

СИЛАБУС З ДИСЦИПЛІНИ

ОСНОВИ ТЕОРІЇ КОЛИВАНЬ ТА СТІЙКОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ

2023/24

освітній рівень перший (бакалавр) галузь знань 27 Транспорт спеціальність 273 Залізничний транспорт

освітня програма: вагони та транспортна інженерія.

Час та аудиторія проведення занять: згідно розкладу - <http://rasp.kart.edu.ua/>

Команда викладачів:

Лектор: Ловська Альона Олександрівна

Контакти:

alyonalovskaya@kart.edu.ua

Асистенти лектора: -

Години прийому та консультацій: 14.00-15.00 понеділок - четвер

Додаткові інформаційні матеріали:

<http://metod.kart.edu.ua/dsearch/process/page/1/fid/4/sf/0/aid/8/authors/title/key/>

Розміщення кафедри: місто Харків, майдан Фейербаха, 7, 2 корпус, 1 поверх

Веб сторінка курсу: <http://do.kart.edu.ua/>

Додаткові інформаційні матеріали: <http://metod.kart.edu.ua>

Коливання – це рухи або процеси, що відбуваються в механічних й інших системах і характеризуються певною повторюваністю у часі. Іншими словами, це зміни параметрів стану системи, що відбуваються більш менш регулярно у часі, тобто періодично. Процес взаємодії вагона з рейковою колією супроводжується коливаннями, які обумовлені її нерівностями. Для визначення сил, які діють на вагон при переміщенні відносно рейкової колії важливим є вміння складати диференціальні рівняння руху. Тому у рамках даної дисципліни приділяється увагу розгляду коливальних процесів найпростіших механічних систем з метою можливості подальшого проєкціювання отриманих знань на більш складні – “вагон-колія”.

Курс має на меті сформувані та розвинути наступні компетентності студентів:

1. Інтегральна компетентність

- ✓ Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у вагонного господарства або у процесі подальшого навчання із застосуванням положень, теорій та методів природничих, технічних, інформаційних та соціально-економічних наук, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов функціонування об'єктів залізничного транспорту

2. Загальні компетентності

- ✓ Здатність проведення досліджень на відповідному рівні
- ✓ Здатність розробляти та управляти проєктами
- ✓ Здатність працювати автономно та в команді
- ✓ Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

3. Спеціальні (фахові) компетентності

- ✓ Здатність розрізняти об'єкти залізничного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їхньої конструкції, параметрів та характеристик
- ✓ Здатність застосовувати методи та засоби технічних вимірювань, технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи при технічному діагностуванні об'єктів залізничного транспорту, їх систем та елементів
- ✓ Здатність застосовувати сучасні програмні засоби для розробки проєктно-конструкторської та технологічної документації зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів залізничного транспорту, їх систем та елементів
- ✓ Здатність аналізувати техніко-економічні та експлуатаційні показники об'єктів залізничного транспорту, їх систем та елементів з метою виявлення та усунення негативних чинників та підвищення ефективності виробничого процесу
- ✓ Здатність розробляти з урахуванням безпечних умов використання, міцнісних, естетичних і економічних параметрів технічні завдання і технічні умови на проєктування об'єктів залізничного транспорту, його систем та окремих елементів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць

Чому ви маєте обрати цей курс?

Якщо вас цікавлять коливання механічних систем та основи теоретичних методів визначення умов руху вагона по залізничній колії, вам потрібно саме це!

Від здобувачів очікується: базове розуміння фізики, вищої математики, опору матеріалів, будівельної механіки, основ теоретичної механіки, а також конструкції вагонів.

Половина курсу присвячена питанням визначення елементів коливальної системи, основним характеристикам коливального процесу, класифікації сил, числу ступенів вільності, вільним коливанням, лінійним системам з одним ступенем вільності без непружних опорів, методам складання рівнянь руху, методам розв'язання рівнянь руху механічних систем, вільним коливанням

при в'язкому опорі, логарифмічному декременту затухання, коливання вантажу на пружній підвісці, вимушеним коливанням систем з одним ступенем вільності, крутильним коливання валів з дисками, власним формам коливань, лінійним системам з декількома ступенями вільності без непружних опорів, складанню рівнянь їх руху, а друга половина курсу охоплює вивчення випадкових коливальних процесів механічних систем, визначення основних характеристик коливального процесу, частоти й форми коливань, перехідні процеси коливань найпростіших механічних систем, змушені коливання систем з декількома ступенями вільності, коливання стрижнів постійного перерізу, поперечні згинальні коливання стрижнів, згинальні коливання однопролітної балки з різними межовими умовами, стійкість руху й автоколивання механічних систем, експериментальне дослідження коливальних процесів механічних систем.

