

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



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«ПРИКЛАДНА ТЕОРІЯ КОЛІСНОГО КЕРУЮЧОГО МОДУЛЯ»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ 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 виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Прикладна теорія колісного керуючого модуля» для студентів заочної форми 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 2023 р.

Голова методичної ради



проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Рекомендації щодо виконання та оформлення контрольної роботи.....	6
2 Завдання до контрольної роботи.....	10
2.1 Питання до теоретичного завдання.....	10
2.2 Завдання для практичних розрахунків.....	12
2.3 Методичні рекомендації щодо практичних розрахунків.....	12
3 Питання до заліку .....	15
4 Критерії оцінювання знань студентів.....	17
Список літератури .....	18
Додаток А Зразок оформлення титульної сторінки контрольної роботи .....	19
Додаток Б Таблиця вибору питань до виконання теоретичної частини контрольної роботи.....	20
Додаток В Таблиця вибору варіантів завдань до виконання практичної частини контрольної роботи.....	21

## ВСТУП

За кінематичного способу керування колісною машиною завдяки повороту керованих коліс навколо шворнів та їх кінематичних і конструктивних зв'язків з остовом відбувається зміна траєкторії руху. При цьому параметри кінематики колісної машини в цілому визначатимуться кінематикою керованих коліс, властивостями опорної поверхні, пружними і демпфувальними характеристиками шин з одного боку, а з іншого – параметрами колісної машини: конструктивною схемою, базами машини та заднього візка, характеристиками шин некерованих коліс, положенням центра ваги тощо. Керовані колеса, керований міст і кермове керування є природно єдиною системою, яка забезпечує поворот керованих коліс навколо осей шворнів. Отже, доцільно з урахуванням її оптимальних параметрів і створення складних конструкцій цих систем, які мають кілька керованих мостів, окремити її як самостійну систему. З огляду на те, що головною ланкою системи є кероване колесо, така система отримала назву *колісного керуючого модуля*.

Загалом колісний керуючий модуль містить керовані колеса з їх контактом з опорною поверхнею, керований міст з його пружними зв'язками з рамою чи кузовом колісної машини і кермове керування. Кермове керування є складовою частиною колісного керуючого модуля і загалом складається з кермового механізму, кермового привода та підсилювача. Кермовий механізм – це механізм, який перетворює кругове обертання кермового колеса на переміщення сошки. Кермовий привод містить систему тяг і важелів, які дозволяють передавати зусилля від сошки кермового механізму безпосередньо до керованих коліс. Підсилювач кермового керування призначений зменшити зусилля, що прикладає водій до кермового колеса під час повороту автомобіля. Кермове керування автомобіля з підсилювачем є системою слідкування з жорстким зворотним зв'язком, який забезпечує водієві чутливість повороту кермового колеса залежно від опору повороту керованих коліс, тобто

забезпечує зміну зусилля на кермовому колесі пропорційно величині моменту опору повороту керованих коліс.

**Метою навчального курсу** «Прикладна теорія колісного керуючого модуля» є вироблення чіткого та цілісного уявлення механіки повороту автомобіля, взаємодії автомобільної шини з опорною поверхнею, роботи механізмів кермового керування та керованих мостів, керованості, стійкості, стабілізації керованих коліс і легкості керування; формування у студентів умінь і навичок щодо аналізу та розрахунку параметрів легкості керування, керованості і стійкості.

Головним завданням вивчення навчальної дисципліни «Прикладна теорія колісного керуючого модуля» є опанування студентами методів розрахунку таких експлуатаційних властивостей автомобіля, як керованість, стійкість, стабілізація керованих коліс і легкість керування, їхній аналіз для оптимізації конструктивних параметрів кермового керування, керованих мостів тощо.

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 в контактї 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.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 180 годин/6 кредитів ECTS.

# 1 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Контрольну роботу з навчальної дисципліни «Прикладна теорія колісного керуючого модуля» виконують відповідно до навчального плану 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» для студентів заочної форми навчання.

