

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КИЇВСЬКИЙ ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ
КАФЕДРА ВАГОНІВ ТА ВАГОННОГО ГОСПОДАРСТВА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри вагонів
та вагонного господарства

Іщенко В.М.

Протокол № 8 від 20 лютого 2024 р.



ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Викладач	Доктор технічних наук, професор ФОМІН Олексій Вікторович
Контактний телефон	+38(067)8139788
E-mail	fomin_ov@gsuite.duit.edu.ua
Навчальна дисципліна	БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА ТА ДИНАМІКА ВАГОНІВ
Офіційна назва освітньої програми	«Вагони та вагонне господарство»
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	27 «Транспорт»
Спеціальність	273 «Залізничний транспорт»
Обсяг дисципліни в кредитах ECTS	7
Статус дисципліни (обов'язкова, вибіркова)	Цикл дисциплін загальної підготовки, вибіркова
Мета вивчення дисципліни	Метою вивчення дисципліни є розвиток практичного та аналітичного мислення майбутніх інженерів,

	засвоєння ними основних положень сучасних методів розрахунків несучих елементів вагонів і вагонів в цілому на міцність, жорсткість і стійкість, оволодіння принципами математичного моделювання складних динамічних процесів, що відбуваються в вагонах. Отриманні знання та навички дозволять студентам проектувати більш економічні конструкції вагонів, створення яких сприятиме вдосконаленню перевізного процесу, успішному вирішенню народногосподарські завдань з удосконалення рухомого складу залізниць
Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у сфері залізничного транспорту, в т.ч. при проектуванні, будівництві, експлуатації та ремонті вагонів або у процесі подальшого навчання із застосуванням положень, теорій та методів фундаментальних, технологічних, інформаційних та соціально-економічних наук, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов функціонування об'єктів залізничного транспорту.
Загальні компетентності	ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні. ЗК7. Здатність працювати автономно та в команді. ЗК8. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
Спеціальні (фахові) компетентності	СК6. Здатність розробляти з урахуванням безпечних умов використання, міцнісних, естетичних і економічних параметрів технічні завдання і технічні умови на проектування вагонів та їх складових частин, систем, агрегатів і вузлів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць; розраховувати завантаження устаткування та показники якості продукції. СК11. Здатність застосовувати сучасні програмні засоби для розробки проектно-конструкторської та технологічної документації зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування вагонів та їх складових частин, систем, агрегатів та вузлів. СК13. Здатність аналізувати техніко-економічні та експлуатаційні показники вагонів і їх складових частин, систем, агрегатів та вузлів з метою виявлення та усунення негативних чинників та підвищення ефективності виробничого процесу. СК16. Здатність визначати структурну

	<p>надійність рухомого складу, його агрегатів та систем, використовуючи знання з теорії імовірності та математичної статистики, конструкції рухомого складу.</p> <p>СК17. Здатність розраховувати показники втомної міцності та етапи робіт по подовженню терміну експлуатації основних елементів несучих конструкцій рам візків рухомого складу, виходячи з аналізу умов експлуатації рухомого складу та навантажень, що діють на елементи його несучих конструкцій, використовуючи знання з математики та опору матеріалів, за допомогою комп'ютерної техніки.</p> <p>СК20. Здатність визначати фактори, які впливають на рівень поздовжньо-динамічних зусиль, розрахувати гальмівний шлях окремої одиниці рухомого складу та поїзда аналітичним способом, розраховувати поздовжньо-динамічні зусилля в перетинах поїзда, керуючись типовою методикою та довідниками.</p> <p>СК21. Розуміння загальних законів і принципів механіки та загальних закономірностей механічної взаємодії та механічних рухів твердих тіл;</p> <ul style="list-style-type: none"> - розуміння класичних методів розрахунків елементів конструкцій і споруд на міцність, жорсткість, стійкість і довговічність; бути ознайомленим з новими та експериментальними методами розрахунку; - розуміння методів розрахунку напружено-деформованого стану елементів конструкцій залізничного транспорту, та уміння використовувати їх в інженерній діяльності.
--	--

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ТЕМАМИ

Змістовний модуль 1. ВАГОННІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

Тема 1. Поняття будівельної механіки вагонів. Розрахункові моделі вагонних конструкцій та особливості їх проектування. Кінематичний аналіз стержневих систем.

