



# ЧИСЛОВІ І АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ І МІЦНОСТІ МАШИН ТА СТІЙКОСТІ РУХУ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</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>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3.0 кредити (90 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., проф. Рудаков Костянтин Миколайович, knrudakov@ukr.net</i> Комп'ютерні практикуми: <i>к.т.н., ст. викладач Дифучин Юрій Миколайович, dif62@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2722">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2722</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Сучасний розвиток техніки висуває перед інженерами завдання про підвищення надійності й довговічності машин та конструкцій, що працюють у складних експлуатаційних умовах. Це викликає необхідність проведення масових модельних розрахунків, загальною рисою яких є застосування чисельних методів та ЕОМ, оскільки відомі аналітичні розв'язки здебільше стосуються "класичних" геометричних форм, властивостей матеріалів та умов навантаження.

*Чисельні методи* – це інтерпретація математичних моделей (зокрема, й крайових задач) для її реалізації за допомогою простих математичних дій: додавання, віднімання, множення, ділення, а також логічних операцій: "так", "ні", "і", "або" й операції порівняння: "більше", "менше", "дорівнює". Тільки це і саме це вміє ЕОМ, причому дуже швидко.

*Крайова задача* – математична модель об'єкта, яка формалізована алгебраїчними, диференціальними, інтегральним та/або логічними зв'язками, створена для визначення деяких характеристик стану об'єкта і яка враховує його геометрію (*геометрична модель*), властивості матеріалу (*модель середовища*), вихідний стан (*початкові умови*), тип і характер впливу на об'єкт або його взаємодію з іншими об'єктами (*граничні умови*).

*Алгебраїзація* – приведення математичної моделі до вигляду, придатного для створення алгоритму її розв'язування на ЕОМ (невідомі ЕОМ операції диференціювання та інтегрування замінюються на алгебраїчні, з достатньою точністю).

*Алгоритм* – це набір інструкцій, що описують порядок дій виконавцем для розв'язування задачі за кінцеву кількість дій.

Для ЕОМ сформульовано, на перший погляд, парадоксальний принцип – *принцип некомпетентності Пітера*: "ЕОМ багаторазово збільшує некомпетентність обчислювача". Тобто у якості користувача програми, в якій реалізовано деякий алгоритм, може бути малоосвічена людина. І вона буде сприймати будь-які результати обчислень як вірні. Тому користувач, проводячи розрахунки об'єктів на міцність та стійкість, повинен знати основи теорій та методів, закладених у спеціалізовані програми, їхні можливості та обмеження, щоб не допускати помилкові інженерні рішення, інакше кажучи – бути фахівцем з чисельних розрахунків.

**Метою** навчальної дисципліни "Числові і аналітичні методи аналізу динаміки і міцності машин та стійкості руху" є формування у студентів систематизованих знань щодо методів та алгоритмів для наближеного розв'язування крайових задач динаміки, міцності та стійкості руху машин й елементів конструкції із застосуванням ЕОМ.

**Предметом** цієї навчальної дисципліни є ефективні методи розв'язування крайових задач динаміки, міцності та стійкості руху машин й елементів конструкції.

Студенти після засвоєння дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

- **знання** про узагальнені постановки та чисельні методи розв'язування крайових задач динаміки, міцності та стійкості руху машин й елементів конструкції із застосуванням ЕОМ;
- **уміння** ставити крайові задачі та призначати або розробляти ефективні числові алгоритми їхнього розв'язування із застосуванням ЕОМ;
- **досвід** в обиранні або розробці алгоритмів розв'язування крайових задач динаміки, міцності та стійкості руху машин й елементів конструкції, а також у проведенні їхніх розрахунків на ПЕОМ.

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

Дисципліна "Числові і аналітичні методи аналізу динаміки і міцності машин та стійкості руху" базується на раніше засвоєних дисциплінах: "Загальна фізика", "Вища математика", "Лінійна алгебра", "Теоретична механіка", "Механіка матеріалів і конструкцій", "Математична фізика", "Деталі машин і основи конструювання", "Теорія пружності", "Будівельна механіка машин", "Теорія коливань та стійкості руху", "Теорія пластичності та повзучості", "Механіка анізотропних конструкцій", "Інформатика", "Інженерна та комп'ютерна графіка", "Числові методи динаміки і міцності машин".

