
6. Визначати спектр власних частот крутих коливань вільного вала.
7. Визначати рішення рівняння крутих коливань у разі змушених
8. Виведення рівняння поперечних коливань стержнів.
9. Граничні умови для рівняння поперечних коливань.
10. Визначати рішення рівняння поперечних коливань стержнів в власних формах.

11. Визначати спектр власних частот поперечних коливань стержнів
12. Виконувати нормування функцій форми поперечних коливань
13. Проводити лінеаризацію диференціальних рівнянь.
14. Будувати характеристичний поліном для диференціального рівняння.
15. Виконувати аналіз стійкості за першим наближенням системи диференціальних рівнянь виду  $\dot{x} = -y + ax^3, \dot{y} = x + ay^3, a = const$ .
16. Використовувати критерій Сільвестра для знаковизначеності функції виду  $V = 1 - \cos(x_1 - x_2) + \sin^2 x_1$ .
17. Визначити залежності для побудови кривої Михайлова для диференціального рівняння виду  $\frac{d^4 y}{dt^4} + 2.2 \frac{d^3 y}{dt^3} - 1.47 \frac{d^2 y}{dt^2} + 8 \frac{dy}{dt} + 3y = 0$
18. Визначити стійкість руху, описаного рівнянням виду  $\frac{d^4 y}{dt^4} + 11 \frac{d^3 y}{dt^3} - 18 \frac{d^2 y}{dt^2} + 28 \frac{dy}{dt} - 32y = 0$   
за допомогою критерію Гурвіца

### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Знати основні поняття та закони теорії коливань. Вміти самостійно формулювати рівняння коливань для стержнів заданого розміру, виконаних з даного матеріалу. Вміти за допомогою викладача визначати спектр коливань. Вміти за допомогою викладача виконати лінеаризацію диференціального рівняння. Знати властивості функції Ляпунова. Знати критерії стійкості диференціальних рівнянь та за допомогою викладача визначати стійкість руху простих механічних систем.

**Добре (75 - 89).** Самостійно формулювати та вирішувати рівняння коливань одномасової системи. За допомогою викладача формулювати системи рівнянь коливань багатомасової системи, самостійно формулювати рівняння коливань та граничні і початкові умови. Самостійно лінеаризувати рівняння руху, аналізувати стійкість руху лінійних систем.

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати основний матеріал курсу. Вміти самостійно:

- розшукувати та усвідомлювати теоретичний матеріал з літературних джерел;
- формулювати та вирішувати задачі коливань механічних багатомасових та стержневих систем за допомогою MathCAD;
- формулювати та вирішувати задачі стійкості руху;
- аналізувати та пояснювати отримані результати рішення задач.

### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою
	Іспит, диференційований залік
90 – 100	Відмінно
75 – 89	Добре
60 – 74	Задовільно
0 – 59	Незадовільно

### 13. Методичне забезпечення

1. Меньшиков В.О. Динаміка механізмів: навч. посіб. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2016. 91 с.  
[http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Menshukov\\_Dunamika\\_Mehanizmov.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Menshukov_Dunamika_Mehanizmov.pdf)

2. Усік В.В. Курс теорії механізмів і машин: навч. посіб.- Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2019. 86 с.  
[http://library.khai.edu/library/fulltexts/Knigi/Usik\\_Kurs\\_Teoriyi.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/Knigi/Usik_Kurs_Teoriyi.pdf)

#### **14. Рекомендована література**

##### **Базова**

1. Василенко М.В., Алексейчук О.М.- Теорія коливань і стійкості руху.- Київ: Вища школа, 2004.- 525 с. ISBN 966-624-105-4.
2. Гаращенко Ф.Г., Матвієнко В.Т., Харченко І.І. Диференціальні рівняння для інформатиків. – К.: Видавничо- поліграфічний центр «Київський університет», 2008.- 352 с. ISBN 966-594-883-0.

##### **Допоміжна**

1. Основи теорії коливань та стійкості рухомого складу: Навч. посібник / О. В. Устенко, Р. І. Візняк, А. О. Ловська та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 129 с.
2. Теорія коливань та стійкості руху: Коливальні системи з розподіленими параметрами: курсовий проект: навч. посіб. для студ. денної форми навчання спеціальності 131«Прикладна механіка/ А.Є.Бабенко, О.О.Боронко, А.П.Грабовський А.М. Бабак; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,1 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 67 с.

#### **15. Інформаційні ресурси**

<https://education.khai.edu/department/202>  
<https://k202.tilda.ws/>