Вступ в дисципліну будівельна механіка вагонів. Розрахункові моделі вагонних конструкцій та особливості їх проектування. Кінематичний аналіз стержневих систем. Визначення ступеня вільності вагонних конструкцій. Розрахунок статично невизначених стержневих систем методом сил. Розрахунок бокової рами візка вантажного вагону на вертикальні сили. Розрахунок рами платформи на поздовжні сили. розрахунок просторових та плоско просторових статично невизначених стержневих вагонних конструкцій

Змістовний модуль 2. ВАРІАЦІЙНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ ЕЛЕМЕНТІВ ВАГОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Тема 2. Розрахунок статично невизначених стержневих систем методом переміщень. Основи теорії пружності. Варіаційні методи розрахунків елементів вагонних конструкцій.

Розрахунок статично невизначених стержневих систем методом переміщень. Основи теорії пружності. Варіаційні методи розрахунків елементів вагонних конструкцій. Розрахунок на міцність рами напіввагону при дії вертикального навантаження. Розрахунок на міцність кузова вагону при дії горизонтальної поздовжньої сили. Основи розрахунку тонкостінних листових елементів вагонних конструкцій. Розрахунок на міцність котла цистерни. Стійкість пластин та оболонок, які є елементами панелей обшиви кузовів вагонів. Розрахунок на міцність кришки люка напіввагону. Основні положення методу скінчених елементів. Розроблення комп'ютерних просторових моделей вагонних конструкцій в сучасних програмних комплексах з метою їх розрахунків методом скінчених елементів. Приклади розрахунків вагонних конструкцій методом скінчених елементів.

Змістовний модуль 3. ВАГОН І ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ – ЄДИНА ДИНАМІЧНА СИСТЕМА

Тема 3. Поняття динаміки вагонів. Динамічні моделі вагонів. Коливання вагонів.

Основні причини коливань вагонів. Динамічні моделі вагонів. Види коливань вагонів. Степені вільності. Сили інерції. Моменти інерції. Вагон як коливальна система з одним ступенем вільності. Складання рівнянь коливальних рухів. Принцип Д'Аламбера. Рівняння Лагранжа другого роду. Коливання підскакування, галопування і бокової хитаєвості. Амплітуди і частоти коливань. Рівняння руху. Динамічний коефіцієнт. Критичні (резонансні) швидкості руху вагонів. Рівняння затухаючих коливань вагонів. Частоти коливань. Коефіцієнт демпфірування. Декремент коливань. Коливання вагонів, що рухаються колією з нерівностями. Синусоїдальні нерівності. Динамічний коефіцієнт. Динамічна модель. Складання рівнянь коливань вагонів як рівнянь Лагранжа другого роду. Парціальні частоти. Визначення власних частот вагона за колом Мора. Форма коливань. Вимушені вертикальні коливання вагонів, що рухаються колією з нерівностями. Складання рівнянь коливань вагона з урахуванням розсіювання енергії. Збурення з боку колії. Рейки. Шпали. Баластний шар. Модуль пружності. Коефіцієнт відносної жорсткості. Оцінка фактичного стану колії. Розрахункова схема. Рівняння взаємодії колеса і рейки. Випадок руху колеса з повзуном. Визначення сили удару. Вимоги до стану колісних пар швидкісних вагонів. Рух колісної пари. Визначення довжин хвиль і частот виляння колісних пар. Динаміка колісної пари. Стійкість руху. Критичні швидкості з виляння. Головний принцип проектування вагонів щодо стійкості руху.

Змістовний модуль 4. ДИНАМІЧНІ ЯКОСТІ ХОДУ ВАГОНА, ВПЛИВ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ НА КОНСТРУКЦІЮ, ПАСАЖИРІВ І ПЕРЕВЕЗЕНІ ВАНТАЖІ

Тема 4. Рух вагонів криволінійними ділянками колії. Динаміка вагонів і зношуваність вузлів вагонів.

Розрахункова схема. Непогашене прискорення. Стійкість вагонів від перекидання. Силоне вписування візка в криву. Рух вагонів стрілочними переводами. Умови комфортабельності їзди. Причини зносу вузлів тертя. Механізм зносу коліс колісних пар. Розрахункова схема. Математична модель. Оцінка сил співударів. Методи розрахунків поздовжніх сил при перехідних режимах руху поїздів. Розподіл максимальних сил вздовж

поїзда при рушанні його з місця та гальмуванні. Ударно-тягові прилади. Характеристики поглинальних апаратів. Амортизатори ударів нового покоління.

