

# **Контрольна робота**

для студентів заочної форми навчання  
з дисципліни професійно-практичної підготовки  
**«ТРИБОТЕХНІКА»**

Галузь знань 0701 - Транспорт і транспортна інфраструктура,  
напрямок підготовки 6.070106 - Автомобільний транспорт  
**Спеціальність: Автомобілі та автомобільне господарство**

# 1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1. Загальні положення

Робоча програма складена відповідно до навчального плану спеціальності 6.090200 «Автомобілі та автомобільне господарство».

«Триботехніка» це одна із профільюючих дисциплін, яку вивчають студенти спеціальності.

Дисципліна складається з таких розділів: теоретичні основи трибології, основні поняття про механізм зношування пар тертя, триботехнічний аналіз роботи антифрикційних пар тертя, триботехнічні методи підвищення довговічності вузлів тертя автотранспортних засобів, мастило та мастильні матеріали і системи.

## 1.2. Мета викладання дисципліни

Предметом вивчення дисципліни є теоретичні та практичні положення науки про терті і процесах супроводжуваних тертя, зокрема, про процеси зносу і пошкоджень, про витрати енергії на подолання тертя в з'єднаннях агрегатів автомобілів і обладнання.

Мета навчання - дати студентам впорядковані знання та навички, необхідні для вирішення завдань енергозбереження, підвищення надійності вузлів тертя агрегатів автомобілів і устаткування, скорочення витрат на їх технічну експлуатацію.

## 1.3. Задачі вивчення дисципліни і основні вимоги до рівня засвоєння змісту дисципліни

Задачі дисципліни наступні: вивчення технології виробництва та ремонту автомобілів, методів і способів обробки, відновлення і зміцнення деталей, підвищення довговічності машин, проектування виробничих ділянок і підприємств по ремонту автомобілів.

Після закінчення вивчення дисципліни студент повинен:

- знати властивості тертьових поверхонь, контактну взаємодію твердих тіл, види тертя, зв'язок тертя з вібрацією, види мастила, мастильних матеріалів і систем;
- вміти проектувати вузли тертя, вибирати матеріали з необхідними трибологічними властивостями, вибирати тип мастила, мастильних матеріалів і систем;
- мати навички визначення характеристик мастильних матеріалів, розрахунку вузлів тертя на тертя і знос, визначення шорсткості поверхні деталей;
- мати уявлення: про технології виготовлення деталей, що утворюють пари тертя, про технології поверхневого зміцнення деталей, що труться, про методи випробування на тертя і знос.

- отримати систему науково-технічних знань в галузі підвищення довговічності машин при їх виготовленні, ремонті та експлуатації.
- застосовувати отримані знання та вміння при розробці технологічних документів, проектуванні технологічних процесів ремонту автомобілів;
- отримати практичні навички з організації технологічних процесів поверхневого зміцнення деталей, що труться при виготовленні і відновленні деталей машин.

#### 1.4. Перелік дисциплін, необхідних для вивчення даної дисципліни

Базою дисципліни «Триботехніка» є наступні основні дисципліни: «Автомобілі», «Автомобільні двигуни», «Теоретична механіка», «Технологія конструкційних матеріалів», «Основи технології машинобудування», «Матеріалознавство», «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Деталі машин і підйомно-транспортні машини».

#### 1.5. Місце дисципліни в професійній підготовці бакалавра

«Триботехніка» відноситься до циклу дисциплін професійно-практичної підготовки є фундаментальною при підготовці бакалаврів автомобільного транспорту.

