



# ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА Частина 2. Кінематика.

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізитивна 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>Автоматизовані та роботизовані механічні системи НН ММІ Динаміка і міцність машин НН ММІ Конструювання та дизайн машин НН ММІ Технології виробництва літальних апаратів НН ММІ Технології машинобудування НН ММІ</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЄКТС, 150 годин, лекції –36 годин; практичні – 36 годин; СРС–78 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>За розкладом університету <a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>докт. фіз.-мат. наук, професор, Янчевський Ігор Владиславович, <a href="mailto:i.yanchevskyi@kpi.ua">i.yanchevskyi@kpi.ua</a></i>
Профіль викладача	<i>Лектор: <a href="https://intellect.kpi.ua/profile/yiv22">https://intellect.kpi.ua/profile/yiv22</a></i>
Розміщення курсу	<i>Відповідний повний дистанційний курс розміщений на платформі дистанційного навчання КПІ ім. Ігоря Сікорського за адресою : <a href="https://classroom.google.com/c/MjYyNzY4NDgzNzNM4?cjc=4nvgttl">https://classroom.google.com/c/MjYyNzY4NDgzNzNM4?cjc=4nvgttl</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка. Частина 2. Кінематика» є частиною дисципліни теоретична механіка, у якій вивчають основні поняття та закони механіки; методи і способи визначення кінематичних характеристик складних рухів твердих тіл та окремих їх точок, складання і розв'язання диференціальних рівнянь руху вільної й невільної матеріальної точки (аналітичні, графічні, із застосуванням комп'ютера).

Вивчення дисципліни «Теоретична механіка. Частина 2. Кінематика» базується на широкому використанні фізичних уявлень про Всесвіт і математичних методах диференціальних та інтегральних обчислень, теорії диференціальних рівнянь, теорії векторної алгебри і тому її вивчення вимагає наявності базових знань з елементарної і вищої математики, евклідової геометрії, аналітичної алгебри, нарисної геометрії, загальної фізики.

Ця дисципліна дає студенту конкретні знання з кінематики окремих матеріальних точок та твердих тіл і є фундаментом для отримання базових знань з кінематики твердого тіла і механічної системи, законів класичної механіки, а також для вивчення таких дисциплін, як теорія машин і механізмів, деталі машин.

У дисципліні знайшли відображення сучасні запитання про задачі та методи визначення кінематичних характеристик руху механічних систем, які застосовують у різних галузях машинобудування. Його викладання передбачає розвиток логічного та алгоритмічного мислення об'єкта дослідження.

Мета вивчення дисципліни «Теоретична механіка. Частина 2. Кінематика» – дати студентам теоретичні знання і практичні уміння з визначення кінематичних параметрів плоскопаралельного та сферичного руху твердого тіла, побудови математичної моделі та складання диференціальних рівнянь руху матеріальної точки, оволодіти методами їх розв'язання, запису початкових та граничних умов її руху, дослідження прямолінійних коливань точки.

Предмет навчальної дисципліни «Теоретична механіка. Частина 2. Кінематика» вивчає математичні моделі руху (у вигляді диференціальних рівнянь) найпростіших матеріальних об'єктів; класифікації рухів механічних систем та аналізування їх складових елементів; розв'язання диференціальних рівнянь з метою визначення кінематичних/динамічних законів руху точок.

#### **Вивчення дисципліни дозволить сформувати наступні фахові компетентності:**

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

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.

#### **Завершитись навчання має наступними програмними результатами:**

РН1. Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки додатні математичні методи;

РН6. 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;

#### **Знання:**

- теорем про розподіл швидкостей і пришвидшень точок тіла;
- поняття миттєвого центра швидкостей та пришвидшень;
- регулярної прецесії;
- методу зупинення;
- законів Ньютона;
- форм запису диференціальних рівнянь руху матеріальної точки;
- поняття сил інерції та принципа Даламбера;
- про вільні та вимушені прямолінійні коливання матеріальної точки.

