

Донбаська державна машинобудівна академія

Кафедра Підйомно-транспортних машин



Затверджую:

Декан факультету машинобудування

Кассов В.Д.

2019 р.

Гарант освітньої програми:

доктор техн. наук, професор

Ковальов В.Д.

« » 2019 р.

Розглянуто і схвалено

на засіданні кафедри підйомно-транспортних машин

Протокол № 8 від 18 квітня 2019 р.

Завідувач кафедри

Дорохов М.Ю.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Моделювання робочих процесів та експериментальні методи досліджень підйомно-транспортних, будівельних і дорожніх машин»»**

галузь знань 13 – «Механічна інженерія»

спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

ОНП «Галузеве машинобудування»

Факультет Машинобудування

Розробник: Крупко В.Г., к.т.н., доцент

Краматорськ – 2019 р.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Показники		Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
			денна	заочна
Кількість кредитів		ОНП Галузеве машинобудування	Вибіркова	
7,5				
Загальна кількість годин				
225				
Модулів – 2		Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>Магістр</u>	Рік підготовки	
Змістових модулів – 4			1	
Індивідуальне науково-дослідне завдання			Семестр	
<u>Курсова робота</u>			1,2	
(назва)			Лекції	
Тижневих годин для <u>денної</u> форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента - 9			25	
		Практичні/Лабораторні		
		58 пр.		
		Самостійна робота		
		142		
		Вид контролю		
		іспит		

## 2. Загальні відомості, мета і завдання дисципліни

2.1 Актуальність вивчення дисципліни у зв'язку із завданням професійної діяльності та навчання.

Підготовка фахівців з конструювання, експлуатації та дослідження піднімально-транспортної, будівельної та дорожньої техніки ПТБДМіО нерозривно пов'язане із отримання професійної компетентності щодо впливу жорстких вимог з боку підприємств, що експлуатують таку техніку, по підвищенню її конкурентоспроможності, а саме: продуктивності; працездатності; умов безпечної експлуатації; технічного рівня. У зв'язку з цим важливо розуміти і орієнтуватися в наступному:

- будь-які роботи пов'язані із особливостями конструкцій і сфери експлуатації піднімально-транспортних, дорожніх, будівельних машин і обладнання (ПТДБМіО) повинні відповідати вимогам існуючих стандартів і забезпечувати надійну і безпечну роботу машин за різних умов роботи, що залежать від впливу цілого ряду зовнішніх факторів (температура, атмосферні

умови, фізико-механічні властивості вантажів, ґрунтів, будівельних матеріалів та ін.;

- враховувати вплив умов експлуатації ПТДБМіО в процесі їх проектування і дослідження є досить складним завданням і інколи тільки теоретично неможливим для прийняття остаточних рішень відносно конструкцій і параметрів окремих механізмів цих машин, тому важливо знаходити нестандартні підходи, які можуть базуватись на вивченні їх поведінки експериментальним шляхом на фізичних, математичних і комплексних моделях;

З огляду на сказане дисципліна «Моделювання робочих процесів та експериментальні методи дослідження ПТДБМіО» присвячена питанням вивчення особливостей моделювання та експериментальних досліджень на основі існуючих закономірностей пов'язаних з методами теорії подібності і розмірностей в механіці відомостями про систему фізичних величин та підходи до створення фізичних, математичних, комп'ютерних або комбінованих моделей, технічної організації і проведення експериментальних досліджень, тощо.

Мета дисципліни – формування професійних (фахових), когнітивних та інформативних компетентностей, які базуються на основних положеннях, знаннях та навиках щодо сучасного і перспективного напрямків розвитку техніки, теоретичних та експериментальних досліджень з використанням фізичних, математичних, комп'ютерних і комбінованих моделей машин, механізмів та робочих процесів ПТДБМіО.

Метою вивчення дисципліни «Моделювання робочих процесів та експериментальні методи дослідження ПТДБМіО» є придбання студентами, освітньо-кваліфікаційного рівня магістра, основних положень, знань та навиків, щодо сучасного стану та наукового підходу до підготовки та проведення науково-дослідних робіт в області підйомно-транспортної та будівельної техніки з використанням фізичних, математичних і комбінованих моделей.

Основна мета цієї дисципліни це:

- систематизація, поглиблення і закріплення теоретичних і практичних знань за фахом шляхом використання знань методів досліджень за допомогою моделей при рішенні конкретних науково - технічних і економічних задач;

- закріплення практичних навичок і умінь ведення самостійної науково-дослідної роботи.