Мета виконання контрольної роботи – засвоєння та розширення знань з головних тем програми навчальної дисципліни, розвиток навичок самостійної інженерної та науково-дослідної діяльності майбутнього фахівця. Робочою програмою передбачено виконання однієї контрольної роботи. Контрольна робота має бути виконана студентами в установлені кафедрою терміни. Передбачено виконання контрольної роботи, яка складається з двох теоретичних питань і трьох практичних завдань.

Контрольну роботу рекомендується виконувати так: ознайомитися із завданням до контрольної роботи, визначити номер варіанта і дібрати літературу, у якій розглядаються питання, зазначені в завданні; вивчити тему, за якою виконується контрольна робота, використовуючи літературу, зазначену в списку, що додається, наприклад [1–7], або іншу; опрацювати матеріал теми, конкретизований варіантом завдання; за необхідності виконати рисунки і таблиці; відредагувати відповіді на поставлені питання та оформити роботу.

У визначені навчальним графіком кафедри дні студент зобов'язаний з'явитися на співбесіду до викладача кафедри з контрольною роботою. На співбесіді викладач з'ясовує, наскільки самостійно виконана контрольна робота, глибину знань, які отримав студент під час виконання контрольної роботи. За позитивних результатів співбесіди контрольна робота вважається захищеною, про що викладач робить позначку «зараховано» на титульній

сторінці роботи, указуючи дату захисту та ставлячи свій підпис. У разі незадовільного результату співбесіди студент повинен з'явитися на повторну співбесіду. Якщо під час повторної співбесіди остаточно з'ясовується, що контрольна робота виконана студентом не самостійно або студент демонструє незадовільні знання з контрольної роботи, йому видається інше завдання.

Контрольна робота, що виконується студентом, має містити такі розділи в зазначеній нижче послідовності: титульна сторінка; зміст; вступ; основна частина; список використаних джерел, додатки (якщо вони є).

Зміст являє собою перелік наведених у тексті контрольної роботи заголовків усіх розділів і підрозділів, урахувавши вступ, список використаних джерел, перелік додатків із зазначенням номерів сторінок, на яких міститься початок матеріалу.

У вступі необхідно стисло охарактеризувати сучасний стан технічної (наукової) проблеми (питання), якій присвячена робота, а також напрями розвитку та вдосконалення.

В основній частині студент надає відповіді на питання, зазначені в методичних вказівках щодо виконання контрольної роботи та вибрані відповідно до варіанта завдання. Кожний розділ основної частини контрольної роботи починають з нової сторінки.

До списку джерел включають усі літературні джерела, що використовувалися для виконання контрольної роботи, розміщуючи їх у порядку вміщення посилань на них у роботі. Усі джерела нумерують арабськими цифрами, нумерація – наскрізна.

Додатки (якщо вони необхідні) можуть містити різноманітні довідкові дані, що розглядаються в контрольній роботі, ілюстрації, схеми, таблиці, які більш повно розкривають і пояснюють головний зміст питань, викладених студентом в основній частині контрольної роботи.

За всіма питаннями, що виникають у студентів під час виконання контрольної роботи, необхідно звертатися до викладача. Оформлювати контрольну роботу необхідно відповідно до правил ЄСКД на аркушах

форматом А4 (розмір 210 мм на 297 мм). За необхідності (для виконання таблиць, ілюстрацій і додатків) дозволяється використовувати формат А3 (розмір 297 мм на 420 мм).

Кожна сторінка текстового документа повинна мати рамку чорного, синього або фіолетового кольору, виконану типографським засобом або від руки, чорнилом або пастою. Рамку виконують суцільною основною лінією на відстані 20 мм від лівого краю формату і по 5 мм – від інших. Записи на сторінках контрольної роботи виконують з одного боку. Від рамки до краю тексту на початку рядків слід залишати 5 мм, у кінці рядків – не менше 3 мм. Відстань від верхнього або нижнього рядка тексту відповідно до верхньої або нижньої рамки має бути не менше 10 мм. Величина абзацного відступу має дорівнювати 15–17 мм.