#### **Уміння:**

- визначати кінематичні характеристики точок та тіл;
- складати диференціальні рівняння руху точки;
- досліджувати коливальні рухи точки та тіла.

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

Дисципліна «Теоретична механіка. Частина 2. Кінематика» має міждисциплінарний характер. За структурно-логічною схемою програми підготовки бакалавра навчальній дисципліні «Теоретична механіка» передують такі дисципліни, «Вища математика», «Загальна фізика», «Лінійна алгебра і аналітична геометрія».

Цей курс дає студенту конкретні знання для складання математичної моделі будь-якого можливого руху або рівноваги окремих матеріальних точок, твердих тіл та механічних систем, навички запису диференціальних рівнянь руху, постановки задачі Коші для конкретних об'єктів дослідження, закріплює знання з розв'язування цих рівнянь, і є фундаментом для вивчення таких дисциплін, як гідро- і аеродинаміка, теорії коливань, пружності, пластичності і оболонок, механіка суцільного середовища.

Дисципліна «Теоретична механіка. Частина 2. Кінематика» є фундаментом для вивчення таких дисциплін, як «Теоретична механіка. Частина 3. Динаміка», «Механіка матеріалів і конструкцій», «Теорія механізмів і машин», «Теорія механізмів і машин. Курсова робота», «Деталі машин і основи конструювання», «Деталі машин і основи конструювання. Курсовий проект».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Тема 1. Кінематика твердого тіла**

- 1.1. Плоскопарарельний рух
- 1.2. Сферичний рух
- 1.3. Складний рух

### **Тема 2. Динаміка матеріальної точки**

- 2.1. Динаміка вільної матеріальної точки
- 2.2. Динаміка невільної матеріальної точки
- 2.3. Вільні коливання матеріальної точки
- 2.4. Вимушені коливання матеріальної точки
- 2.5. Динаміка відносного руху матеріальної точки

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

### **Базова література:**

1. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
2. Векерик В.І., Ільчишина Д.І., та ін. Теоретична механіка: Навч. посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2006. – 459 с.
3. Лобас Л.Г., Лобас Людм. Г. Теоретична механіка: Підручник для ст. вищ. техн. навч. закладів. – К.: ДЕТУТ, 2008. – 406 с.
4. Березова О. А., Друшляк Г. Ю., Солодовников Р. В. Теоретична механіка. – К.: ІЗМН, 1998. – 408 с.
5. Теоретична механіка-2. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка [Електр]/ Уклад.: Кириченко В.В., Кришталь В.Ф., Янчевський І. В. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 108 с.
6. Теоретична механіка: збірник задач: навч. посібник для студ. вищих навч. закл./ за ред. М. А. Павловського. – К.: Техніка, 2007. – 400 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тема	Зміст навчального заняття	Кількість годин			
		Лекц.	Практ.	СРС	Разом
<b>Тема 1. Кінематика твердого тіла</b>					
1.1. Плоскопаралельний рух	Кінематичний закон плоскопаралельного руху тіла. Розподіл швидкостей/пришвидшень точок плоскої фігури. Способи визначення миттєвого центра швидкостей/пришвидшень. Теорема Пуансо. План швидкостей/пришвидшень.	6	6	6	18
1.2. Сферичний рух	Рух твердого тіла навколо нерухомої точки. Теорема Ейлера. Кути Ейлера. Визначення напрямних косинусів. Регулярна/Нерегулярна прецесія. Розподіл лінійних швидкостей та пришвидшень точок тіла. Кінематичні рівняння Ейлера	6	6	6	18
1.3. Складний рух	Основна задача кінематики складного руху твердого тіла. Складання поступальних рухів. Складання обертальних рухів навколо паралельних/перетинних осей. Пара обертань. Складання миттєво-поступального і миттєво-обертального рухів. Метод зупинення. Формула Вілліса.	4	4	6	14
<b>Тема 2. Динаміка матеріальної точки</b>					
2.1. Динаміка вільної матеріальної точки	Вступ. Закони Ньютона. Диференціальні рівняння руху матеріальної точки. Дві основні задачі динаміки МТ. Пряма/Обернена задача динаміки МТ.	4	4	4	12
2.2. Динаміка невільної матеріальної точки	Динамічне рівняння руху невільної матеріальної точки. Типи в'язей та їх рівняння. Принцип Д'Аламбера для МТ.	4	4	4	12
2.3. Вільні коливання матеріальної точки	Класифікація коливань. Вільні коливання матеріальної точки без/з урахуванням сили опору. Період та амплітуда вільних коливань.	4	4	4	12
2.4. Вимушені коливання матеріальної точки	Вимушені коливання без/з врахуванням сил опору. Явище биття.	4	4	4	12
2.5. Динаміка відносного руху матеріальної точки	Закон відносного руху точки. Окремі випадки відносного руху точки. Умови відносного спокою. Принцип відносності класичної динаміки.	4	2	4	10
Розрахунково-графічна робота				6	6
Модульна контрольна робота			2	4	6
Підготовка до екзамену				30	30