В результаті вивчення цієї дисципліни студент-магістрант повинен мати професійні компетентності, навички та вміння і знати:

- складати план проведення науково-дослідних робіт з застосуванням фізичних моделей ПТДБМіО;

- творчо підходити до виявлення проблем у даній предметній області, постановці цілі і задач дослідження;

- кваліфіковано здійснювати перехід від оригінала до моделі і зворотний перехід;

- проводити порівняльний аналіз технічних рішень;

- проводити техніко-економічне обґрунтування прийнятої системи моделей;

- розробляти фізичну і математичну моделі досліджуваної системи на основі сучасних інформаційних технологій, із застосуванням сучасних програмних методів;

- аргументовано і технічно грамотно захищати прийняті рішення.



Пр. роботи	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Сам. робота	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Консультації							1								
Контр. роботи		ВК									К1				
Модулі	М1														
Контроль по модулю															К

### Денна форма навчання (2 семестр)

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Лекції	2		2		2		2		2	-	-	-	-	-	-	-
Пр. роботи	2		2		2		2		2							
Сам. робота	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						
Консультації		2		2		2		2		2		2		2	2	
Контр. роботи															К1	
Модулі	М2															
Контроль по модулю									К							

ВК – вхідний контроль; ПР - захист практичної роботи; К1– письмова контрольна робота; ЗСР – захист самостійної роботи; К – консультація; А – атестація.

## 4. Програма навчальної дисципліни

### 4.1. Модуль № 1.

#### 4.1.1. Змістовий модуль 1.

- Тема 1. (Т1) Елементи теорії розмірностей і подібностей. Одиниці виміру фізичних величин та перехід від одних одиниць до інших.

- Тема 2. (Т2) Методи моделювання в системному аналізі. Класифікація моделей, критерії і основні положення.

- Тема 3. (Т3) Класифікація та вибір моделей при моделюванні робочих процесів ПТДБМіО.

- Тема 4. (Т4) Основні теореми подібності. Необхідні і достатні умови подібності.

- Тема 5. (Т5) Способи визначення критеріїв подібності, їх обґрунтування.

- Тема 6. (Т6) Критерії подібності і умови наближеного моделювання подібності машин та процесів їх взаємодії з зовнішнім середовищем.

- Тема 7. (Т7) Приклади використання методів теорії подібності і моделювання при дослідженні механічних систем.

### 4.2. Модуль № 2.

#### 4.2.2 Змістовний модуль 2

- Тема 8. (Т8) Моделювання робочих процесів взаємодії робочого обладнання із зовнішнім середовищем.
- Тема 9. (Т9) Основні способи формування комбінованих фізико-математичних моделей машин.
- Тема 10. (Т10) Критерії подібності і умови моделювання металоконструкцій ПТБДМіО.
- Тема 11. (Т11) Приклади розробки стендів для моделювання механізмів пересування підйомно-транспортних машин.
- Тема 12. (Т12) Приклади розробки стендів для моделювання механізмів машин для земляних робіт.
- Тема 13. (Т13) Планування і обробка результатів експериментальних досліджень при моделюванні.
- Тема 14. (Т14) Складання звітів про виконання досліджень моделей ПТБіДМ.

## 5. ЛЕКЦІЇ

### 5.1. Модуль № 1.

(Лекційні заняття – 14 годин.)

#### 5.1.1 Змістовний модуль 1.

(Лекційні заняття – 14 годин.)

- Тема Т1 Елементи теорії розмірностей і подібності:

Лекція. Коротка історична довідка про виникнення і розвиток теорії подібності і розмірностей. Одиниці виміру фізичних величин та перехід від одних одиниць виміру до інших. Основні одиниці виміру. Загальні відомості і про критерії подібності. [3] с.26-36; [2] с.10-15.

- Тема Т2 Методи моделювання в системному аналізі підйомно-транспортних та будівельних машин. Синтез та аналіз ПТБДМіО. Формування показників ефективності в дослідженнях за допомогою моделей. Класифікація моделей. [1] с.8-11.

- Тема Т3 Вибір моделей при моделюванні робочих процесів ПТБДМіО. Обґрунтування способів дослідження машин та принципи розробки математичних і фізичних моделей. Обґрунтування параметрів моделей та складання плану наукових досліджень за допомогою моделей [1] с.11-15; [2] с.25-32.

- Тема Т4 Основні теореми подібності. Умови які виходять із подібних явищ та процесів. Основні залежності для визначення масштабних коефіцієнтів. Умови заміни рівняння фізичних величин більш простими залежностями між критеріями подібності [1] с.19-28; [2] с.21-25.