## 2. РОЗКЛАД НАВЧАЛЬНИХ ГОДИН

Розподіл навчальних годин дисципліни «Триботехніка» за основними видами навчальних занять наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Розклад навчальних годин дисципліни

Види навчальних занять	Всього	
	годин	кредитів ECTS
Загальний обсяг дисципліни - теоретична частина		
1. Аудиторні заняття з них: 1.1. Лекції 1.2. Лабораторні роботи		
2. Самостійна робота з них: 2.1. Підготовка до аудиторних занять 2.2. Підготовка до лабораторних занять		

### 3. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

Тема і зміст дисципліни наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Теми і зміст лекцій, семестр 3

Но- мер теми	Назва теми та її зміст	Обсяг лекці й, годин	Обсяг самоств. роботи, годин
1	2	3	4
1	Введення в курс. Історія розвитку триботехніки. Основні терміни. Збитки від тертя і зносу в машинах.		
2	Загальні відомості про поверхні деталі та її геометрію. Показники якості поверхні.		
3	Фізико-хімічні властивості поверхонь деталей. Поверхнева енергія. Адсорбція і хемосорбція. Адсорбційні ефекти зниження міцності (ефект Ребіндера).		
4	Контактування і тертя у вузлах машин. Взаємне контактування деталей. Класифікація видів тертя. Тертя без мастильного матеріалу. Тертя з мастильним матеріалом. Граничне тертя. Рідинне тертя. Змішане тертя		
5	Основні поняття про механізм зношування пар тертя. Механізм зношування металевих поверхонь. Втома при зношуванні металевих поверхонь. Механізм зношування полімерів і гуми.		
6	Види зношування. Водневе зношування. Абразивне зношування. Окисне зношування. Зношування внаслідок пластичної деформації. Зношування внаслідок диспергування (подрібнення) ділянок контакту. Викришування знову утворених структур. Корозійне, кавітаційне, ерозійне зношування, корозійно-механічне зношування в сполученнях. Зношування при захопленні і заїданні поверхонь. Зношування при фреттінг-корозії. Тріщиноутворення на поверхнях тертя.		
7	Триботехнічний аналіз роботи антифрикційних пар тертя. Загальні положення триботехнічного аналізу. Триботехнічний аналіз роботи підшипників ковзання колінчастого вала і підшипників качення. Триботехнічний аналіз роботи деталей циліндро-поршневої групи двигунів. Триботехнічний аналіз роботи зубчастих передач.		

8	<p>Втрати на тертя в автомобільних двигунах.</p> <p>Втрати на тертя щодо повної енергії. Втрати на тертя і фактори, що впливають на них. Співвідношення втрат на тертя в окремих вузлах двигуна. Вплив тиску в циліндрі, частоти обертання і завантаження. Вплив в'язкості мастильного матеріалу. Вплив відносини ходу поршня до діаметру циліндра. Порівняння втрат на тертя при прокручуванні стартером і робочому режимі.</p>		
9	<p>Виборче перенесення і його застосування в техніці.</p> <p>Загальні відомості про відкриття виборчого переносу при терті і його сутність. Механізм утворення сервовитної плівки. Формування плівки в парі тертя бронза-сталь при змазуванні гліцерином. Формування сервовитної плівки у вузлі тертя сталь - сталь при роботі з металоплакованими мастильними матеріалами. Структура сервовитної плівки. Перспективні дослідження в галузі виборчого переносу.</p>		
10	<p>Матеріали поверхонь пар тертя.</p> <p>Правила поєднання матеріалів. Методика підбору матеріалів пар тертя.</p>		
11	<p>Триботехнічні методи підвищення довговічності вузлів тертя автотранспортних засобів.</p> <p>Конструктивні методи підвищення довговічності вузлів тертя. Технологічні методи підвищення довговічності вузлів тертя. Обробка деталей різанням. Обробка деталей поверхневим пластичним деформуванням. Підвищення зносостійкості термічної і хіміко-термічної обробкою поверхонь. Нанесення зносостійких покриттів. Наплавлення поверхонь. Експлуатаційні методи підвищення довговічності вузлів тертя.</p>		
12	<p>Змащування деталей машин.</p> <p>Види мастила. Механізм дії мащення при граничному терті. Присадки до мастильних матеріалів. Рідкі мастильні матеріали. Пластичні (консистентні) мастильні матеріали. Тверді мастильні матеріали. Самозмащувальні матеріали. Температурна стійкість граничних мастильних шарів.</p>		
13	<p>Триботехнічний аналіз роботи фрикційних пар тертя.</p> <p>Специфіка трибологічних процесів у фрикційних пристроях. Класифікація фрикційних пристроїв. Фрикційні муфти. Фрикційні гальма. Фрикційні матеріали.</p>		
	Разом		