Викладач готовий надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті і особисто - у робочий час.

Огляд курсу

Цей курс, який вивчається з вересня по грудень, дає студентам глибоке розуміння основ теорії коливань механічних систем та можливостей подальшого застосування цих знань при вивченні дисципліни "Динаміка вагонів".

Курс складається з однієї лекції на тиждень і одного практичного заняття на тиждень. Він супроводжується текстовим матеріалом, презентаціями та груповими завданнями. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання протягом обговорень в аудиторії.

Основи теорії коливань і стійкості руху вагонів

Поміркуй	Лекції	Виконай
	Довідковий матеріал	
	Обговорення в аудиторії	
	Індивідуальні консультації	
	Залік	

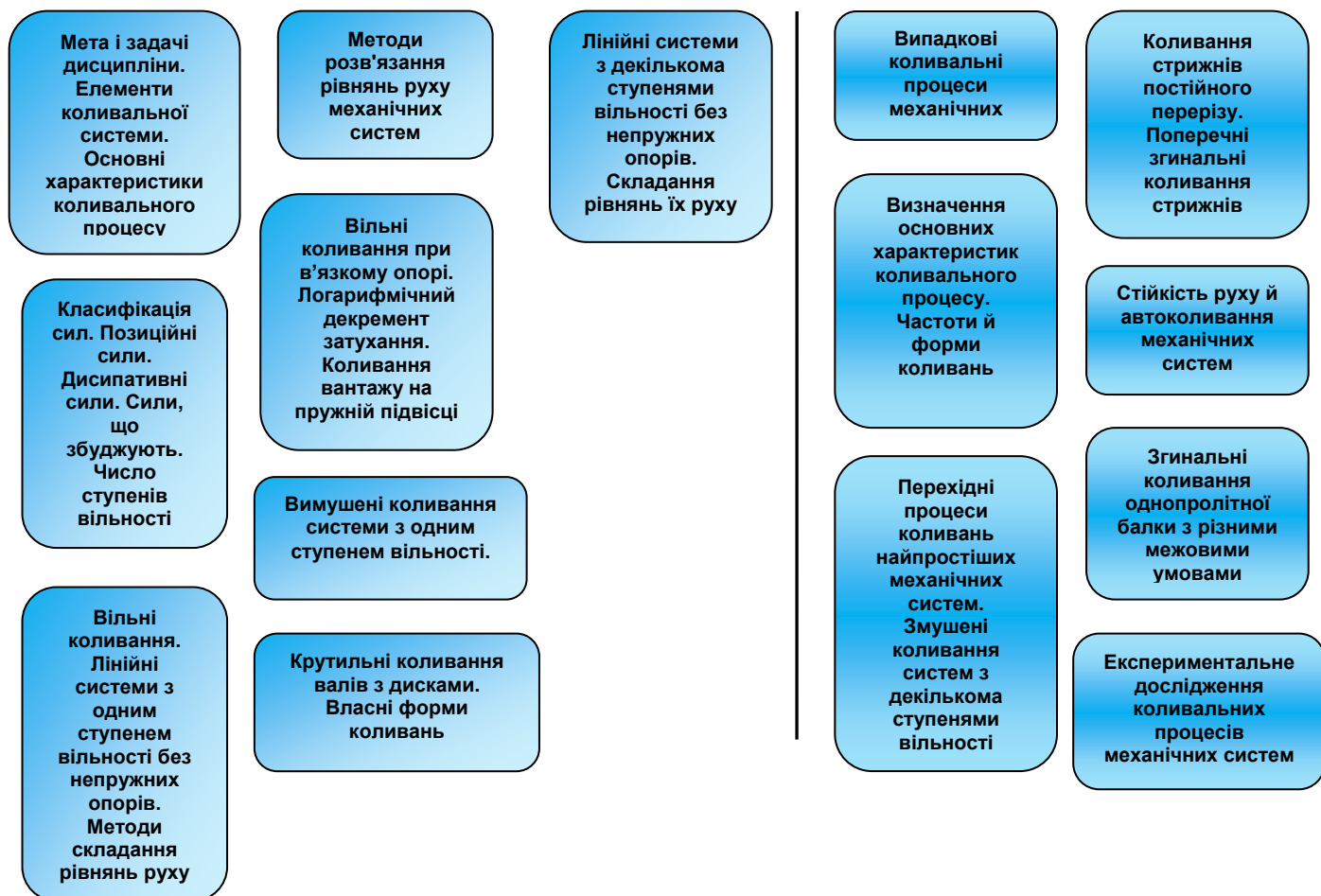
Практичні заняття курсу передбачають виконання індивідуальних завдань з основ теорії коливань механічних систем. Виконання завдання супроводжується зануренням у суміжні дисципліни, що доповнюють теми, та формує у студента інформаційну та комунікативну компетентності.