- Тема Т5 Основні способи визначення критеріїв подібності. Необхідні і достатні умови для дослідження подібних явищ та процесів. Застосування способів аналізу розмірностей при використанні П- теорема та аналізів систем рівнянь [1] с.19-24; [2] с.32-35.

- Тема Т6 Критерії подібності і умови наближеного моделювання подібності машин та процесів їх взаємодії з зовнішнім середовищем. Критерії подібності і умови формування моделі для варіантів наближеного моделювання механічних систем. [1] с. 19-28, [2] с. 17-21.

- Тема Т7 Приклади використання методів теорії подібності і моделювання при дослідженні механічних систем. Приклад моделювання вимушених механічних коливань системи з демпфуванням. Отримання критеріїв подібності механічної системи коливного процесу.[2] с. 35-41.

## 5.2. Модуль № 2.

(Лекційні заняття 13 годин)

### 5.2.1. Змістовний модуль 2.

- Тема Т8. Моделювання робочих процесів взаємодії робочого обладнання із зовнішнім середовищем. Узагальнені критерії наближеної подібності системи: зовнішнє середовище – робоче обладнання, обґрунтування і визначення критеріїв подібності. [1] с. 39-58, [2] с. 94-98.

- Тема Т9. Основні способи формування комбінованих фізико-математичних моделей машин і механізмів. Динамічна подібність та моделювання явищ. Система величин, що характеризують різні етапи процесів, які досліджуються на прикладі механічних систем, інерційних явищ та сил тертя. [3] с. 21-28.

- Тема Т10. Критерії подібності і умови моделювання металоконструкцій ПТБДМіО. Масштабні співвідношення і формули переходу від параметрів моделі до параметру оригінала в умовах наближеного фізичного моделювання металоконструкцій. [1] с. 160-166, [2] с. 119-128.

- Тема Т11. Приклади розробки стендів для моделювання виконавчих механізмів ПТБДМіО. Обґрунтування критеріїв подібності і моделювання процесів взаємодії гусеничних і крокуючих рушіїв будівельних і підйомно-транспортних машин з ґрунтом. Умови наближеного моделювання процесу взаємодії рушіїв з ґрунтом. [1] с. 147-154.

- Тема Т12. Приклади розробки стендів для моделювання виконавчих механізмів машин для земляних робіт. Моделювання процесів різання, копання, руйнування ґрунтів і робочих процесів взаємодії робочих органів з ґрунтом. Основні критерії наближеного фізичного моделювання робочого процесу землерийної машини, я системи ґрунт-робоче обладнання- виконавчий механізм. [1] с. 99-105, [2] с. 87-94.

- Тема Т13. Планування і обробка результатів експериментальних досліджень при фізичному моделюванні. Основні складові експериментальних досліджень з використанням фізичних моделей. Перехід від оригінала до фізичної моделі і в зворотному напрямку. Перенесення результатів досліджень з моделі на оригінал. Способи обробки результатів експериментів. [1] с. 173-190.

- Тема Т14. Складання звітів про виконання досліджень моделей ПТБіДМ. Прогнозування тенденцій розвитку та удосконалення ПТБіДМ по аналізу функціональних критеріїв подібності. Оцінка технікоєкономічної ефективності застосування методів моделювання при дослідженні машин. [1] с. 213-221, [2] с. 221-226.

## 5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма (магістри)				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	інд

1	2	3	4	5	6	7
Тема 1. (Т1) Елементи теорії розмірностей і подібностей. Одиниці виміру фізичних величин та перехід від одних одиниць до інших. Критерії подібностей.	14	2	4			6
Тема 2. (Т2) Методи моделювання в системному аналізі. Класифікація моделей.	16	2				14
Тема 3. (Т3) Вибір моделей при моделюванні робочих процесів ПТБДіМ.	18	2	4			11
Тема 4. (Т4) Основні теореми подібності. Необхідні і достатні умови подібності.	16	2	4			10
Тема 5. (Т5) Способи визначення критеріїв подібності, їх обґрунтування.	20	2	4			13
Тема 6. (Т6) Критерії подібності і умови наближеного моделювання подібності машин та процесів їх взаємодії з зовнішнім середовищем.	20	2	4			14
Тема 7. (Т7) Приклади використання методів теорії подібності і моделювання при дослідженні механічних систем.	14	2	6			8
Тема 8. (Т8) Моделювання робочих процесів взаємодії робочого обладнання із зовнішнім середовищем.	20	2	8			11
Тема 9. (Т9) Основні способи формування комбінованих фізико-математичних моделей машин.	17	2				15
Тема 10. (Т10) Критерії подібності і умови моделювання металоконструкцій ПТБДМіО.	20	2	6			14
Тема 11. (Т11) Приклади розробки стендів для моделювання механізмів пересування підйомно-транспортних машин.	20	2	6			12
Тема 12. (Т12) Приклади розробки стендів для моделювання механізмів машин для земляних робіт.	16	1	6			8
Тема 13. (Т13) Планування і обробка результатів експериментальних досліджень при моделюванні.	10	1	6			4
Тема 14. (Т14) Складання звітів про виконання досліджень моделей ПТБіДМ.	4	1				2
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>225</b>	<b>25</b>	<b>58</b>			<b>142</b>