### 3.1.2. Лабораторні заняття

Таблиця 3.2 – Теми і зміст лабораторних занять, семестр \_\_\_\_

№	Назва теми, зміст	Обсяг, год.	Обсяг самот., год.
1	Трибологічний іспит різних марок сталі.		
2	Трибологічний іспит матеріалів з різною чистотою поверхні.		
3	Трибологічний іспит сталі з різною термообробкою.		
4	Трибологічний іспит матеріалів при терті з мастильними матеріалами.		
	Разом		

### Завдання до контрольної роботи

#### 4. Вибір варіанта

Таблиця 4.1

Перша літера прізвища	А, Б, В, Г, Д	Е, Ж, З, И, К	Л, М, Н, О, П	Р, С, Т, У	Ф, Х, Ц, Ч, Ш	Щ, Э, Ю, Я
Остання цифра залікової книжки						
1	1, 20, 40, 100	11, 30, 50, 71	31, 20, 9, 81	11, 20, 50, 91	39, 20, 59, 63	51, 20, 19, 62
2	2, 21, 41, 62	12, 31, 72, 72	32, 21, 8, 82	12, 21, 51, 92	38, 21, 58, 67	52, 21, 18, 66
3	3, 22, 42, 63	13, 32, 52, 73	33, 22, 7, 83	13, 22, 52, 93	37, 22, 57, 75	53, 22, 17, 70
4	4, 23, 43, 64	14, 33, 53, 74	34, 23, 6, 84	14, 23, 53, 94	36, 23, 56, 77	54, 23, 16, 74
5	5, 24, 44, 65	15, 34, 54, 75	35, 24, 5, 85	15, 24, 54, 95	35, 24, 55, 81	55, 24, 15, 78
6	6, 25, 45, 66	16, 35, 55, 76	36, 25, 4, 86	16, 25, 55, 96	34, 25, 54, 85	56, 25, 14, 82
7	7, 26, 46, 67	17, 36, 56, 77	37, 26, 3, 87	17, 26, 56, 97	33, 26, 53, 89	57, 26, 13, 86
8	8, 27, 47, 68	18, 37, 57, 78	38, 27, 2, 88	18, 27, 57, 98	32, 27, 52, 91	58, 27, 12, 94
9	9, 28, 48, 69	19, 38, 58, 79	39, 28, 1, 89	19, 28, 58, 99	31, 28, 51, 93	59, 28, 11, 98
0	10, 29, 49, 70	20, 39, 59, 80	40, 29, 10, 90	20, 29, 59, 61	30, 29, 60, 95	50, 29, 30, 100

### Теоретичні питання

1. Обґрунтуйте актуальність вивчення триботехніки.
2. Що вивчає триботехніка та її розділи?
3. Дайте визначення термінам "зовнішнє тертя", "тертя ковзання", "тертя кочення", "тертя руху", "тертя спокою".
4. Дайте визначення термінам "зношування", "знос", "зносостійкість", "мастильний матеріал", "змащення", "змазування".