ФОРМИ ПОТОЧНОГО І ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Поточний контроль – 70 балів. *Поточний контроль* проводиться у формі дистанційного оцінювання виконаних лабораторних робіт в межах електронного навчально-методичного комплексу дисципліни (ЕНМКД), на сервері ДУІТ «Дистанційні технології навчання – Moodle». Доступ студентів до курсу здійснюється через Internet за індивідуальним логіном і паролем.

Підсумковий контроль – залік 30 балів (тестування). Підсумкові бали з навчальної дисципліни визначаються як сума балів, отриманих здобувачем протягом семестру (виконання лабораторних робіт) та балів, набраних на підсумковому контролі у вигляді тестів (залік).

Критерії оцінювання результатів навчання

Максимальна оцінка за семестр – 100 балів – «*зараховано*»

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка за 100-бальною шкалою / Grade according to 100-points scale	Оцінка за національною шкалою / Grade according to national scale		Оцінка за шкалою ЄКТС / Grade according to ECTS scale	Пояснення
	Диференційована оцінка / Differentiated grade	Недиференційована оцінка / Undifferentiated grade		
90-100 – творчий рівень / creative level	«Відмінно» / «Excellent»	«Зараховано» / passed	A	«Відмінно» – теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, всі навчальні завдання, передбачені програмою, виконані в повному обсязі, відмінна робота без помилок або з однією незначною помилкою
82-89 – високий рівень / high level	«Добре» / «Good»		B	«Дуже добре» – теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, передбачені програмою, виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів близьким до максимального з 2-3 незначними помилками
75-81 – достатній рівень / sufficient level			C	«Добре» – теоретичний зміст курсу освоєний цілком, практичні навички роботи з освоєним матеріалом в

				основному сформовані, всі навчальні завдання, передбачені програмою, виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками, робота з декількома незначними помилками, або 1-2 значними помилками
64-74 задовільний рівень / satisfactory level	«Задовільно» / «Satisfactory»		D	«Задовільно» – теоретичний зміст курсу освоєний не повністю, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачені програмою навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань містять помилки, робота з 3 значними помилками
60-63 задовільний рівень / satisfactory level			E	«Достатньо» – теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчальних завдань не виконані, або виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального, робота, що задовольняє мінімум критеріїв оцінки.
35-59 низький рівень / low level	«Незадовільно» з можливістю повторного складання	«Не зараховано» з можливістю повторного складання / Failed with possibility to repass the credit	FX	«Умовно не задовільно» – теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програмою навчальних завдань не виконано, або їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального, при додатковій самостійній роботі над матеріалами курсу можливе підвищення якості виконання практичних завдань з можливістю повторного складання, робота потребує доробки.

0-34 незадовільний рівень / unsatisfactory level	«Незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / “Unsatisfactory” with the compulsory repeated of the course	«Не зараховано» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Failed” with the compulsory repeated of the course	F	«Безумовно не задовільно» – теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, всі передбачені програмою навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над курсом не приведе до значимого підвищення якості виконання навчальних завдань, робота потребує повної переробки.
---	---	---	---	--

ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Фомін О.В. Електронний навчально-методичний комплекс дисципліни «Будівельна механіка та динаміка вагонів». *Київський інститут залізничного транспорту ДУІТ. Інформаційно-методична база самостійної роботи студентів - платформа Classroom.*
2. Список питань, що виносяться на підсумковий контроль.
3. Комплекс тестових завдань.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова

1. ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних)
2. ДСТУ 7774:2015 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальнотехнічні норми для розрахування та проектування механічної частини вагонів
3. ДСТУ 7773:2015 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальні технічні вимоги.
4. Дьомін Ю.В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). – К.: «Юнікон-Прес», 2001. – 342 с.
5. Автоколебания и устойчивость движения рельсовых экипажей / Ю.В. Демин, Л.А. Длугач, М.Л. Коротенко, О.М. Маркова. - К.: Наукова думка, 1984.-160 с.