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Фізичне моделювання робочого обладнання кар'єрних екскаваторів	4
2	Основи фізичного моделювання ґрунтів та експериментальні дослідження навантажень на робоче обладнання фізичних моделей ОЕ	4
3	Дослідження енергоємності процесу копання ґрунтів за допомогою фізичної моделі драглайна	4
4	Дослідження опорних навантажень на стрілові системи	4



	кранів з допомогою фізичних моделей	
5	Дослідження енергоємності процесів пересування ПТБіДМ за допомогою фізичних моделей крокуючих рушіїв	4
6	Розробка фізичної моделі та методики досліджень технічної системи у відповідності з темою магістерської роботи	6
7	Розробка математичних моделей у дослідженнях ПТМ	8
8	Математичне моделювання робочого обладнання одноківшових екскаваторів	6
9	Дослідження динамічних процесів в механізмах і металевих конструкціях ПТБіДМ за допомогою математичних моделей	6
10	Основні принципи моделювання робочих процесів ПТБіДМ	6
11	Моделювання руху самохідного стрілового крану автокрана у розширеній Simulink системи MATLAB	6
<b>Усього годин</b>		<b>58</b>

### **7. Індивідуальні завдання**

Мета індивідуального завдання полягає в поглибленні, узагальненні та закріпленні знань, які студенти одержали в процесі навчання, а також вміння використовувати їх на практиці.

Самостійна робота містить у собі наступні етапи:

- пророблення лекційного матеріалу по конспекту лекцій і літературним джерелам;
- підготовка до тестового контролю, до контрольних робіт;

самостійне вивчення частини теоретичного матеріалу за рекомендацією викладача з літературних джерел.

### **8. Методи навчання**

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

При викладанні дисципліни передбачається використання мультимедійних засобів, плакатів, фолій для графопроектора, слайдів і натурних зразків

Для покращення засвоювання матеріалу студентами їм рекомендується поглиблене самостійне вивчення окремих питань. Успіх вивчення дисципліни залежить від систематичної самостійної роботи студента з матеріалами лекцій і рекомендованою літературою.

## 9. Методи контролю

Передбачається використання модульно–рейтингової системи оцінювання знань. Основною формою контролю знань студентів в кредитно модульній системі є складання студентами всіх запланованих модулів. Формою контролю є накопичувальна система. Складання модуля передбачає виконання студентом комплексу заходів, запланованих кафедрою і передбачених семестровим графіком навчального процесу та контролю знань студентів, затверджених деканом факультету.

Підсумкова оцінка за кожний модуль виставляється за 100-бальною шкалою. При умові, що студент успішно здає всі контрольні точки, набравши з кожної з них не менше мінімальної кількості балів, необхідної для зарахування відповідної контрольної точки, виконує та успішно захищає лабораторні роботи, самостійно виконує і успішно захищає реферат з обраної теми, та має за результатами роботи в триместрі підсумковий рейтинг не менше 55 балів, то за бажанням студента в залежності від суми набраних балів йому виставляється підсумкова екзаменаційна оцінка за національною шкалою і шкалою ECTS. Переведення набраних студентом балів за 100-бальною шкалою в оцінки за національною (5-бальною) шкалою та шкалою ECTS здійснюється в відповідності до таблиці:

<b>Рейтинг студента за 100-бальною шкалою</b>	<b>Оцінка за національною шкалою</b>	<b>Оцінка за шкалою ECTS</b>
90-100 балів	відмінно	A
81-89 балів	добре	B
75-80 балів	добре	C
65-74 балів	задовільно	D
55-64 балів	задовільно	E
30-54 балів	незадовільно з можливістю повторного складання	FX
1-29 балів	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F

Контроль знань студентів передбачає проведення вхідного, поточного і підсумкового контролю.