Під час виконання контрольної роботи рукописним способом почерк має бути чітким, розбірливим, при цьому слід користуватися чорнилом (пастою) чорного, фіолетового або синього кольорів.

Для оформлення контрольної роботи в текстовому редакторі Word необхідно користуватися шрифтом Times New Roman. Розмір шрифту – 14. Інтервал між рядками – 1,5. Усі поля документа виконувати по 2 см. Сторінки контрольної роботи нумерують арабськими цифрами. Номери сторінок ставлять у правому нижньому кутку. Усі сторінки нумерують наскрізно до закінчення текстового документа. Титульна сторінка, як і зміст, список літератури, входить до загальної нумерації сторінок документа. На титульній сторінці номер не ставлять. На сторінці змісту виконують головний напис, виконаний за формою 2 (40 мм). На наступних сторінках змісту та контрольної роботи основний напис виконується за формою 2а (15 мм).

Друкарські помилки, описки та графічні неточності, виявлені під час виконання роботи, допускається виправляти акуратним підчищенням або коректором і наносити у тому самому місці правильний текст. Контрольну роботу необхідно подавати у зброшурованому вигляді. При цьому перша сторінка обкладинки має бути титульною. Приклад оформлення титульної



сторінки наведено у додатку А. На ній необхідно вказати найменування міністерства, закладу вищої освіти, кафедри, найменування навчальної дисципліни, прізвище та ініціали студента, групу, шифр залікової книжки студента, а також прізвище та ініціали викладача, якому здається контрольна робота.

Текст контрольної роботи необхідно виконувати акуратно, розбірливо та без скорочення слів. Дозволяється його виконання рукописним або машинописним (набраним на комп'ютері) способом. Колір чорнила (кулькової пасти, принтерної фарби) має бути чорним, синім або фіолетовим. У межах однієї контрольної роботи цей колір має бути однаковим. Записи олівцем, маркером, фломастером не допускаються. Рисунки і таблиці мають бути зброшуровані за розміщенням посилань на них у тексті. Усі рисунки і таблиці виконуються на білому папері таким самим кольором, яким виконаний текст. Назва та порядковий номер таблиці вказують над таблицею. Назву та порядковий номер рисунка вказують під рисунком. Усі рисунки і таблиці повинні мати наскрізну нумерацію. Таблиці та рисунки необхідно відокремлювати від тексту контрольної роботи порожніми рядками.

У тексті мають бути посилання на використані літературні джерела, список яких необхідно подати в кінці виконаної роботи. Посилання на літературні джерела в тексті подають у квадратних дужках.

## 2 ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

У контрольній роботі студенти повинні надати відповіді на два теоретичні питання, що викладені нижче. Окрім цього, необхідно розв'язати три практичні завдання за своїм варіантом.

За бажанням студента відповіді на теоретичні питання можна виконувати у вигляді презентації за допомогою програмного забезпечення Power Point. У цьому випадку викладачу на перевірку подають електронний файл з презентацією та роздруковані слайди.

Варіант виконання теоретичного завдання вибирають відповідно до шифру залікової книжки студента за двома останніми цифрами. Наприклад, номер залікової книжки 165432, де останні дві цифри 32, відповідає варіанту контрольного завдання 32. Отже, варіант завдань для контрольної роботи знаходяться на перехресті 3 і 2. Таблицю вибору варіанта контрольної роботи з теоретичних питань наведено в додатку Б. Таблицю вибору варіантів завдань до виконання практичної частини контрольної роботи наведено у додатку В. Варіант вибирають за останньою цифрою номера залікової книжки студента.