Цією навчальною дисципліною забезпечуються навчальні дисципліни "Сучасні методи проектування", "Інформаційні системи та технології в машинобудуванні", "Спеціальні системи розрахунків" тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### Розділ 1. Загальні положення про теорію стійкості руху

Тема 1.1. Вступ. Системи зі зосередженими масами, стійкість руху за Ляпуновим

Тема 1.2. Стійкість руху об'єктів деформівного твердого тіла. Теореми Лагранжа-Діріхле та Четаєва.

### Розділ 2. Градієнти руху, їхні властивості. Міри деформацій та напружень

Тема 2.1. Метричний опис деформівного середовища. Градієнт руху, його властивості. Поняття про об'єктивні, індиферентні, інваріантні та ізотропні об'єкти

Тема 2.2. Тензори (міри) деформацій

Тема 2.3. Тензори (міри) напружень

### Розділ 3. Загальні співвідношення механіки суцільних середовищ

Тема 3.1. Другий закон термодинаміки. Тензор швидкості деформацій

Тема 3.2. Спряжені тензори деформацій та напружень

Тема 3.3. Варіаційний принцип можливих переміщень

### Розділ 4. Моделі матеріалів при геометричній та фізичній нелінійності

Тема 4.1. Клас простих матеріалів. Пружний матеріал. Пружний потенціал. Моделі матеріалів на основі пружного потенціалу

Тема 4.2. Теоретичні основи застосування логарифмічної міри деформації Генкі при великих деформаціях

#### Розділ 5. Мультиплікативний розклад при моделюванні великих деформацій

Тема 5.1. Мультиплікативний розклад градієнта руху

Тема 5.2. Загальні рівняння інкрементальних теорій пластичності та повзучості при великих деформаціях при застосуванні мультиплікативного розкладу

#### Розділ 6. Алгоритми визначення напружень у точці тіла при моделюванні нелінійних процесів деформування

Тема 6.1. Алгоритм визначення напружень у точці тіла з використанням моделі великих термопружних та необоротних деформацій (деформації Гріна-Лагранжа)

Тема 6.2. Алгоритм визначення напружень у точці тіла з використанням моделі великих термопружних та необоротних деформацій (деформації Альмансі, логарифмічні деформації Генкі)

#### Розділ 7. Скінченно-елементні алгоритми TL-формулювання при геометричній та фізичній нелінійності

Тема 7.1. Скінченно-елементне наближення крайових задач при TL-формулюванні

Тема 7.2. Алгоритм методу Ньютона-Рафсона розв'язування крайової задачі із врахуванням геометричної нелінійності

Тема 7.3. Визначення втрати стійкості пружним тілом

#### Розділ 8. Скінченно-елементні алгоритми UL-формулювання при геометричній та фізичній нелінійності

Тема 8.1. Особливості скінченно-елементного наближення крайових задач при UL-формулюванні та алгоритму методу Ньютона-Рафсона

Тема 8.2. Визначення втрати стійкості руху при наявності фізичної та геометричної нелінійності (алгоритми обмеження навантажень/переміщень)

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### *Базова література*

1. Василенко М.В., Алексейчук О.М. Теорія коливальних і стійкості руху: Підручник. – К.: Вища шк., 2004. – 525 с.

2. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій. Моделювання геометрично і фізично нелінійних процесів деформування. Стійкість руху: Лекції. – К.: НТУУ "КПІ", 2020. – 120 с.

3. Коробейников С.Н. Нелинейное деформирование твердых тел. – Новосибирск: СО РАН, 2000. – 261 с.

4. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій. В 2-х томах. Т.ІІ. Класичні крайові задачі: Навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл. Електронний ресурс] / К.М. Рудаков – Київ: НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", 2020. – 300 с.

5. Рудаков К.Н. FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций / К.Н. Рудаков. К., 2011. 317 с. Електрон. аналог друк. вид. : URL: <http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/16-rudakov-kostyantyn-mikolajovich.html> (дата звернення: 14.08.2021).

### *Допоміжна література*

6. Зенкевич О. Конечные элементы и аппроксимация / О. Зенкевич, К. Морган. М.: Мир, 1986. 318 с.

7. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій: Навч. посібник / К.М. Рудаков. К.: НТУУ „КПІ”, 2007. 379 с.

8. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій. В 2-х томах. Т.І. Чисельні методи алгебри: Навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл. Електронний ресурс] / К.М. Рудаков – Київ: НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", 2016. – 148 с.

9. Bathe Klaus-Jürgen. Finite Element Procedures. Second Edition – Prentice Hall, 2014. – 1043 p.

10. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method. Volume 1: The Basis. – Oxford: BH, 2000. – 689 p.

11. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method. Volume 2: Solid Mechanics. – Oxford: BH, 2000. – 459 p.

Електронні копії книг надаються лектором на початку вивчення дисципліни, а також знаходяться в базі даних ПЕОМ в ауд. 254-1.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Разом	Лекції	Практичні	Комп'ютерний практикум	Інд. заняття	СРС
<b><i>Розділ 1. Загальні положення про теорію стійкості руху</i></b>						
Тема 1.1. Вступ. Системи зі зосередженими масами, стійкість руху за Ляпуновим	6	1.5	2	-	-	2.5
Тема 1.2. Стійкість руху об'єктів деформівного твердого тіла. Теореми Лагранжа-Діріхле та Четаєва	1	0.5	-	-	-	0.5
Разом за розділом 1	7	2	2	-	-	3
<b><i>Розділ 2. Градієнти руху, їхні властивості. Міри деформацій та напружень</i></b>						
Тема 2.1. Метричний опис деформівного середовища. Градієнт руху, його властивості. Поняття про об'єктивні, індіферентні, інваріантні та ізотропні об'єкти	6	2	2	-	-	2
Тема 2.2. Тензори (міри) деформацій	5	1	2	-	-	2
Тема 2.3. Тензори (міри) напружень	5	1	2	-	-	2
Разом за розділом 2	16	4	6	-	-	6
<b><i>Розділ 3. Загальні співвідношення механіки суцільних середовищ</i></b>						
Тема 3.1. Другий закон термодинаміки. Тензор швидкості деформацій	1.5	0.5	-	-	-	1
Тема 3.2. Спряжені тензори деформацій та напружень	3.5	0.5	2	-	-	1
Тема 3.3. Варіаційний принцип можливих переміщень	5	1	2	-	-	2
Разом за розділом 3	10	2	4	-	-	4
<b><i>Розділ 4. Моделі матеріалів при геометричній та</i></b>						

<b><i>фізичній нелінійності</i></b>						
Тема 4.1. Клас простих матеріалів. Пружний матеріал. Пружний потенціал. Моделі матеріалів на основі пружного потенціалу	1.5	0.5	-	-	-	1
Тема 4.2. Теоретичні основи застосування логарифмічної міри деформації Генкі при великих деформаціях	2.5	0.5	-	-	-	2
Разом за розділом 4	4	1	-	-	-	3
<b><i>Розділ 5. Мультиплікативний розклад при моделюванні великих деформацій</i></b>						
Тема 5.1. Мультиплікативний розклад градієнта руху	1.5	0.5	-	-	-	1
Тема 5.2. Загальні рівняння інкрементальних теорій пластичності та повзучості при великих деформаціях при застосуванні мультиплікативного розкладу	1.5	0.5	-	-	-	1
Разом за розділом 5	3	1	-	-	-	2
<b><i>Розділ 6. Алгоритми визначення напружень у точці тіла при моделюванні нелінійних процесів деформування</i></b>						
Тема 6.1. Алгоритм визначення напружень у точці тіла з використанням моделі великих термопружних та необоротних деформацій (деформації Гріна-Лагранжа)	6	2	-	2	-	2
Тема 6.2. Алгоритм визначення напружень у точці тіла з використанням моделі великих термопружних та необоротних деформацій (деформації Альмансі, логарифмічні деформації Генкі)	6	2	-	2	-	2
Разом за розділом 6	12	4	-	4	-	4
<b><i>Розділ 7. Скінченно-елементні алгоритми TL-формулювання при геометричній та фізичній нелінійності</i></b>						
Тема 7.1. Скінченно-елементне наближення крайових задач при TL-формулюванні	1.5	0.5	-	-	-	1
Тема 7.2. Алгоритм методу Ньютона-Рафсона розв'язування крайової задачі із врахуванням геометричної нелінійності	4.5	0.5	-	2	-	2
Тема 7.3. Визначення втрати стійкості пружним тілом	8	1	2	4	-	1
Разом за розділом 7	14	2	2	6	-	4
<b><i>Розділ 8. Скінченно-елементні алгоритми UL-формулювання при геометричній та фізичній нелінійності</i></b>						
Тема 8.1. Особливості скінченно-елементного наближення крайових задач при UL-формулюванні та алгоритму методу Ньютона-Рафсона	1	0.5	-	-	-	0.5
Тема 8.2. Визначення втрати стійкості руху при наявності фізичної та геометричної нелінійності (алгоритми обмеження навантажень/переміщень)	13	1.5	-	8	-	3.5
Разом за розділом 8	14	2	-	8	-	4
Підготовка до заліку	6	-	-	-	-	6
Проведення заліку	4	-	4	-	-	-
Всього годин	90	18	18	18	-	36