Допоміжна

6. Шевченко П.В., Горбенко А.П. Вагони промислового залізничного транспорту. – К.: Вища школа, 1980. – 224 с.
7. Вершинський А.В. Будівельна механіка та металеві конструкції/ А.В. Вершинський, М.М. Гохберг, В.П. Семенов. – Л.: Машинобудування, 1984.
8. ДСТУ ГОСТ 33211:2017 (ГОСТ 33211-2014, IDT) Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей.
9. ДСТУ Б В.2.3-29-2011 Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 1520 (1524) мм. (ГОСТ 9238-83, MOD)
10. ДСТУ Б ГОСТ 9720:2011 Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 750 мм. (ГОСТ 9720:76, IDT).
11. ДСТУ EN 15273-2:2018 Залізничний транспорт. Габарити. Частина 2. Рухомий склад колії (EN 15273-2:2013 + A1:2016, IDT).
12. ДСТУ EN 15273-3:2018 (EN 15273-3:2013+A1:2016, IDT). Залізничний транспорт. Габарити. Частина 3. Габарити конструкції.

13. ДСТУ 7571:2014 Рухомий склад залізниць. Норми допустимого впливу на залізничну колію шириною 1520 мм.
14. ДСТУ 7776:2015 Вагони-самоскиди (думпкари). Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих думпкарів залізниць колії 1520 мм.
15. ДСТУ 3445-96 (ГОСТ 10674-97). Вагони-цистерни магістральних залізниць колії 1520 мм. Загальні технічні умови.
16. ДСТУ 7530:2014. Візки двовісні вантажних вагонів магістральних залізниць колії 1520 мм. Загальні технічні умови. – Київ, ДП УкрНДНЦ, 2015.
17. ДСТУ 7776:2015. Вагони-самоскиди (думпкари). Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих думпкарів залізниць колії 1520 мм.
18. ДСТУ ГОСТ 32700:2016 (ГОСТ 32700-2014, IDT) Залізничний рухомий склад. Методи контролювання зчіплюваності.
19. ДСТУ ГОСТ 31846:2016 (ГОСТ 31846:2012, IDT) Спеціальний рухомий склад. Вимоги до міцності несучих конструкцій та динамічних якостей.
20. ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 Система розроблення та постановлення продукції на виробництво. Залізничний рухомий склад. Порядок розроблення та постановлення на виробництво (ГОСТ 15.902-2014, IDT).
21. ДСТУ UIC 513:2004 Вагони магістральні пасажирські. Настанова з оцінення комфорту пасажирів залежно від вібрації.
22. Theoretical foundations for conceptually new rolling stock modules. Part 1: monograph / Gorbunov M. I, Fomin O. V, Kovalenko V. V, Domin R. Yu. ; Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. – Dnipro : Akcept PP, 2017. – 100 p. https://www.researchgate.net/publication/336835679_THEORETICAL_FOUNDATIONS_FOR_CONCEPTUALLY_NEW_ROLLING_STOCK_MODULES_Part_1
23. Theoretical aspects of applied transport mechanics. part 1: monograph / O.V. Fomin, M. I. Gorbunov, O. V. Burlutski, and other. – Sievierodonetsk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019. – 198 p <http://dspace.snu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/2876>
24. Fomin, O., Lovska, A.; Fomin, O. (Ed.) (2020). Concept of freight wagons made of round pipes. Tallinn: Scientific Route, 72. doi: <https://doi.org/10.21303/978-9916-9516-3-7> <http://monograph.route.ee/rout/catalog/book/16>
25. Fomin, O.V. et al. (2021). Controlled heat straightening for the rolling stock structures to restore their serviceability // Monograph. – Ostrava, Czech Republic. Hlučín: Anisiia Tomanek OSVČ. – 2021. – 119 p. ISBN 978-80-908088-7-4 DOI 10.47451/book2021-09-01 <http://tuculart.eu/store/books/2021-09-01/>
26. O.V.Fomin, A.O.Lovska. Dynamics and durability of freight wagons with nominal(drawing) dimensions and taking into account abrading action: Monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2021. 212 p.. DOI 10.30525/978-9934-26-156-5 <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/book/203>
27. Fomin, O., & Lovska, A. (2022). Improved models and constructs of structural interaction in railway container transportation // Monograph. – Ostrava, Czech Republic. Hlučín: Tuculart Edition. – 2022. – 114 p DOI: 10.47451/book2022-02-01 (<http://tuculart.eu/store/books/2022-02-01/>)
28. Fomin, O., and A. Lovska. Temperature effects on railway rolling stock components (Part 1). Dallas, USA: Primedia eLaunch LLC, 2022. 144 p. DOI 10.36074/teorrsc-monograph.2022 <https://publishing.logos-science.com/index.php/primedia/article/view/285>
29. Code UIC 430-4 OR. Wagons. Circulation entre des réseaux à écartement de 1435 mm et des réseaux à écartement de 1520 mm. Prescriptions techniques et conditions d'homologation. 1re édition, Mai 2004.
30. Code UIC 430-5 O – Regulations for the exchange and use of new generation freight wagons between railways with gauges of 1435 mm and 1520 mm; 1st edition,

