

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ,  
ТРАНСПОРТУ ТА ПРИРОДНИЧИХ НАУК



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«ПРИКЛАДНА ТЕОРІЯ КОЛІСНОГО КЕРУЮЧОГО МОДУЛЯ»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ: 274 – «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «АВТОМОБІЛІ ТА АВТОМОБІЛЬНЕ  
ГОСПОДАРСТВО», 133 – «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ  
«КОЛІСНІ ТА ГУСЕНИЧНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ»  
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»

КРЕМЕНЧУК 2023

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Прикладна теорія колісного керуючого модуля» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальностей: 274 – «Автомобільний транспорт» освітньо-професійної програми «Автомобілі та автомобільне господарство», 133 – «Галузеве машинобудування освітньо-професійної програми «Колісні та гусеничні транспортні засоби» освітнього ступеня «Магістр»

Укладач к. т. н., доц. С. М. Черненко

Рецензент к. т. н., доц. О. В. Павленко

Кафедра автомобілів і тракторів

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № 5 від "24" 08 20 23 р.

Голова методичної ради



проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Теми та погодинний розклад лекцій і самостійної роботи .....	5
2 Перелік тем і питань з навчальної дисципліни для самостійного опрацювання.....	6
3 Питання до модульного контролю.....	11
4 Критерії оцінювання знань студентів.....	13
Список літератури .....	16

## ВСТУП

Мета самостійної роботи – вироблення чіткого та цілісного уявлення про механіку повороту автомобіля, взаємодію автомобільної шини з опорною поверхнею, керованість, стійкість, стабілізацію керованих коліс та легкість керування; формування у студентів умінь та навичок щодо аналізу та розрахунку параметрів автомобіля, які формують задані йому експлуатаційні властивості.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** поняття керованості, стійкості автомобіля, стабілізації керованих коліс, легкості керування; взаємодію еластичного колеса з опорною поверхнею під час його повороту; сили та моменти, що діють у контакті шини з опорною поверхнею під час повороту; сили та моменти, що діють в елементах кермового керування, керованого моста, гідравлічного підсилювача; показники керованості та стійкості;

**уміти:** розраховувати складові моменту опору повороту керованого колеса, визначати сили та моменти, що діють під час повороту автомобіля, розраховувати критерії легкості керування, стійкості коліс проти коливань.

Види самостійної роботи:

- самостійна робота згідно з наведеними темами з використанням літературних джерел;
- пошук інформації відповідно до теми досліджень у мережі Інтернет.

Система забезпечення самостійної роботи

1. Навчальні підручники, згідно з напрямом.
2. Методичні вказівки, щодо виконання практичних робіт і самостійної роботи.
3. Конспект лекцій викладача.
4. Інтернет ресурси.

# 1 ТЕМИ ТА ПОГОДИННИЙ РОЗКЛАД ЛЕКЦІЙ І САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ пор.	Тема	Денна форма		Заочна форма	
		Кільк. год. (лекц.)	Кільк. год. СРС	Кільк. год. (лекц.)	Кільк. год. СРС
1	Загальні відомості про колісний керуючий модуль	3	10	1	12
2	Фізичні засади взаємодії еластичного керованого колеса з опорною поверхнею	3	14	1	17
3	Кінематика колісного керуючого модуля	2	13	1	19
4	Розрахунок складових моменту опору повороту керованого колеса на місці	2	14	1	17
5	Розрахунок силових параметрів колісного керуючого модуля	2	14	1	19
6	Коливання керованого колеса, зумовлених дисбалансом	2	12	1	14
7	Підвищення стійкості керованих коліс проти коливань, зумовлених дисбалансом	2	12	0,5	12,5
8	Коливання керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем	2	15	1	14
9	Підвищення стійкості керованих коліс проти коливань, зумовлених гідравлічним підсилювачем	2	11	0,5	12,5
	<b>Усього</b>	<b>20</b>	<b>120</b>	<b>8</b>	<b>162</b>

## **2 ПЕРЕЛІК ТЕМ І ПИТАНЬ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ**

### **Тема № 1 Загальні відомості про колісний керуючий модуль (ККМ)**

1.1 Керованість автомобіля, критерії оцінювання керованості.