5. Дайте визначення термінам "сила тертя", "поверхня тертя", "коефіцієнт тертя".
6. Розкрийте механізм утворення і зміни фактичної площі контакту.
7. Які основні показники якості поверхні тертя відомі.
8. Поясніть процеси адсорбції, абсорбції та адгезії.
9. Поясніть механізм і сутність ефекту Ребіндера.
10. Дайте класифікацію видів тертя.
11. Дайте коротку характеристику тертя без мастильного матеріалу.
12. У яких механізмах і чому реалізується той чи інший вид тертя?
13. Розкрийте механізм зниження зношування і коефіцієнта тертя при граничному терті.
14. Назвіть необхідні і достатні умови утворення гідродинамічного тертя.
15. Які критерії служать для оцінки виду тертя?
16. Які переваги та недоліки забезпечує гідростатичне тертя в порівнянні з гідродинамічним?
17. Чому в парах тертя автомобільних двигунів сприятливим вважається режим рідинного тертя?
18. Як впливає товщина масляної плівки на коефіцієнт тертя при рідинному мащенні?
19. У яких рухомих з'єднаннях автомобільного двигуна відбуваються втрати на механічне тертя? Які співвідношення втрат на тертя в рухомих з'єднаннях?
20. Які фактори збільшують втрати на тертя? Які чинники знижують втрати на тертя?
21. До яких несприятливих наслідків призводить механічне тертя?
22. Розкрийте механізм зношування металевих поверхонь.
23. Елементарні види руйнування поверхонь.
24. Розкрийте механізм зношування полімерів і гуми.
25. Види зношування. Загальні відомості.
26. Водневе зношування.
27. Поясніть відмінності водневого зношування від виборчого переносу на поверхнях тертя.
28. Абразивне зношування.
29. Окисне зношування.
30. Втомне зношування і його види.
31. Кавітаційне зношування.
32. Ерозійне зношування.
33. Зношування при фреттинг і фреттинг-корозії та методи боротьби з ним.
34. Зношування при заїданні. Сутність процесу схоплювання і види його прояви.
35. Види пошкодження поверхонь тертя при схоплюванні.
36. Схоплювання деталей через наявність окислів в зазорі.
37. Сутність корозійно-механічного зношування. Сутність виборчого переносу?
38. Який механізм утворення сервовитної плівки? Яка її структура?
39. Назвіть перспективні дослідження в галузі виборчого переносу?
40. Яке економічне значення матиме широке впровадження виборчого переносу в практику експлуатації автомобільного транспорту?
41. Переваги та недоліки використання виборчого переносу?

42. Наведіть приклади конструктивних методів підвищення довговічності вузлів тертя.
43. Які конструктивні методи підвищення довговічності вузлів тертя застосовуються в автомобільних двигунах?
44. Які матеріали застосовуються при виготовленні вузлів тертя?
45. Назвіть правила поєднання матеріалів для вузлів тертя.
46. У чому сутність підвищення зносостійкості технологічними методами?
47. Який вплив робить вихідна шорсткість тертьових поверхонь на їх зносостійкість?
48. Які технологічні чинники обробки різанням сприяють підвищенню зносостійкості?
49. Наведіть приклади технологічних методів підвищення зносостійкості?
50. Яка сутність підвищення зносостійкості в умовах експлуатації?
51. Яким чином періодичність заміни мастильного матеріалу та обслуговування системи змащення впливає на довговічність вузлів тертя?
52. Призначення обкатки машин та критерії її закінчення?
53. Назвіть заходи з підвищення зносостійкості вузлів тертя двигуна при його пуску.
54. Що таке «мастило, мастильні матеріали, змазування»?
55. Що таке «поверхнево-активні речовини (ПАР)»?
56. Що таке пластичні мастила?
57. Що таке «мастильно-охолоджуючі рідини» (МОР)?
58. Що таке «гідравлічні рідини»?
59. Назвіть типи присадок до мастильних матеріалів, їх призначення.
60. Визначте поняття «в'язкість, індекс в'язкості, консистенція і пьезокоефіцієнт в'язкості».
61. Що таке динамічна в'язкість і кінематична в'язкість?
62. Призначення фрикційних пристроїв.
63. Які загальні особливості триботехнічних процесів у фрикційних пристроях?
64. Яке функціональне призначення фрикційних гальм?
65. Яке функціональне призначення фрикційних муфт?
66. Яке функціональне призначення фрикційних передач?
67. Дайте класифікацію фрикційних пристроїв.
68. Які особливості умов роботи фрикційних муфт?
69. Які особливості умов роботи фрикційних гальм?
70. З якою метою проводиться розрахунок коефіцієнта питомої навантаження?
71. Які фрикційні матеріали застосовуються в техніці?
72. Які компоненти входять до складу фрикційних матеріалів і яке їх призначення?
73. Назвіть критерії вибору триботехнічних випробувань.
74. Назвіть основні позитивні і негативні моменти від застосування мастильних матеріалів у вузлах тертя.
75. Поясніть сутність методу ФАБО.
76. Опишіть кінетику кавітаційного зношування.
77. Дайте поняття про поверхневу енергію.
78. Опишіть способи подачі мастильного матеріалу до поверхонь тертя.