### 2.1 Питання до теоретичного завдання

1. Керованість автомобіля. Поняття колісного керуючого модуля (ККМ).
2. Вимоги, що висувають до ККМ.
3. Прості та складні ККМ. Класифікація багатовісних транспортних засобів
4. Конструкція, призначення підсилювача кермового керування, компоновальні схеми гідравлічних підсилювачів кермових керувань.
5. Плече обкатки, плече стабілізації, радіус обкатки.
6. Центр повороту контактної відбитка шини. Вплив розташування центру повороту на кінематику повороту керованого колеса.
7. Складові моменту опору повороту керованого колеса.
8. Момент опору повороту шини на місці.

9. Кінематика повороту жорстких керованих коліс у випадку простих та складних ККМ

10. Передавальне число кермової трапеції, кермового привода.

11. Визначення вагового стабілізуючого моменту від поперечного нахилу шворня.

12. Визначення вагового стабілізуючого моменту від комбінованого нахилу шворня.

13. Поточний кут розвалу та його визначення.

14. Момент опору повороту керованого колеса під час руху.

15. Моменти тертя у шворневих вузлах автомобілів.

16. Вимоги щодо легкості керування колісних машин.

17. Визначення зусилля на кермовому колесі.

18. Розрахунок параметрів гідропідсилювача кермового керування.

19. Розрахунок на міцність сошки, поздовжньої тяги, шарового пальця.

20. Збурювальний момент від дисбалансу колеса.

21. Приведена жорсткість керованого колеса.

22. Диференціальне рівняння, яке описує коливання керованого колеса, зумовлені його дисбалансом.

23. Методика розв'язання неоднорідного диференціального рівняння другого порядку.

24. Граничний проти коливань момент тертя у шворневому вузлі.

25. Як забезпечити стійкість керованих коліс проти коливань, спричинених дисбалансом?

26. Розрахункова схема для розробки математичної моделі коливань керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.

27. Складові диференціального рівняння керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.

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

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

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

Варіанти питань до виконання теоретичної частини контрольної роботи наведено у додатку Б

## **2.2 Завдання для практичних розрахунків**

У контрольній роботі необхідно розв'язати три задачі, які наведені нижче.

1. Для автомобіля колісної формули 8x4 з двома керованими мостами зобразити схему для визначення кінематики повороту керованих коліс і визначити теоретичні кути повороту правого колеса першого мосту та коліс другого мосту, якщо ліве колесо першого мосту повернути ліворуч на кут  $\Theta_1^1$ , колісна база другого мосту дорівнює  $B_1$ , колісна база першого мосту –  $B_2$ , колія –  $K$ .

2. Визначити плече обкатки та плече стабілізації керованого колеса автомобіля, якщо довжина цапфи  $l_c$ , радіус колеса  $r_k$ , кут поперечного нахилу шворня  $\alpha_{ш}$ , кут поздовжнього нахилу шворня  $\beta_{ш}$ , кут розвалу  $\gamma_{ш0}$ . Навести схему.

3. Визначити поточний кут розвалу керованого колеса та ваговий стабілізуючий момент під час повороту лівого колеса ліворуч на кут  $\Theta = 20^\circ$  за наявності комбінованого нахилу шворня  $\alpha_{ш}$ ,  $\beta_{ш}$ , кут розвалу під час прямолінійного руху  $\gamma_{ш0}$ .

Вихідні дані для виконання практичних завдань наведені у додатку В.

## **2.3 Методичні рекомендації щодо практичних розрахунків**

Схему повороту автомобіля з двома керованими мостами наведено на рис. 1.