1.2 Вимоги до ККМ. Складові ККМ.

1.3 Класифікація багатовісних транспортних засобів. Прості та складні ККМ.

1.4 Принципові та структурні схеми ККМ.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке керованість автомобіля? За якими критеріями її оцінюють?

2. Які частини є складовими колісного керуючого модуля?

3. Які вимоги висувають до ККМ?

4. За якими ознаками здійснюють класифікацію багатовісних транспортних засобів. Навести приклади.

5. У чому полягає різниця між простими та складними ККМ?

6. Яке призначення підсилювача кермового керування?

7. Які існують компоновальні схеми гідравлічних підсилювачів кермових кермового керування?

8. Які механізми є складовими кермового керування автомобіля, яке їх призначення?

**Література:** [3, 4, 6, 7].

### **Тема № 2 Фізичні основи взаємодії еластичного керованого колеса з опорною поверхнею**

2.1 Особливості роботи еластичного колеса як складного механізму.

2.2 Поворот еластичного колеса на місці. Центр повороту контактної відбитка, плече обкатки, плече стабілізації, радіус обкатки.

2.3 Установчі параметри керованих коліс.

2.4 Момент опору повороту керованого колеса на місці та під час руху.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які особливості руху еластичного колеса по криволінійній траєкторії?
2. Надати визначення плеча обкатки, плеча стабілізації, радіуса обкатки.
3. Що є центром повороту контактної відбитка шини?
4. Як момент опору повороту шини на місці залежить від кута повороту?
5. Що таке граничний за зчепленням момент опору повороту шини?
6. Із яких частин складається момент опору повороту керованого колеса?

**Література:** [2, 3, 5].

### **Тема № 3 Кінематика колісного керуючого модуля**

- 3.1. Кінематика повороту керованих коліс простих і складних ККМ.
- 3.2. Передавальне число кермової трапеції.
- 3.3. Передавальне число кермового привода.

### **Питання для самоперевірки**

1. Подати схему для визначення кінематики повороту жорстких керованих коліс автомобіля колісної формули 4x2.
2. Подати схему для визначення кінематики повороту жорстких керованих коліс автомобіля колісної формули 8x8 з двома керованими мостами.
3. Записати співвідношення для теоретичних кутів повороту внутрішнього та зовнішнього керованих коліс (за Р. Аккерманом).
4. Надати визначення передавального числа кермової трапеції.
5. Надати визначення передавального числа кермового привода.
6. Які існують методи визначення передавальних чисел кермової трапеції та кермового привода?

**Література:** [1, 2, 3, 6, 7]

### **Тема № 4 Розрахунок складових моменту опору повороту керованого колеса на місці.**

- 4.1. Момент опору повороту шини.

4.2. Визначення вагового стабілізуючого моменту від поперечного нахилу шворня способами класичної механіки, аналітичної геометрії та закону збереження енергії.

4.3. Визначення вагового стабілізуючого моменту від комбінованого нахилу шворня.

4.4. Взаємозв'язок між кутами повороту цапфи та керованого колеса.

4.5. Моменти тертя у підшипниках шворневих вузлів.

### **Питання для самоперевірки**

1. Як визначають граничний за зчепленням момент опору повороту шини?

2. Чим зумовлений ваговий стабілізуючий момент?

3. Що розуміють під поточним кутом розвалу керованого колеса?

4. Якими методами можна визначити ваговий стабілізуючий момент?

Коротко охарактеризувати методику.

5. Що розуміють під комбінованим нахилом шворня?

6. Проаналізувати залежність вагового стабілізуючого моменту від кута повороту керованого колеса.

7. У чому полягає різниця між кутом повороту цапфи та кутом повороту керованого колеса?

8. Які існують конструкції шворневих вузлів автомобілів? У яких з них максимальний момент тертя?

**Література:** [2, 3, 4].

**Тема № 5 Розрахунок силових параметрів колісного керуючого модуля.**

5.1. Розрахунок моменту опору керованих коліс на місці та під час руху.

5.2. Вимоги до легкості керування колісних машин.

5.3. Визначення зусилля на кермовому колесі.

5.4. Розрахунок параметрів гідравлічного підсилювача.

5.5. Розрахунок деталей кермового керування на міцність.