### **Платформа дистанційного навчання:**

Для більш ефективної комунікації зі студентами та засвоєння ними теоретичного матеріалу використовується електронна пошта, сервіс Zoom для проведення онлайн-нарад та система Google Classroom, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється зворотній зв'язок стосовно навчальних завдань;
- оцінюються виконання домашніх завдань;
- ведеться облік та оцінювання виконання плану навчальної дисципліни.

## **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студентів передбачає самостійне вивчення теоретичного матеріалу, викладеного у джерелах [1-4].

Також передбачено виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) з використанням методичних рекомендацій [5] для закріплення набутих теоретичних знань. Зазначена РГР має бути оформлена на аркушах формату А4 з рамкою і підшита у вигляді звіту, на сторінках якого представлені розв'язки чотирьох індивідуальних домашніх завдань з аналізом отриманих результатів. Тематику індивідуальних завдань та орієнтовні терміни їх здачі та захисту наступні:

- Завдання 1. "Плоскопарарельний рух" - 6 тиждень навчання;
- Завдання 2. "Сферичний рух" (не обов'язкове завдання) – на одному з додаткових занять на 8 му тижні;
- Завдання 3. "Обернена задача динаміки мат. точки" – 12 тиждень;
- Завдання 4. "Прямолінійні коливання матеріальної точки" – 16 тиждень.

Номери персональних варіантів індивідуальних завдань і уточненні терміни їх здачі представлені у відповідних папках дистанційного курсу.

Приклад оформлення титульного аркушу зазначеного звіту зображено після розділу 9 даного курсу.

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни**

#### **Правила відвідування занять**

Відвідування лекцій та практичних занять не оцінюється, але фіксується в Google Classroom. Разом з тим, студентам бажано відвідувати всі заняття, оскільки на них викладається теоретичний та практичний матеріал та розвиваються навички, необхідні, зокрема, для виконання РГР, написання МКР та підготовки до екзамену.

#### **Заохочувальні бали та штрафні бали**

Заохочувальні бали можуть нараховуватися за неklasичний/оригінальний підхід до розв'язання індивідуального завдання, за виконання творчих робіт: робота у наукових гуртках з підготовкою матеріалів доповідей або статей для публікації, участь у наукових і науково-практичних конференціях і семінарах, олімпіадах з дисципліни, конкурсах робіт, рефератів та оглядів наукових праць. Кількість нарахованих заохочувальних балів залежить від отриманих результатів і не може перевищувати 10% від стартової шкали, тобто  $75 \times 0,1 = +7,5$  балів.

Штрафні бали можуть бути нараховані за порушення термінів виконання індивідуальних завдань РГР та систематичний пропуск занять без поважної причини. Кількість штрафних балів не може перевищувати 10% від стартової шкали, тобто  $75 \times 0,1 = -7,5$  балів.

### **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 «Теоретична механіка – 2. Кінематика» не передбачає її вивчення іноземною мовою. Однак у процесі викладання навчальної дисципліни можуть бути використані матеріали та джерела англійською мовою.