Очевидно, що під час криволінійного руху керовані колеса транспортного засобу мають повертатися на різні кути [3, 4, 5, 7]. Співвідношення між кутами повороту внутрішнього та зовнішнього керованих коліс описується формулою Р. Аккермана, яка для керованих коліс першого мосту запишеться так:

$$\operatorname{ctg}\theta_0^1 - \operatorname{ctg}\theta_i^1 = \frac{K}{B_1}, \quad (1)$$

для керованих коліс другого мосту:

$$\operatorname{ctg}\theta_0^2 - \operatorname{ctg}\theta_i^2 = \frac{K}{B_2}, \quad (2)$$

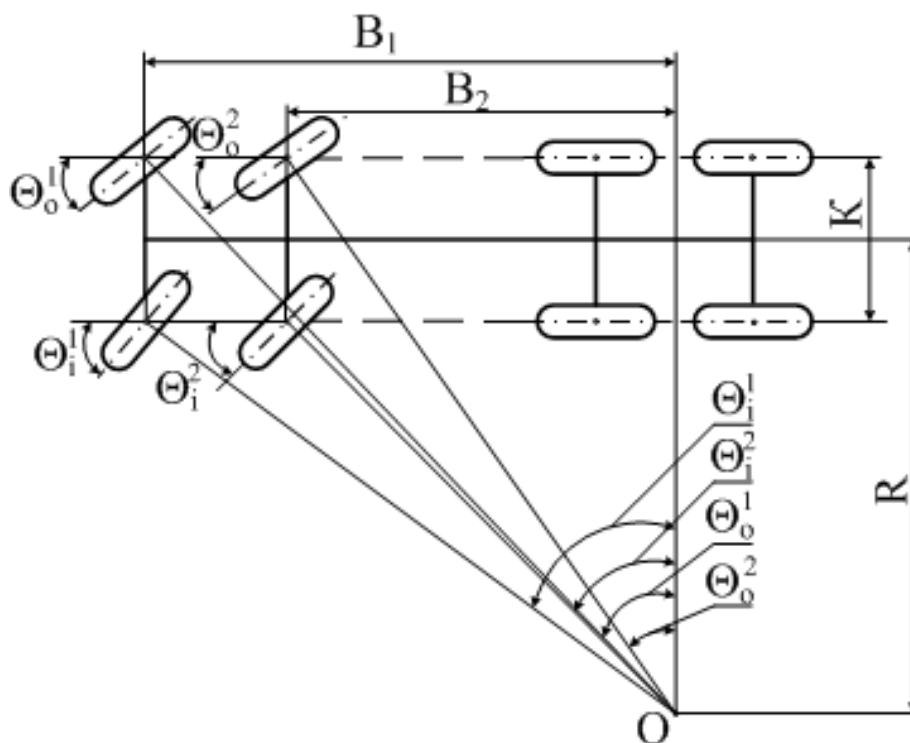


Рисунок 1 – Схема повороту автомобіля з двома керованими мостами

де  $\theta_0$  – кут повороту зовнішнього колеса (вихідний параметр),  $\theta_i$  – кут повороту внутрішнього колеса (вхідний параметр),  $K$  – відстань між осями шворнів,  $B_1, B_2$  – відповідна база автомобіля (згідно з рис. 1).

За відомого значення кута повороту лівого колеса першого мосту  $\theta_i^1$ , кут повороту правого колеса  $\theta_0^1$  можна визначити за формулою:

$$\theta_0^1 = \operatorname{arctg} \left( \frac{B_1 \cdot \operatorname{tg}\theta_i^1}{B_1 \cdot \operatorname{tg}\theta_i^1 + K} \right). \quad (3)$$

Співвідношення між кутами повороту внутрішніх коліс першого та другого мосту визначають за залежністю:

$$\theta_i^2 = \arctg \left( \frac{B_1}{B_2} \cdot \operatorname{tg} \theta_i^1 \right), \quad (4)$$

де  $\theta_i^1, \theta_i^2$  – відповідно кут повороту внутрішнього колеса першого та другого мосту.

Положення центра повороту відбитка щодо його геометричного центра визначають плечем обкатки  $l_0$  і плечем стабілізації  $y$  (рис. 2).