November 2003.

31. Code UIC 505 - 1 OR. Railway transport stock - Rolling stock construction gauge.
32. Code UIC 510-3 O. Wagons - Essais de résistance au banc des bogies à 2 essieux et 3 essieux. 1re édition du 01.01.89 - Nouvelle tirage du 01.07.94.
33. Code UIC 535-2 O - Standardisation and positioning of steps, end platforms, gangways, handrails, tow hooks, automatic coupler and brake valve controls on wagons in connection with the fitting of the automatic coupler of the UIC Member Railways and OSJD Member Railways 3rd edition of 1.1.78 and 7 Amendments.
34. Code UIC 577 OR Wagon stresses* 105 3rd edition, May 2004.
35. Code UIC 581 OR. Wagons – Lifting – Rerailing. 1st edition of 1.1.83 and 1 Amendment.
36. EN 12663–2. Railway applications - structural requirements of railway vehicle bodies – Part 2: Freight wagons. B., 2010. 54 c.
37. European Standard 14363. Railway applications – Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Testing of running behaviour and stationary tests. – June 2005. – 113 p.
38. Fomin, O. Determination of vertical dynamics for a standard ukrainian boxcar with Y25 bogies / O.V. Fomin, A. O. Lovska // Scientific Bulletin of National Mining University. 2021, Issue 5, p.67-72 <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-5/067>
<http://www.nvngu.in.ua/index.php/en/archive/on-the-issues/1870-2021/content-5-2021/5990-67>
39. UIC Code 518. Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour. Safety – Track fatigue – Ride quality. – International Union of Railways. – September 2009. – 119 p.
40. UIC Code 519. Method for determining the equivalent conicity. – 1st edition, 2004.
41. Vorlesungsskript: Technische Mechanik 2 Lecture Notes on Applied Mechanics, Part 2
https://www.researchgate.net/publication/325486028_Vorlesungsskript_Technische_Mechanik_2_Lecture_Notes_on_Applied_Mechanics_Part_2
42. Vorlesungsskript: Technische Mechanik, Teil 3 Lecture Notes Applied Mechanics, Part 3
https://www.researchgate.net/publication/325485861_Vorlesungsskript_Technische_Mechanik_Teil_3_Lecture_Notes_Applied_Mechanics_Part_3

1. Інформаційні ресурси

1. Стандарт вищої світи за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт» за спеціалізацією «Вагони та вагонне господарство» за рівнем вищої освіти «Бакалавр».
2. Освітньо-професійна програма «Вагони та вагонне господарство», першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт», галузі знань 27 Транспорт.
3. <http://www.mon.gov.ua> - Офіційний сайт Міністерства освіти і науки України.
4. Офіційний сайт АТ «Укрзалізниця» URL: <https://www.uz.gov.ua/>
5. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
6. <https://interfacejournal.com/>
7. <https://railroads.dot.gov/elibrary/survey-wheelrail-friction>
8. <https://www.trains.com/trn/news-reviews/news-wire/05-wri/>
<https://ntlrepository.blob.core.windows.net/lib/49000/49300/49300/analysisofwheelr00wein.pdf>
9. Київська центральна міська публічна бібліотека ім. Лесі Українки — <http://lucl.lucl.kiev.ua>
10. Національний фонд досліджень України <https://nrfu.org.ua/>

11. Український інститут науково-технічної експертизи та інформації
<http://www.uintei.kiev.ua/>
12. Державна система правової охорони інтелектуальної власності
<https://ukrpatent.org/>