## Лекційні заняття

№	Теми лекційних занять та перелік основних питань	Кількість
1	Тема 1.1. Вступ. Системи зі зосередженими масами, стійкість руху за Ляпуновим. Література: [1], розділ 7; [2], Вступ, підрозділи 1.1, 1.2. Конспект лекцій.	1.5
	Тема 1.2. Стійкість руху об'єктів деформівного твердого тіла. Теореми Лагранжа-Діріхле та Четаєва. Література: [2], підрозділ 1.3. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [1], розділ 7; [2], Вступ, підрозділи 1.1 - 1.3; [2], підрозділи 2.1 – 2.5.	0.5
2	Тема 2.1. Метричний опис деформівного середовища. Градієнт руху, його властивості. Поняття про об'єктивні, індіферентні, інваріантні та ізотропні об'єкти. Література: [2], підрозділи 2.1 – 2.5. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [2], Розділи 3, 4.	2
3	Тема 2.2. Тензори (міри) деформацій. Література: [2], Розділ 3. Конспект лекцій.	1
	Тема 2.3. Тензори (міри) напружень Література: [2], Розділ 4. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [2], підрозділи 5.1 - 5.4.	1
4	Тема 3.1. Другий закон термодинаміки. Тензор швидкості деформацій. Література: [2], підрозділи 5.1, 5.2. Конспект лекцій.	0.5
	Тема 3.2. Спряжені тензори деформацій та напружень. Література: [2], підрозділ 5.3. Конспект лекцій.	0.5
	Тема 3.3. Варіаційний принцип можливих переміщень. Література: [2], підрозділ 5.4. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [2], підрозділи 6.1 – 6.3., 7.1 – 7.3.	1
5	Тема 4.1. Клас простих матеріалів. Пружний матеріал. Пружний потенціал. Моделі матеріалів на основі пружного потенціалу. Література: [2], підрозділи 6.1 - 6.3. Конспект лекцій.	0.5
	Тема 4.2. Теоретичні основи застосування логарифмічної міри деформації Генкі при великих деформаціях. Література: [2], підрозділ 6.4. Конспект лекцій.	0.5
	Тема 5.1. Мультиплікативний розклад градієнта руху. Література: [2], підрозділи 7.1, 7.2. Конспект лекцій.	0.5
	Тема 5.2. Загальні рівняння інкрементальних теорій пластичності та повзучості при великих деформаціях при застосуванні мультиплікативного розкладу. Література: [2], підрозділ 7.3. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [2], підрозділ 8.1.	0.5
6	Тема 6.1. Алгоритм визначення напружень у точці тіла з використанням моделі великих термопружних та необоротних деформацій (деформації Гріна-Лагранжа). Література: [2], підрозділ 8.1. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [2], підрозділ 8.2.	2
7	Тема 6.2. Алгоритм визначення напружень у точці тіла з використанням моделі великих термопружних та необоротних деформацій (деформації Альмансі, логарифмічні деформації Генкі). Література: [2], підрозділ 8.1. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [2], підрозділ 8.2.	2
8	Тема 7.1. Скінченно-елементне наближення крайових задач при TL-формулюванні	0.5

	Література: [2], підрозділ 8.1. Конспект лекцій.	
	Тема 7.2. Алгоритм методу Ньютона-Рафсона розв'язування крайової задачі із врахуванням геометричної нелінійності Література: [2], підрозділ 8.2. Конспект лекцій.	0.5
	Тема 7.3. Визначення втрати стійкості пружним тілом Література: [2], підрозділ 8.3. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [2], розділ 9.	1
9	Тема 8.1. Особливості скінченно-елементного наближення крайових задач при UL-формулюванні та алгоритму методу Ньютона-Рафсона. Література: [2], підрозділ 9.1. Конспект лекцій.	0.5
	Тема 8.2. Визначення втрати стійкості руху при наявності фізичної та геометричної нелінійності (алгоритми обмеження навантажень/переміщень). Література: [2], підрозділ 9.2. Конспект лекцій. Завдання на СРС: підготовка до заліку.	1.5

Методика вивчення курсу: прослуховування лекцій; підготовка необхідного теоретичного матеріалу до практичних занять та занять з комп'ютерного практикуму; виконання робіт на практичних заняттях та з комп'ютерного практикуму; самостійна робота з літературою; підготовка до заліку.

