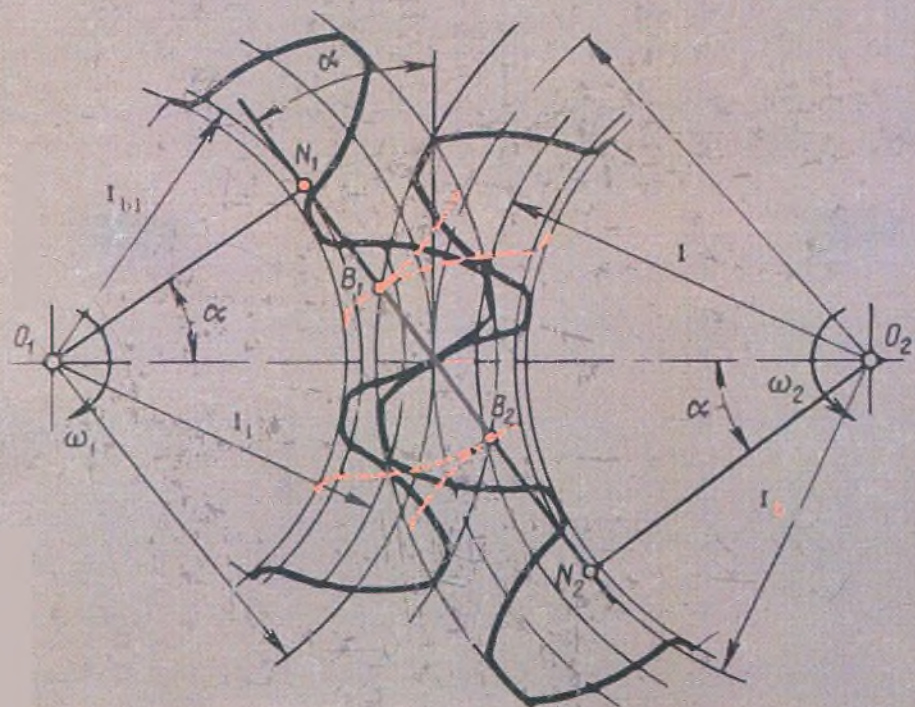


621.01  
.2 72

В. В. Яременко, О. М. Троханяк

# ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН



НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

В. В. Яременко, О. М. Троханяк

# ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ АГРАРНИХ ВИЩИХ  
НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Видавництво  
«Центр учбової літератури»  
Київ - 2023

УДК 621.01(075.8)  
Я 72

*Рекомендовано Вченою радою  
Національного університету біоресурсів і природокористування України  
як навчальний посібник для студентів аграрних вищих навчальних закладів  
(Протокол № 5 від 22. 11.2023 р.)*

**Рецензенти:**

**Лимарченко О. С.** — д.т.н., проф., завідувач кафедри компютерних методів механіки і процесів керування Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

**Погорілий С. П.** — д.т.н., с.н.с., завідувач відділу механіко-енергетичних проблем МТА Інституту механіки та автоматки агропромислового виробництва;

**Лопатько К. Г.** — д.т.н., проф. завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства Національного університету біоресурсів і природокористування України.

**Яременко В. В., Троханяк О. М.**

**Я 72** Теорія механізмів і машин: навчальний посібник / В. В. Яременко, О. М. Троханяк.  
— Київ: Вид. «Центр учбової літератури», 2023. 244 с.

**ISBN 978-611-01-2994-7**

Навчальний посібник містить в собі основні розділи теорії механізмів і машин згідно з освітньо-професійною програмою підготовки фахівців освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 133 — “Галузеве машинобудування у аграрних вищих навчальних закладах освіти.

Структура і методика висвітлення курсу спрямована на ефективне засвоєння теоретичного і практичного матеріалу та самостійну роботу студентів. Навчальний посібник може бути корисний також викладачам, та інженерам технічних спеціальностей сільськогосподарського виробництва.

ISBN 978-611-01-2994-7

УДК 621.01(075.8)

© Яременко В. В., Троханяк О. М., 2023.  
© Видавництво «Центр учбової літератури», 2023.



**Яременко Вадим Володимирович**

Доцент кафедри механіки НУБіП України, кандидат технічних наук, доцент.

В 2002-2007 рр. працював у Національному науковому центрі «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України на посадах інженера, молодшого наукового співробітника, наукового співробітника. Напрямок наукових досліджень - технічна діагностика гідравлічних приводів сільськогосподарської техніки. Є автором і співавтором понад 60 наукових праць, з яких - 4 опубліковані в журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus, 7 патентів, 4 підручників, 6 навчальних посібників, 3 монографій.

e-mail: yaremenko@nubip.edu.ua



**Троханяк Олександра Миколаївна**

Кандидат технічних наук, доцент, лауреат Премії Президента України для молодих вчених, двічі стипендіат Кабінету Міністрів України для молодих учених, стипендіат Державної іменної стипендії для увічнення подій Революції Гідності та вшанування подвигу Героїв України, доцент кафедри механіки Національного університету біоресурсів і природокористування. Викладає дисципліну «Теорія механізмів і машин».