### **Питання для самоперевірки**

1. Які складові моменту опору повороту керованого колеса під час руху?
2. Визначити вимоги щодо легкості керування колісних машин.
3. Як визначають зусилля на кермовому колесі?
4. Як визначають діаметр силового циліндра гідропідсилювача кермового керування?
5. Із якою максимальною кутовою швидкістю водій може обертати кермове колесо?
6. За якими напруженнями розраховують на міцність сошку, поздовжню тягу, шаровий палець?

**Література:** [2, 3, 4]

### **Тема № 6 Коливання керованих коліс унаслідок дисбалансу.**

- 6.1. Складові диференціального рівняння коливань.
- 6.2. Загальне і часткове розв'язання диференціального рівняння.

### **Питання для самоперевірки**

1. Чим викликаний збурювальний момент?
2. Що таке дисбаланс керованого колеса?
3. Чим зумовлена приведена жорсткість керованого колеса?
4. Записати диференціальне рівняння, що описує коливання керованого колеса унаслідок його дисбалансу.
5. Надати методику розв'язання неоднорідного диференціального рівняння другого порядку.

**Література:** [2, 3].

### **Тема № 7 Підвищення стійкості керованих коліс проти коливань, зумовлених дисбалансом**

- 7.1. Граничний проти коливань момент тертя у шворневому вузлі.
- 7.2. Умова відсутності коливань керованих коліс.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що розуміють під граничним проти коливань моментом тертя у шворневому вузлі?
2. Які чинники впливають на величину граничного проти коливань моменту тертя у шворневому вузлі?
3. Чому коливання керованих коліс виникають на повнопривідних автомобілях? У яких випадках виникають такі коливання?
4. Як забезпечити стійкість керованих коліс проти коливань?

**Література:** [2, 3].

### **Тема № 8 Коливання керованого колеса, зумовлені гідравлічним підсилювачем**

- 8.1. Фази коливань керованого колеса.
- 8.2. Розрахункова схема для розробки математичної моделі коливань керованого колеса.
- 8.3. Складові диференціального рівняння керованого колеса.
- 8.4. Система диференціальних рівнянь керованого колеса.

### **Питання для самоперевірки**

1. Із яких фаз складається період коливань керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем?
2. Як у математичній моделі коливань урахувують пружність гідравлічної системи?
3. Перелічити складові диференціального рівняння коливань колеса.
4. Що являє собою система диференціальних рівнянь керованого колеса?

**Література:** [4].

### **Тема № 9 Підвищення стійкості керованих коліс проти коливань, викликаних гідравлічним підсилювачем**

- 9.1. Дослідження диференціального рівняння коливань керованого колеса.

9.2. Умови відсутності коливань керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які існують можливі варіанти розв'язання диференціального рівняння коливань залежно від величин жорсткості та демфування?

2. Перелічити умови відсутності коливань керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.

3. Проаналізувати вплив жорсткості гідравлічної системи на можливість виникнення коливань.

**Література:** [4].

## **3 ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ**

### **Змістовий модуль 1**

1. Поняття колісного керуючого модуля.
2. Керованість автомобіля, критерії оцінювання керованості.
3. Вимоги, що висувають до ККМ.
4. Класифікація багатовісних транспортних засобів.
5. Прості та складні ККМ.
6. Конструкція, призначення підсилювача кермового керування, компоновальні схеми гідравлічних підсилювачів кермових керувань.
7. Плече обкатки, плече стабілізації, радіус обкатки.
8. Центр повороту контактної відбитка шини.
9. Особливості роботи еластичного колеса як складного механізму
10. Складові моменту опору повороту керованого колеса.
11. Момент опору повороту шини на місці.
12. Кінематика повороту жорстких керованих коліс.
13. Передавальне число кермової трапеції, кермового привода
14. Визначення вагового стабілізуючого моменту від поперечного нахилу шворня.

15. Визначення вагового стабілізуючого моменту від комбінованого нахилу шворня.
16. Поточний кут розвалу та його визначення.
17. Момент опору повороту керованого колеса під час руху.
18. Моменти тертя у шворневих вузлах автомобілів.
19. Вимоги щодо легкості керування колісних машин.
20. Визначення зусилля на кермовому колесі.
21. Розрахунок параметрів гідропідсилювача кермового керування.
22. Розрахунок на міцність сошки, поздовжньої тяги, шарового пальця.