На роботи з комп'ютерного практикуму кожному студенту видається завдання в друкованому та/або електронному вигляді.

Індивідуальні консультації проводяться щотижня за розписом на кафедральному сайті <http://mmi-dmm.kpi.ua>.

#### **Платформа дистанційного навчання:**

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни і засвоєння матеріалу, а також на період локдауну внаслідок пандемії, використовується електронна пошта, електронний кампус КПІ, система Moodle та сервіс для проведення онлайн-нарад Zoom, Skype, Google Meet або інших, за допомогою яких:

- проводяться лекційні або інші заняття;
- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку зі студентами стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та їх оцінювання.

Докладні відомості – в установчих документах організації дистанційного навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

- Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського  
[https://document.kpi.ua/2020\\_7-73](https://document.kpi.ua/2020_7-73);
- Регламент проведення семестрового контролю в дистанційному режимі  
<https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Reglament%20semestr%20control.pdf>.

## **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студента передбачає підготовку до практичних занять та занять з комп'ютерного практикуму: попереднє ознайомлення із матеріалами за темою заняття, викладеними у джерелах літератури, та закріплення результатів заняття шляхом проведення числових розрахунків, розглянутих на занятті постановок задач при варіюванні вихідних параметрів (розмірів конструкції, її жорсткісних параметрів, величин і характеру прикладених навантажень) згідно із наданими викладачем рекомендацій. Для розглянутих прикладів розв'язання задач передбачається опитування

щодо основних результатів та пояснення механічних ефектів, які спостерігаються при зміненні вихідних даних.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### 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 при виконання завдань з комп'ютерного практикуму розвиваються навички, необхідні для виконання в майбутньому курсової роботи та розрахунків реальних об'єктів, складання заліку.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентами практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

#### Правила поведінки на заняттях

При виконанні робіт комп'ютерного практикуму дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації в інтернеті.

#### Правила захисту робіт комп'ютерного практикуму

Кожна виконана робота комп'ютерного практикуму для докладної перевірки пересилається викладачу на його електронну пошту у термін, призначений викладачем. Вірно виконана робота зараховується як прийнята, про що студенту повідомляється у зручний спосіб, зокрема й за вимогою.

#### Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання завдання комп'ютерного практикуму (за кожне завдання)	+ 2 бали	Порушення термінів виконання роботи (за кожне завдання)	- 1 бал

#### Пропущені контрольні заходи

Завдання комп'ютерного практикуму, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку), оцінюється зі штрафними балами.

Завдання комп'ютерного практикуму, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації, 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 «Числові і аналітичні методи аналізу динаміки і міцності машин та



стійкості руху» не передбачає її вивчення англійською мовою.

### **Інклюзивне навчання**

Навчальна дисципліна «Числові і аналітичні методи аналізу динаміки і міцності машин та 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.

### **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

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

*Календарний контроль (атестація): проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

*Семестровий контроль: залік.*

#### **Види контролю та бали за кожен елемент контролю:**

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Роботи комп'ютерного практикуму	54	6	9	54
3.	Залік	46	52	1	46
Всього					100

#### **Контрольний захід, оцінювання дистанційного навчання**

##### **1. Контрольний захід**

№ з/п	Контрольний захід - залік	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	90	30	3	від 90
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	25	3	від 75
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	20	3	від 60
4.	Відповідь на тестове запитання з варіантами відповідей	10	10	1	від 10
5.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	3	0
Максимальна кількість балів					100
Отримана кількість балів					N
Набрана кількість балів для семестрового оцінювання					$N * 0.46$

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

##### **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 (роботи комп'ютерного практикуму, поточні контрольні роботи) 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 студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг	≥ 25 балів	≥ 40 балів
	Виконання робіт комп'ютерного практикуму	Роботи № 1-4	+
		Роботи № 5-7	—

### Семестровий контроль: залік

Обов'язкова умова допуску до заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD ≥ 45

### Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання всіх робіт комп'ютерного практикуму;
2. 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

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:* надається лектором наприкінці семестру, відповідає змісту реально проведених занять.
- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою:* можливо у випадку відповідності змісту цих курсів програмі дисципліни не менш ніж на 80 відсотків.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** професор, д.т.н., проф. Рудаков К.М.; ст. викладач, к.т.н. Дифучин Ю.М.

**Ухвалено** кафедрою ДММіОМ (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_)

**Погоджено** Методичною комісією механіко-машинобудівного інституту (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_)