Вхідний контроль знань проводиться на першому тижні сьомого триместру, в якому вивчається навчальна дисципліна, і включає контроль залишкових знань з

окремих навчальних дисциплін, які передують вивченню дисципліни «Моделювання робочих процесів ПТБДМіО» і є базовими для її засвоєння.

Поточний контроль знань студентів включає наступні види:

- вибірковий усний опит перед початком кожної практичних роботи по темі заняття із виставленням оцінок (балів);
- захист кожної практичної роботи з виставленням оцінок (балів);
- захист індивідуальних завдань з самостійної роботи;
- програмований на ПЕОМ або безмашинний за допомогою карток контроль перед початком виконання лабораторних робіт;
- програмований на ПЕОМ або безмашинний за допомогою карток контроль з окремих тем або змістовних модулів дисципліни;
- письмові контрольні роботи з окремих модулів дисципліни.

Підсумковий контроль знань включає наступні види:

- модульний контроль за результатами захисту практичних робіт, програмованого контролю знань і контрольних робіт;
- залік (письмовий) після завершення вивчення дисципліни наприкінці 7-го триместру;
- визначення рейтингу за підсумками роботи студента в триместрі і рейтингу з навчальної дисципліни.

Контрольні роботи з теоретичної частини дисципліни за модулями розподілені таким чином

№ модуля	№ змістовного модуля	№ теми	Тема контрольної роботи	Кількість варіантів
1	1	1-7	<b>КР1</b> за темами Основні теореми подібності. Необхідні і достатні умови подібності. Способи визначення критеріїв подібності, їх обґрунтування. Методи моделювання в системному аналізі. Класифікація моделей.	16
2	2	7-14	<b>КР2</b> за темами Моделювання робочих процесів взаємодії робочого обладнання із зовнішнім середовищем. Критерії подібності і умови моделювання металоконструкцій ПТБДМіО. Планування і обробка результатів експериментальних досліджень при моделюванні.	16

Приблизна структура карток вхідного контролю, варіантів письмових модульних контрольних робіт і перелік основних питань для підготовки до контрольних робіт та до підсумкового контролю знань студентів наведені в додатку А.

## 10. Рекомендована література

### 10.1. Базова

1. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. – М.: Машиностроение, 1981-232с.
2. Алабужев П.М. и др.. Теория подобия и размерностей. Моделирование.- М.: Высшая шк., 1968.-208с.
3. Седов Л.И. Метода подобия и размерности в механике,- М.: Наука, 1987- 430 с.
4. Ловейкин В.С., Назаров І.І., Онищенко О.Г. Теорія технічних систем: Навч. посібник. – Київ – Полтава: ІЗМН – ПДТУ, 1998. – 175с.
5. Гліненко Л.К., Сухонос О.Г. Основи моделювання технічних систем: Навч. посібник. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», –2003, – 176с.
6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 815с.
7. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. – К.: Вища школа, 1988. – 317с.

### 10.2. Допоміжна

8. Винников В.А. Теория подобия и моделирование. – М.: Высшая школа, 1984. – 479с.
9. Глушков В.М., Иванов В.В., Яненко В.М. Моделирование развивающихся систем. – М.: Наука, 1983. – 337с.
10. Самарский А.А. введение в численные методы: Учебн. пособие для вузов. – 2-е изд, перераб. и доп. – М.: Наука, 1987. – 288с.
11. Лорьер Ж.Л. Системы искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1991. – 352.
12. Лойцекский Л.Г. Механика жидкости и газа.- М.: Дрофа, 2003. – 840с.
13. Светлицкий В.А. Статистическая механика и теория надежности. – М: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2002. – 504с.
14. Крупко В.Г. Моделирование Гусеничных механизмов передвижения экскаваторов. Г.Запрожье, ЗДТУ, Научный журнал 1, 1988, с 27-29
15. Крупко В.Г., Дихтенко Р.М. Математическое моделирование динамических процессов исполнительных механизмов экскаваторов. Вісник Східноукраїнського національного університету (СНУ) ім. В.Даля №5(135) 2009. - с.230-235.
16. Крупко В.Г., Дихтенко Р.М. Моделювання механічних систем робочого обладнання однокішшових экскаваторів. Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення та експлуатації машин. Праці конференції м. Львів: 2010р. с. 127-128.

Робочу програму склав к.т.н., доц. Крупко В.Г.