## **Змістовий модуль 2**

1. Збурювальний момент від дисбалансу колеса.
2. Приведена жорсткість керованого колеса.
3. Диференціальне рівняння, яке описує коливання керованого колеса унаслідок його дисбалансу.
4. Методика розв'язання неоднорідного диференціального рівняння другого порядку.
5. Граничний проти коливань момент тертя у шворневому вузлі.
6. Як забезпечити стійкість керованих коліс проти коливань, зумовлених дисбалансом?
7. Фази коливань керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.
8. Розрахункова схема для розробки математичної моделі коливань керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.
9. Складові диференціального рівняння керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.
10. Система диференціальних рівнянь керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.
11. Які існують можливі варіанти розв'язання диференціального рівняння коливань залежно від величин жорсткості та демфування?

12. Перелічити умови відсутності коливань керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.

13. Проаналізувати вплив жорсткості гідравлічної системи на можливість виникнення коливань.

#### 4 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ

Бали, які отримують здобувачі денної та заочної форма навчання під час вивчення дисципліни, розподіляються відповідно до таблиць.

##### ДЕННА ФОРМА НАВЧАННЯ

Відвідування, активність на заняттях, оформлення конспекту лекцій, звіту з 3 практичних робіт		Поточний контроль знань			Сума
лекції	практичні роботи	контрольні роботи		захист практичних робіт	
		змістовий модуль 1	змістовий модуль 2		
10	30	20	20	20	100

##### ЗАОЧНА ФОРМА НАВЧАННЯ

Лекції		Практичні роботи	Контрольна робота	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2			
5	5	40	50	100

Відповідно до положення про проведення поточного та семестрового контролю викладач здійснює перевірку та оцінювання:

- систематичності та активності роботи студента на аудиторних заняттях;
- відвідування студентом аудиторних занять, консультацій;
- розуміння та засвоєння матеріалу, набутих навичок і вмінь самостійно опрацьовувати матеріал, працювати з літературою, а також умінь усно чи письмово подавати матеріал у вигляді презентацій, відповідей на запитання тощо. Розрахунок здобутків студента за 100-бальною шкалою проводять за нижченаведеними математичними залежностями.

Відвідування і робота студента на практичних заняттях оцінюється за формулою:

$$B_{nz} = \left[ \frac{0,3K_{факт}^{nz} + 0,3K_{акт}^{nz}}{0,5\Gamma_{нп}^{nz}} + \frac{0,4O_{оф}^{nz}}{5} \right] \cdot B_{\Sigma 2},$$

де  $K_{факт}^{nz}$  – кількість фактично відвіданих практичних занять;  $K_{акт}^{nz}$  – кількість занять, на яких студент проявляв доцільну активність;  $O_{оф}^{nz}$  – оцінка за 4-бальною (національною) шкалою, яку студент отримує за оформлення звіту з практичної роботи);  $\Gamma_{нп}^{nz}$  – кількість годин практичних занять у семестрі;  $B_{\Sigma 2}$  – максимальна кількість балів, яку студент може отримати за накопичувальною системою за цією формою оцінювання роботи (для денної форми  $B_{\Sigma 2} = 30$  відповідно до силабусу).

Приклад. Студент відвідав за навчальний семестр 10 занять із 14 (28 годин), відповідно до розкладу. Із них проявляв доцільну активність на 8 заняттях. Оформив звіт із практичних робіт, який викладач оцінює на 4 бали з 5. Отже, за відвідування та активність на заняттях, оформлення звіту з практичних робіт він отримає

$$B_{nz} = \left[ \frac{0,3 \cdot 10 + 0,3 \cdot 8}{0,5 \cdot 28} + \frac{0,4 \cdot 4}{5} \right] \cdot 30 = 21 \text{ бал.}$$

Контроль знань студента проводиться його оцінюванням на практичних заняттях і під час модульного контролю. Загальний бал розраховується за формулою

$$B_{контр} = \left[ 0,5 \frac{\sum_{i=1}^{N_{np}} O_i^{np}}{5N_{np}} + 0,5 \frac{\sum_{i=1}^{N_{mk}} O_i^{mk}}{5N_{mk}} \right] B_{\Sigma 3},$$