Плечем обкатки  $l_0$  є відстань від центра повороту відбитка, точки  $O$ , до великої осі відбитка. Уважаючи, що кут розвалу керованого колеса не перевищує  $1^\circ$ , плече обкатки, з достатньою для практичних розрахунків точністю, визначають за формулою [3, 4, 7]:

$$l_0 = l_y - r_k \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{ш} + \gamma_{ш0}), \quad (5)$$

де  $l_y$  – довжина цапфи – відстань між центрами шворня і колеса;  $r_k$  – радіус колеса;  $\alpha_{ш}$  – кут поперечного (бічного) нахилу шворня – кут між проекцією осі шворня на поперечну площину автомобіля та вертикаллю;  $\gamma_{ш0}$  – кут розвалу колеса в нейтральному положенні – кут між середньою площиною колеса і вертикаллю.

Під *плечем стабілізації*  $y$  розуміють відстань від центра повороту, точки  $O$ , до малої осі відбитка. Його визначають за формулою [3, 4, 7]:

$$y = r_k \cdot \operatorname{tg} \beta_{ш}, \quad (6)$$

де  $\beta_{ш}$  – кут поздовжнього нахилу шворня – кут між проекцією осі шворня на поздовжню площину автомобіля і вертикаллю.

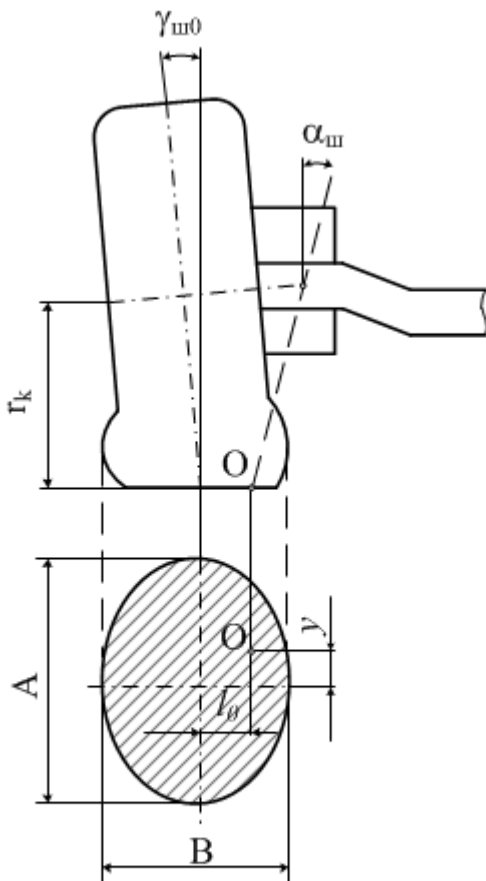


Рисунок 2 - Розрахункова схема для визначення положення центра повороту відбитка

Поворот керованих коліс автомобілів здійснюється навколо осей шворнів. Загалом ці осі мають нахил у двох взаємно перпендикулярних площинах – поперечній (бічний нахил) і поздовжній. Такий нахил називають *комбінованим нахилом шворня*. Через нахили шворнів, конструктивні параметри керованого моста і коліс виникає момент, викликаний вагою, що припадає на кероване колесо. Оскільки він залежить від ваги, то його називають ваговим. Під дією цього моменту керовані колеса зазвичай повертаються до нейтрального положення під час виходу автомобіля з кола зі знятим зусиллям з кермового колеса. Тому його називають *стабілізуючим*, а процес самостійного повернення керованих коліс до нейтрального положення під час виходу автомобіля з кола зі знятим зусиллям з кермового колеса називають *стабілізацією керованих коліс*.

Ваговий стабілізуючий момент за наявності комбінованого нахилу шворня визначають за формулою [6, 7]:

$$M_{cm} = G_k \cdot (l_u - r_k \operatorname{tg} \gamma'_{u0}) \cdot (\cos(\alpha_u + \gamma_{u0}) \cdot \sin \alpha_u \cdot \sin \Theta \pm \cos(\beta_u + \gamma_{u0}) \cdot \sin \beta_u \cdot \cos \Theta), \quad (7)$$

де  $\gamma'_{u0}$  – поточний кут розвалу з комбінованим нахилом шворня, який визначають за формулою [6, 7]

$$\gamma'_{u0} = \gamma_{u0} + \alpha_u (1 - \cos \Theta) \pm \beta_u \sin \Theta. \quad (8)$$

Знак «+» беруть у формулах (7), (8) під час повороту лівого колеса ліворуч від нейтрального положення або правого праворуч. Інакше беруть знак «-».