79. Поясніть терміни та роль гідрофільності і гідрофобності.
80. Розкажіть про кочення пружних тіл.
81. Поясніть кочення тіл з матеріалів, що володіють властивостями релаксації і післядії.
82. Прогресивні технологічні методи та інструмент для зміцнення і регуляризації якості поверхневого шару.
83. Ударно-імпульсна зміцнююча обробка.
84. Комбінована зміцнююча обробка.
85. Використання тертя в технологіях зміцнення поверхонь.
86. Натирання поверхонь латунню (фрикційне латунювання).
87. Можливості фрикційного латунювання деталей з чавуну, сталей і алюмінієвих сплавів.
88. Підвищення зносостійкості деталей застосуванням традиційних методів зміцнення (зміцнення при різанні, зміцнення поверхневим пластичним деформуванням).
89. Підвищення зносостійкості термічної і хіміко-термічної обробкою поверхонь
90. Нанесення зносостійких покриттів.
91. Покриття дисульфідом молібдену і графітом.
92. Наплавлення та напилювання поверхонь.
93. Електроіскрове зміцнення поверхонь.
94. Електромеханічна обробка (ЕМО).
95. Термомеханічна обробка (ТМО).
96. Зміцнення поверхонь променем лазера.
97. Основні підходи до вибору мастильних матеріалів при конструюванні мастильних систем.
98. Підведення і розподіл мастильного матеріалу.
99. Контрольні та запобіжні пристрої.
100. Конструктивні особливості мастильних систем.

## **5. ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ І НАВЧАЛЬНИХ ЗАСОБІВ**

### 5.1. Основна та додаткова література

#### Основна:

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника М: Машиностроение, 1989. – 328 с.
2. Швецова Е.М., Крагельский И.В. Классификация видов изнашивания поверхностей деталей в условиях сухого и граничного трения / В сб. Трение и износ в машинах, вып. 8. Изд-во АН СССР, 1953. – С. 16-38.
3. Поверхностная прочность материалов при трении / Под ред. Б.И. Костецкого – Киев: Техника, 1976. – 291 с.
4. Белый В.А. и др. Трение полимеров. – М.: «Наука» 1972. – 204 с.

5. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин).-М.: Изд-во МСХА, 2002. – 616 с.
6. Гаркунов Д.Н., Крагельский И.В., Поляков А.А. Избирательный перенос в узлах трения. – М.: Транспорт, 1969. – 104 с.
7. Гаркунов Д.Н., Корник П.И. Виды трения и износа. Эксплуатационные повреждения деталей машин. – М.: Изд-во МСХА, 2003. – 344 с.
8. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безизносность. 4-е издание. М.: Изд-во МСХА, 2001. – 614 с.
9. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. В 3-х кн. – М.: Машиностроение, 1977.

Додаткова:

10. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию.-М.: Машиностроение, 1976. – 270 с.
11. Проников А.С. Надежность машин. –М.: Машиностроение, 1978. –590 с.
12. Решетов Д.Н. Работоспособность и надежность деталей машин.-М.: Высшая школа,1974. – 205 с.
13. Елизаветин М.А., Сатель Э.А. Технологические способы повышения долговечности машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 438 с.
14. Сорокин В.М. Качество поверхностного слоя и эксплуатационные свойства поверхностей деталей и методы их повышения. Н. Новгород: НГТУ, 1994. – 120 с.
15. Баженов Н.Л., Сорокин В.М. Упрочняющая обработка поверхностей деталей машин. Уч. пособие Горький, ГПИ,1979. – 54 с.
16. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельфом. – Л.: Машиностроение, 1982. – 248 с.

## 5.2. Методичні посібники і вказівки

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт по вивченню дисципліни „Триботехніка” / Укл.: колектив авторів під редакцій доц. Савенок Д.В. – Горлівка: АДІ Дон НТУ, 2013.
2. Плакати, фотографії, видео фільми за обраними темами.