Ресурси курсу

Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<http://kart.edu.ua/mat-po-fak-ua/mat-fak-meh-ua>), включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу).

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету у розділі «Дистанційне навчання» поряд із питаннями, над якими необхідно поміркувати під час підготовки для обговорення в аудиторії. Необхідна підготовка повинна бути завершена до початку наступної лекції.

Теми курсу



Лекції та практичні заняття

Список основних лекцій курсу наведений нижче. Пильнуйте за змінами у розкладі.

Тиж-день	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема практичних занять
1	2	Тема 1. Мета і задачі дисципліни. Елементи коливальної системи. Основні характеристики коливального процесу. Предмет, мета та задачі, що вирішуються на базі дисципліни. Коливання. Види коливальних рухів. Основні характеристики коливального процесу. Класифікація коливальних процесів. Коливальні системи.	2	Моменти інерції твердих тіл (стрижень, пластина, циліндр т.п.). Приклад розрахунку моментів інерції напіввагона
2	2	Тема 2. Класифікація сил. Позиційні сили. Дисипативні сили. Сили, що збуджують. Число ступенів вільності. Розгляд основних видів сил, що діють на механічну систему. Природа їх виникнення	2	Послідовне й паралельне з'єднання елементів

		та способи описування. Приклади дії сил на механічні системи.		
3	2	Тема 3. Вільні коливання. Лінійні системи з одним ступенем вільності без непружних опорів. Методи складання рівнянь руху. Особливості виникнення вільних коливань. Способи їх описування. Ступінь вільності механічної системи. Види опорів коливальних процесів. Мета та основні методи складання диференціальних рівнянь руху механічних систем.	2	Приклади складання диференціальних рівнянь руху систем з одним ступенем вільності без урахування сил опору гасителів коливань
4	2	Тема 4. Методи розв'язання рівнянь руху механічних систем. Особливості чисельного вирішення диференціальних рівнянь руху. Розв'язання однорідних диференціальних рівнянь та диференціальних рівнянь вимушених коливань. Метод варіації довільних постійних. Метод Рунге-Кутта. Вирішення диференціальних рівнянь в середовищі програмного забезпечення MathCad.	2	Розрахунок коефіцієнтів жорсткості й частот коливань консольної балки
5	2	Тема 5. Вільні коливання при в'язкому опорі. Логарифмічний декремент затухання. Коливання вантажу на пружній підвісці. Особливості вільних коливань системи при дії в'язкого опору на неї. Способи математичного описування вільних коливань систем при в'язкому опорі. Поняття логарифмічного декременту затухання. Природа його виникнення. Паралельне та послідовне з'єднання елементів на пружній підвісці. Приклади коливань вантажу на пружній підвісці.	3	Розрахунок коефіцієнтів жорсткості вільно обертої балки на двох опорах
6	2	Тема 6. Вимушені коливання системи з одним ступенем вільності. Особливості виникнення вимушених коливань. Класифікація вимушених коливальних рухів. Дія вимушених сил на механічні коливальні системи. Математичне моделювання вимушених коливань системи з одним ступенем вільності.	2	Повздовжні та поперечні коливання балок
7	2	Тема 7. Крутильні коливання валів з дисками. Власні форми коливань. Природа виникнення крутильних коливань. Характеристики крутильних коливань. Дія крутного моменту на вали з дисками. Одно- та двох масові системи. Вузол коливань вала з дисками. Власні форми коливань вала з дисками.	2	Складання диференціальних рівнянь руху систем з одним ступенем вільності з урахуванням опору гасителів коливань
8	2	Тема 8. Лінійні системи з декількома ступенями вільності без непружних	2	Крутильні коливання валів