*Кут розвалу* – це кут, який утворений вертикальною площиною та віссю симетрії керованого колеса. Унаслідок цього під час повороту колеса праворуч чи ліворуч відбувається зміна кута розвалу, оскільки поворот відбувається відносно осі шворня, яка має нахили в поперечній і поздовжній площинах. Тому змінне значення кута розвалу колеса залежно від кута його повороту праворуч чи ліворуч називають *поточним кутом розвалу*.

### 3 ПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ

1. Керованість автомобіля. Поняття колісного керуючого модуля (ККМ).
2. Вимоги, що висувають до ККМ.

3. Прості та складні ККМ. Класифікація багатовісних транспортних засобів.

4. Конструкція, призначення підсилювача кермового керування, компоновальні схеми гідравлічних підсилювачів кермових керувань.

5. Плече обкатки, плече стабілізації, радіус обкатки.

6. Що є центром повороту контактної відбитка шини?

7. Складові моменту опору повороту керованого колеса.

8. Момент опору повороту шини на місці.

9. Кінематика повороту жорстких керованих коліс.

10. Передавальне число кермової трапеції, кермового привода

11. Визначення вагового стабілізуючого моменту від поперечного нахилу шворня.

12. Визначення вагового стабілізуючого моменту від комбінованого нахилу шворня.

13. Поточний кут розвалу та його визначення.

14. Момент опору повороту керованого колеса під час руху.

15. Моменти тертя в шворневих вузлах автомобілів.

16. Вимоги щодо легкості керування колісних машин.

17. Визначення зусилля на кермовому колесі.

18. Розрахунок параметрів гідропідсилювача кермового керування.

19. Розрахунок на міцність сошки, поздовжньої тяги, шарового пальця.

20. Збурювальний момент від дисбалансу колеса.

21. Приведена жорсткість керованого колеса.

22. Диференціальне рівняння, яке описує коливання керованого колеса, зумовлені його дисбалансом.

23. Методика розв'язання неоднорідного диференціального рівняння другого порядку.

24. Граничний проти коливань момент тертя в шворневому вузлі.

25. Як забезпечити стійкість керованих коліс проти коливань, зумовлених дисбалансом?



26. Розрахункова схема для розробки математичної моделі коливань керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.

27. Складові диференціального рівняння керованого колеса, зумовлених гідравлічним підсилювачем.

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

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

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

#### 4 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Бали, які отримують студенти заочної форми навчання під час вивчення навчальної дисципліни, розподіляються відповідно до таблиці.

Лекції	Практичні роботи	Контрольна робота	Сума
10	40	50	100

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Для екзамену, курсового проєкту (роботи), практика	Для заліку
90–100	A	Відмінно	Зараховано
82–89	B	Добре	
74–81	C		
64–73	D	Задовільно	
60–63	E		
35–59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни	Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Раймпель Й. Шасі автомобі: Кермове керування; пер. з нім. В. М. Пальянова/ Під ред. А. А. Гольбрейха. Wurzburg: Vogel-Buchverlag, 1984. 232 с.
2. Овчинников П. П., Яремчук Ф. П., Михайленко В. П. Вища математика. Частина I, підручник у 2 ч. 3-тє вид., випр. / за заг. ред. П. П. Овчинникова. Київ, Техніка, 2003. 600 с.
3. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навчальний посібник. Київ: Арістей, 2010. 184 с.
4. Солтус А. П. Основи теорії робочого процесу та розрахунку колісних керуючих модулів: моногр. Деп. Укр. НДІНТІ. 501-Ук 90 ВІНДТІ «Деп.наук.праці», 1990, 7 (290), б/о 203. 234 с.
5. Навчально-методична та професійна література для студентів та викладачів технічних, природничих та гуманітарних дисциплін. URL: <http://www.twirpx.com/> (дата звернення 24.01.2023)
6. Черненко С. М. Підвищення стійкості колісного керуючого модуля проти коливань, викликаних гідравлічним підсилювачем кермового керування автомобіля : дис. кандидата техн. наук : 05.22.02 / Сергій Михайлович Черненко . Київ, 2005. – 147 с.
7. Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт 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: Редакційно-видавничий відділ КрНУ, 2023. 50 с.