Враховуючи студенто-центрований підхід, допускається вивчення матеріалу за допомогою англійськомовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

### **Інклюзивне навчання**

Навчальна дисципліна «Теоретична механіка – 2. Кінематика» 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)**

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

№	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кількість	Усього
1	Виконання індивідуальних завдань РГР	24	6	4	24
2	Відповіді на практичних заняттях	15	5	3	15
3	Модульна контрольна робота	21	21	1	21
4	Екзамен	40	40	1	40
<b>Разом</b>					<b>100</b>

Результати оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі (у системі Google Classroom або e-mail).

**Поточний контроль:** чотири індивідуальних завдання впродовж семестру (завдання РГР)

№ з/п	Індивідуальне завдання	%	Бал
1	Повністю виконане завдання з аналізом отриманого результату	85...100	5,5...6,0
2	Повністю виконане завдання із деякими зауваженнями до методик розв'язання	71...85	4,6...5,5
3	Завдання виконано, однак є суттєві помилки у методі розв'язання чи є зауваження до обраного підходу	66...70	4,0...4,5

4	Завдання виконано, однак містить принципові помилки у розв'язанні	60...65	3,6...3,9
5	Завдання не виконано	0	0
<b>Максимальна кількість балів</b>			<b>6,0</b>

### Календарний рубіжний контроль.

В семестрі дві проміжні атестації студентів (далі – атестація). Метою проведення атестації є моніторинг виконання графіка освітнього процесу. Перша атестація проводиться на 8му тижні навчання, а умовою отримання позитивної атестації на ній – поточний рейтинг не менший 15 балів. Друга атестація проводиться на 14-му тижні, а умовою отримання позитивної атестації на ній – поточний рейтинг не менший 30 балів.

Модульна контрольна робота (МКР) проводиться наприкінці вивчення другої теми. Мета контрольної роботи – перевірка вміння застосовувати набуті теоретичні та практичні знання для дослідження кінематики твердого тіла та динаміки матеріальної точки. Тривалість МКР – дві академічні години (одне практичне заняття) і проводиться з наступних тем:

1. Тема 1.1 «Плоскопарарельний рух».
2. Тема 2.3/2.4 «Прямолінійні коливання матеріальної точки»

№ з/п	Модульна контрольна робота	%	Бал
1	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	91...100	19,5...21,0
2	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	76...90	15,8...19,5
3	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60...75	14,1...15,7
4	Відповідь не повна або не правильна	35...59	12,5...14,0
<b>Максимальна кількість балів</b>			<b>21,0</b>

### Семестровий контроль: екзамен

Обов'язкова умова допуску до екзамену		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD ≥ 38
2	Виконання РГР	Зараховано викладачем

### Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання усіх обов'язкових завдань РГР.
2. Стартовий рейтинг не менше 38 балів.

### 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

## **Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто викладачем згідно із наперед визначеними процедурами. Додаткова інформація стосовно процедури оскарження результатів: студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень. Детальніше: [https://document.kpi.ua/2022\\_HOH-228](https://document.kpi.ua/2022_HOH-228)

## **Додаткова інформація стосовно семестрового контролю**

Екзаменаційний білет містить два теоретичні питання, одне з яких за темою 1 "Кінематика твердого тіла", а друге – за темою 2 "Динаміка матеріальної точки". Перелік усіх теоретичних питань наведений у розділі 9 даного Силабусу. Умови проведення екзамену оголошується напередодні встановленої дати, однак тривалість контролю не перевищуватиме 1,5 години. На екзамені студентам дозволяється впродовж короткого проміжку часу користуватись власним конспектом лекцій.