		опорів. Складання рівнянь їх руху Приклади лінійних систем з декількома ступенями вільності. Особливості математичного моделювання руху коливальних систем без непружних опорів та їх розв'язання.		
Модульний контроль №1				
9	2	Тема 9. Випадкові коливальні процеси механічних систем Поняття випадковості коливальних процесів механічних систем. Перевірка необхідної кількості даних для отримання достовірного результату моделювання випадкових коливань. Особливості розв'язання диференціальних рівнянь руху механічних систем при випадковій дії збурюючого зусилля. Комп'ютерне моделювання випадкових коливань механічних систем.	2	Змушені коливання системи з одним ступенем вільності
10	2	Тема 10. Визначення основних характеристик коливального процесу. Частоти й форми коливань Приклади визначення основних характеристик коливального процесу та їх нормативні значення. Частоти й форми коливань кузова вагона під дією експлуатаційних навантажень. Графічна візуалізація форм власних коливань.	2	Перехідні процеси в динамічних системах: приклад розрахунку
11	2	Тема 11. Перехідні процеси коливань найпростіших механічних систем. Змушені коливання систем з декількома ступенями вільності Поняття перехідних коливальних процесів. Частоти вільних та вимушених коливань механічних систем. Вплив перехідних процесів на безпеку руху механічних систем. Математичне моделювання вимушених коливань системи з декількома ступенями вільності.	2	Перехідні процеси в динамічних системах. Розрахунок биття при коливаннях
12	2	Тема 12. Коливання стрижнів постійного перерізу. Поперечні згинальні коливання стрижнів Повздовжні коливання стрижнів. Основне рівняння коливань та його вирішення. Частотне рівняння коливань. Поперечні згинальні коливання балок. Вплив непружних опорів на вільні коливання.	2	Перехідні процеси в динамічних системах. Резонанс
13	2	Тема 13. Згинальні коливання однопролітної балки з різними межовими умовами Поперечні коливання балок. Поперечні коливання балок кузова та гальмівних тяг	2	Приклад складання диференціальних рівнянь руху системи з декількома ступенями вільності. Принцип Даламбера

		вагона. Основні шляхи зниження інтенсивності згинальних коливань кузова.		
14	2	Тема 14. Стійкість руху й автоколювання механічних систем Поняття стійкості руху механічної системи. Способи перевірки стійкості руху з використанням критерію Гурвиця. Автоколювання механічних систем. Заходи, що спрямовані на покращення характеристик коливальних процесів. Принцип дії віброізоляторів, поглиначів та амортизаторів на механічну систему.	2	Приклад складання диференціальних рівнянь руху системи з декількома ступенями вільності. Рівняння Лагранжа
Модульний контроль №2				
15	1	Тема 15. Експериментальне дослідження коливальних процесів механічних систем Основні методи експериментального дослідження коливальних процесів механічних систем. Способи їх реалізації на практиці. Обробка експериментальних результатів та перевірка адекватності моделювання.	1	Розрахунок амплітудно-частотної характеристики системи з одним ступенем вільності. Розрахунок системи на стійкість
Залік с дисципліни				

Очікувані результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент буде знати: особливості фізичних процесів механічних коливань, що виникають у різноманітних механічних системах, а також у конструкційних вузлах та деталях вагонів, як транспортних засобів нетягового рухомого складу, що остаточно обумовлює досконале вивчення усіх видів коливань та їх ознак.

Також студент буде вміти: описувати та застосовувати основні методи вивчення коливань і найбільш важливих властивостей коливальних явищ безпосередньо до вагонних конструкцій. Крім цього встановлювати прямі зв'язки поміж математичними методами і фізичною природою коливань різних механічних систем. Це зіставлення фізично встановлених особливостей руху допомагає сформулювати необхідну задачу коливального руху і вирішити її математично на основі моделювання.

Правила оцінювання

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної шкали (5, 4, 3,) та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За національною шкалою	За шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою
ЗАРАХОВАНО	A	90 -100
	B	82-89
	C	75-81
	D	69-74
	E	60-68
НЕЗАРАХОВАНО	FX	35-59
	F	0-34

Завдання на самостійну роботу:

№ з/п	Назва теми
1	Мета і задачі дисципліни. Елементи коливальної системи. Основні характеристики коливального процесу.
2	Класифікація сил. Позиційні сили. Дисипативні сили. Сили, що збуджують. Число ступенів вільності.
3	Вільні коливання. Лінійні системи з одним ступенем вільності без непружних опорів. Методи складання рівнянь руху.
4	Методи розв'язання рівнянь руху механічних систем.
5	Вільні коливання при в'язкому опорі. Логарифмічний декремент затухання. Коливання вантажу на пружній підвісці.
6	Вимушені коливання системи з одним ступенем вільності.
7	Крутильні коливання валів з дисками. Власні форми коливань.
8	Лінійні системи з декількома ступенями вільності без непружних опорів. Складання рівнянь їх руху.
9	Випадкові коливальні процеси механічних систем.
10	Визначення основних характеристик коливального процесу. Частоти й форми коливань.
11	Перехідні процеси коливань найпростіших механічних систем. Змушені коливання систем з декількома ступенями вільності.
12	Колівання стрижнів постійного перерізу. Поперечні згинальні коливання стрижнів.
13	Згинальні коливання однопролітної балки з різними межовими умовами.
14	Стійкість руху й автоколивання механічних систем.
15	Експериментальне дослідження коливальних процесів механічних систем.

Відвідування лекцій:

Бали за цю складову нараховуються взагалі, якщо студент не відвідував більш 50% лекційних занять у модулі без поважних причин. За відвідування кожної лекції нараховується 1,5 бали. **Максимальна сума становить 22,5 балів.**

Ступінь залученості:

Участь в дискусії, вірність відповідей на запитання викладача. **Максимальна сума становить 15 балів.**

Практичні заняття:

Оцінюються за відвідуваннями, ступенем залученості. Ступінь залученості визначається участю у аудиторній роботі. **Максимальна сума становить 22,5 балів.**

Модульне тестування:

Оцінюються за вірними відповідями на тестові модульні питання (20 питань в тесті, кожна вірна відповідь оцінюється в 2 бали). **Максимальна кількість становить 40 балів за модуль.**

Залік:

- Студент отримує залік за результатами модульного 1-го та 2-го контролю шляхом накопичення балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів тестування). Середнє арифметичне суми модульних оцінок складає заліковий бал. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на заліку, відповівши на питання залікового білету.

Викладач:

Ловська Альона Олександрівна – лектор та керівник практичних занять з дисципліни “Основи теорії коливачів та стійкості рухомого складу”.

Контакти: alyonalovskaya@kart.edu.ua (<http://kart.edu.ua/kafedra-vagonu-ua/2734>)

Кодекс академічної доброчесності

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням:

<http://kart.edu.ua/documentu-zvo-ua>

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

Інтеграція студентів із обмеженими можливостями

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням:

<http://do.kart.edu.ua/>

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Устенко О. В., Візник Р. І., Ловська А. О., Рибін А. В. Основи теорії коливань та стійкості рухомого складу // Навчальний посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 129 с.
2. Візник Р. І., Ловська А. О., Рибін А. В. Основи теорії коливань та стійкості рухомого складу: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2023. – Ч. I. – 77 с.
3. Візник Р. І., Ловська А. О., Рибін А. В. Основи теорії коливань та стійкості рухомого складу: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Ч. II. – 40 с.
4. Візник Р. І., Рибін А. В., Гребенюк В. А. Основи теорії коливань та стійкості рухомого складу: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2019. – Ч. III.

Допоміжна

1. Дьомін Ю. В., Черняк Г. Ю. Основи динаміки вагонів: навч. посіб. Київ: КУЕТТ, 2003. 269 с.
2. Воробйов В. В., Воробйова Л. Д., Киба С. П. Основи прикладної теорії коливань: Підручник для студентів машинобудівних та електромеханічних спеціальностей. Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2020.
3. Анісімов І.О. Коливання та хвилі. Навчальний посібник. – К.: Вид-во КНУ, 2001.
4. Фізика. Коливання і хвилі: навч. посібник / А. П. Поліщук, П. І. Чернега, Б. Ф. Лахін; за заг. ред. проф. А. П. Поліщука. — Вид. 3-є., випр. і доп. – К. : НАУ, 2017. – 220 с.
5. Теорія коливань : навчальний посібник / В. І. Симоновський. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 71 с

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. https://chtyvo.org.ua/authors/Shakeri_Mobarake_Puian/Analitchni_metody_rozvi_azku_zadach_teorii_kolyvan_dlia_pruznykh_plastyn_nekanonichnoi_formy/
2. <https://moyaosvita.com.ua/fizuka/osnovni-ponyattya-teori%D1%97-kolivan/>
3. http://www.ni.biz.ua/14/14_6/14_62876_osnovnie-ponyatiya-teorii-kolebaniy-vidi-mayatnikov-uravnenie-svobodnih-nezatuhayushchih-kolebaniy.html

СХВАЛЕНО

Протокол засідання кафедри
інженерії вагонів та якості продукції

18 вересня 2023 р. № 1