де  $O_i^{np}$  – захисту  $i$ -ої практичної роботи;  $N_{np}$  – кількість практичних робіт за робочою навчальною програмою;  $O_i^{mk}$  – оцінка за змістовий модуль (оцінка за  $i$ -й етап поточного (модульного) контролю);  $N_{mk}$  – кількість змістових модулів за робочою навчальною програмою (кількість етапів поточного (модульного) контролю);  $B_{\Sigma 3}$  – максимальна кількість балів, яку студент може отримати за

накопичувальною системою за цією формою оцінки роботи (для денної форми  $B_{\Sigma 3} = 60$  відповідно до силабусу).

Оцінки  $O_i^{np}$  та  $O_i^{mk}$  виставляються за 4-бальною (національною) шкалою, яка враховує рівень знань студента за відповідними видами контролю.

Оцінка 5 (відмінно) виставляється студенту, який виявляє особливі творчі здібності, уміє самостійно здобувати знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, уміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно виявляє власні обдарування і нахили.

Оцінку 4 (добре) отримує студент, який уміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; у цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок.

Оцінка 3 (задовільно) виставляється студенту, який відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; за допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.

Оцінку 2 (незадовільно) отримує студент, якщо він володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

Приклад. Здобувач виконав у семестрі 7 практичних робіт і отримав на захисті оцінки відповідно 4, 4, 3, 3, 4, 4, 3. Лабораторні роботи за планом дисципліни відсутні. За контрольні роботи отримав оцінки 4 та 5 за змістовий модуль 1 та 2 відповідно. У підсумку він отримає

$$B_{\text{контр}} = \left[ 0,5 \cdot \frac{4+4+3+3+4+4+3}{5 \cdot 7} + 0,5 \cdot \frac{4+5}{5 \cdot 2} \right] \cdot 60 = 48 \text{ балів.}$$

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Овчинников П. П., Яремчук Ф. П., Михайленко В. П. Вища математика. Частина І: підручник у 2 ч. 3-тє вид., випр. / за заг. ред. П. П. Овчинникова. Київ: Техніка, 2003. 600 с.
2. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навчальний посібник. Київ: Арістей, 2006. 176 с.
3. Солтус А. П. Основи теорії робочого процесу і розрахунку колісних керуючих модулів : моногр. Деп. Укр. НДДНТІ. 501-Ук 90 ВІНТІ «Деп.нак.праці», 1990, 7 (290), б/о 203. 234 с.
4. Солтус А. П. Черненко С. М., Клімов Е. С., Черниш А. А., Маслов О. Г. Особливості роботи еластичного колеса як складного механізму. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. Житомир, 2018. № 2(82). С. 152–158.
5. Черненко С.М. Підвищення стійкості колісного керуючого модуля проти коливань, викликаних гідравлічним підсилювачем кермового керування автомобіля: дис. кандидата техн. наук: 05.22.02. Київ, 2005. 147 с.
6. Черненко С. М., Клімов Е. С., Черниш А. А., Пузир Р. Г. Оптимізація параметрів чотириланкової кермової трапеції на основі плоскої моделі. *Вісник машинобудування та транспорту*. Вінниця: ВНТУ. Т. 10, № 2, 2019. С. 141–147. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2019-10-2-141-147>.
7. Черненко С. М., Клімов Е. С., Черниш А. А. Кермові приводи транспортних засобів з двома керованими мостами. *Наукові нотатки*, 2018, 62: С. 220–225.



Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Прикладна теорія колісного керуючого модуля» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальностей: 274 – «Автомобільний транспорт» освітньо-професійної програми «Автомобілі та автомобільне господарство», 133 – «Галузеве машинобудування освітньо-професійної програми «Колісні та гусеничні транспортні засоби» освітнього ступеня «Магістр»

Укладач к. т. н., доц. С. М. Черненко

Відповідальний за випуск зав. кафедри «Автомобілі та трактори» Е. С. Клімов

Підп. до др. \_\_\_\_\_ . Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600