Зразок оформлення титульної сторінки контрольної роботи

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Навчально-науковий інститут механіки і транспорту

Кафедра автомобілів і тракторів

# КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з навчальної дисципліни

**«Прикладна теорія колісного керуючого модуля»**

Студента VI курсу

групи АТ-22-1м

спеціальності 274 –

«Автомобільний транспорт»

Клименка Д. Ф.

Шифр: 122732

Викладач Черненко С. М.

Кременчук 2023

Таблиця вибору питань до виконання теоретичної частини контрольної роботи

Остання цифра шифру	Передостання цифра шифру									
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	1 11	2 12	3 13	4 14	5 15	6 16	7 17	8 18	9 19	10 20
<b>2</b>	11 21	12 22	13 23	14 24	15 25	16 26	17 27	18 28	19 29	20 30
<b>3</b>	21 1	22 2	23 3	24 4	25 5	26 6	27 7	28 8	29 9	30 10
<b>4</b>	1 12	2 13	3 14	4 15	5 16	6 17	7 18	8 19	9 20	10 21
<b>5</b>	11 22	12 23	13 24	14 25	15 26	16 27	17 28	18 29	19 31	20 1
<b>6</b>	21 2	22 3	23 4	24 5	25 6	26 7	27 8	28 9	29 10	30 11
<b>7</b>	1 13	2 14	3 15	4 16	5 17	6 18	7 19	8 20	9 21	10 22
<b>8</b>	11 23	12 24	13 25	14 26	15 27	16 28	17 29	18 30	19 12	20 2
<b>9</b>	21 3	22 4	23 5	24 6	25 7	26 8	27 9	28 10	29 11	30 12
<b>0</b>	1 13	2 14	3 15	4 16	5 17	6 18	7 19	8 20	9 21	10 22

Таблиця вибору варіантів завдань до виконання практичної частини  
контрольної роботи

Варі- ант	$G_k$ , Н	$B_2 / B_1$ , м	$K$ , м	$l_y$ , м	$r_k$ , м	$\alpha_{ш}$ , град	$\beta_{ш}$ , град	$\gamma_{ш0}$ , град
<b>1</b>	34335	6,3/4,5	2,16	0,225	0,585	9°30'	5°30'	-0°30'
<b>2</b>	35316	6,5/4,3	2,16	0,225	0,585	9°30'	5°30'	-0°30'
<b>3</b>	29920	6,4/4,5	1755	0,279	0,525	5°	2°	0°30'
<b>4</b>	29920	6,45/4,7	1755	0,279	0,530	5°	2°	0°30'
<b>5</b>	36788	6,05/5,2	1704	0,225	0,538	9°30'	5°30'	-0°30'
<b>6</b>	21042	6,35/5,1	2,026	0,1265	0,476	8°	2°40'	1°
<b>7</b>	26978	4,85/3,45	2,026	0,1265	0,488	8°	2°40'	1°
<b>8</b>	24525	5,8/4,2	2,08	0,135	0,540	6°	1°45'	1°
<b>9</b>	31883	5,1/3,2	2,032	0,22	0,505	8°	2°20'	1°
<b>10</b>	30883	5,29/3,1	2,032	0,22	0,525	8°	2°20'	1°

Методичні вказівки щодо виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Прикладна теорія колісного керуючого модуля» для студентів заочної форми 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 автомобілів і тракторів 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