## **9. Додаткова інформація з дисципліни**

Орієнтовний перелік теоретичних питань, що виносяться на екзамен, наведений нижче:

1. Означення плоско-паралельного руху (п.п.р.) ТТ. Плоска фігура. Кінематичні рівняння п.п.р. Сформулювати та довести теорему про розподіл швидкостей/пришвидшень точок ТТ при п.п.р.. Сформулювати теорему Грасгофа. Вказати властивості складових відносного пришвидшення точки ТТ.
2. Дати означення для миттєвого центру швидкостей/пришвидшень (МЦШ/МЦП). Способи знаходження МЦШ/МЦП. Центроїди, теорема про центроїди. Приклади визначення швидкостей/пришвидшень точок плоского механізму методом МЦШ/МЦП.
3. Дати означення для плану швидкостей/пришвидшень (ПШ/ПП). Теорема подоби для ПШ/ПП. Приклади визначення швидкостей/пришвидшень точок плоского механізму методом планів.
4. Означення сферичного руху (с.р.) ТТ. Кінематичні рівняння с.р. ТТ. Вказати послідовність і назви кутів Ейлера. Матриця перетворення координат (матриця повороту). Визначення елементів матриці у випадку с.р. ТТ.
5. Визначення швидкості та пришвидшення точок ТТ у випадку с.р. координатним способом.
6. Миттєва вісь обертання, рівняння осі. Кутова швидкість ТТ при с.р., її модуль. Визначити одну проекцію кутової швидкості ТТ при с.р. та кутового пришвидшення за кінематичними рівняннями Ейлера.
7. Розподіл швидкостей та пришвидшень точок ТТ при с.р.. Аксоїди, теорема про аксоїди. Теорема Грасгофа. Теорема про вектор кутової швидкості ТТ.
8. Означення складного руху ТТ. Сформулювати та довести теореми про додавання: а) поступальних рухів ТТ; б) обертальних рухів ТТ навколо перетинних осей; в) обертальних рухів ТТ навколо паралельних осей (три випадки); г) обертального та поступального рухів ТТ (три випадки). Дати означення поняттям «пара обертань», «момент пари обертань», «плече пари обертань», «кінематичний гвинт».
9. Рядні зубчасті передачі, сателітні/планетарні механізми (п.м.). Передатне відношення багатоступінчастих зубчастих передач. Метод уявної зупинки. Визначення передатного відношення сателітних механізмів аналітичним та графічним способами.
10. Динаміка. Основні визначення розділу. Сформулювати закони Ньютона та закон незалежності дії сил. Записати основне рівняння динаміки вільної/невільної МТ у координат-



ній та натуральній формах. Сформулювати змісти 1ої та 2ої задач динаміки МТ. Інтегрували рівнянь руху МТ. Початкові умови.

11. Вивести диференціальне рівняння вільних малих коливань МТ без урахування сил тертя/з урахуванням сили опору середовища. Вид його розв'язку (при  $h=0$ ;  $h<\omega_0$ ;  $h=\omega_0$ ;  $h>\omega_0$ ). Визначення сталих інтегрування. Побудувати графіки. Логарифмічний декремент коливань.
12. Диференціальне рівняння вимушених малих коливань МТ без урахування сил тертя/з урахуванням сили опору середовища. Вид його розв'язку (при  $r\neq\omega_0$ ;  $r=\omega_0$  і  $h<\omega_0$ ;  $r=\omega_0$  і  $h>\omega_0$ ). Визначити сталі інтегрування. Побудувати графіки. Явище биття. Перехідний процес та усталені коливання. Коефіцієнт динамічності.

## Додаток

<p>Міністерство освіти і науки України Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Кафедра динаміки і міцності машин та опору матеріалів.</p> <p>РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА з теоретичної механіки. Частина 2. Кінематика</p> <p>Виконав: ст. гр. МП-1 Петренко М.</p> <p>Перевірів: доц. Шевченко В. П.</p> <p>Київ 2023</p>
---

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** проф. каф. динаміки і міцності машин та опору матеріалів,  
докт. фіз.-мат. наук, професор Янчевський Ігор Владиславович,

**Ухвалено** кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол №10 від 01.06.22 р.)

**Погоджено** Методичною комісією НН ММІ (протокол № 11 від 29.08.2022 р.)