Наукові інтереси: машинознавство, механізація сільськогосподарського виробництва. Автор понад 140 наукових праць, з яких - 43 опубліковані в журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science; 10 - деклараційних патентів України на корисні моделі і 3 - монографії.

Електронна адреса: klendii\_o@ukr.net

# ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	7
<b>1. ВСТУП</b> .....	8
1.1. Предмет ТММ.....	8
1.2. Основні поняття ТММ.....	8
<b>2. СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ І КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ</b> .....	9
2.1. Кінематичні пари та їх класифікація.....	9
2.2. Кінематичні ланцюги і з'єднання.....	12
2.3. Структурні формули кінематичних ланцюгів.....	12
2.4. Надлишкові в'язі та зайві ступені вільності.....	16
2.5. Структурна класифікація плоских механізмів.....	17
<b>3. КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ</b> .....	23
3.1. Послідовність кінематичного аналізу механізмів.....	23
3.2. Визначення швидкостей та прискорень механізму I класу.....	23
3.3. План швидкостей групи II класу I виду.....	24
3.4. Теорема подібності для планів швидкостей.....	27
3.5. Побудова плану прискорень двоповідкової групи I виду.....	27
3.6. Теорема подібності для планів прискорень.....	30
3.7. Визначення швидкостей і прискорень груп II класу 2 та 3 видів методом планів.....	30
3.8. Побудова планів положень механізмів.....	36
3.9. Побудова траєкторій точок механізмів.....	37
3.10. Кінематичні діаграми. Побудова діаграм переміщень.....	38
3.11. Діаграми швидкостей і прискорень.....	40
<b>4. ДИНАМІКА МЕХАНІЗМІВ І МАШИН</b> .....	41
4.1. ВСТУП ДО ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ МЕХАНІЗМІВ.....	41
4.1.1. Сили, які діють у механізмах.....	41
4.1.2. Механічні характеристики машин.....	41
4.2. Силовий аналіз механізмів.....	43
4.2.1. Умова статичної визначеності плоского кінематичного ланцюга.....	44
4.2.2. Сили тяжіння та інерції.....	44
4.2.3. Послідовність силового розрахунку.....	45
4.2.4. Силовий аналіз груп Ассура.....	45
4.2.5. Силовий розрахунок початкової ланки.....	49
4.2.6. Метод М. С. Жуковського.....	50
4.3. Тертя.....	52

4.3.1.	Види тертя.....	52
4.3.2.	Тертя ковзання незмащених тіл.....	53
4.3.3.	Тертя в поступальній кінематичній парі.....	56
4.3.4.	Тертя в обертальній кінематичній парі.....	58
4.3.5.	Тертя ковзання змащених тіл.....	59
4.3.6.	Тертя кочення.....	60
4.4.	АНАЛІЗ РУХУ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН.....	61
4.4.1.	Зведений момент сил.....	61
4.4.2.	Зведений момент інерції.....	62
4.4.3.	Рівняння руху машинного агрегату.....	64
4.4.4.	Дослідження руху машинного агрегату за допомогою рівняння кінетичної енергії.....	65
4.4.5.	Визначення кутової швидкості ланки зведення.....	66
4.4.6.	Коефіцієнт нерівномірності руху.....	71
4.4.7.	Визначення моменту інерції маховика за діаграмою Віттенбауера.....	72
4.5.	ЗРІВНОВАЖУВАННЯ І ВІБРОЗАХИСТ МЕХАНІЗМІВ.....	75
4.5.1.	Зрівноважування обертових тіл.....	75
4.5.2.	Зрівноважування механізмів на фундаменті.....	80
4.5.3.	Віброзахист машин.....	82
5.	<b>СИНТЕЗ МЕХАНІЗМІВ.....</b>	<b>83</b>
5.1.	- СИНТЕЗ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ.....	83
5.1.1.	Види кулачкових механізмів.....	83
5.1.2.	Метод обернення руху.....	85
5.1.3.	Вибір закону руху штовхача.....	87
5.1.4.	Кути тиску і передачі руху.....	84
5.1.5.	Вибір припустимого кута тиску.....	92
5.1.6.	Визначення основних розмірів кулачкових механізмів за умови обмеження кута тиску.....	92
5.1.7.	Синтез кулачкових механізмів з тарілчастим штовхачем.....	95
5.1.8.	Визначення профілю кулачка по заданому закону руху вихідної ланки.....	98
5.1.9.	Вибір радіуса ролика.....	99
5.1.10.	Еквівалентні (замінюючі) механізми.....	99
5.2.	КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ.....	100
5.2.1.	Триланкові зубчасті механізми.....	101
5.2.2.	Багатоланкові зубчасті механізми з нерухомими осями.....	103
5.2.3.	Багатоланкові зубчасті механізми з рухомими осями.....	106
5.2.4.	Метод Кутцбаха-Смірнова.....	110

5.3.	<b>Теорія зубчастих зачеплень</b> .....	113
5.3.1.	Основні елементи зубчастого колеса.....	113
5.3.2.	Основна теорема теорії плоского зачеплення.....	114
5.3.3.	Евольвента кола та її властивості.....	116
5.3.4.	Рівняння евольвенти.....	117
5.3.5.	Основні властивості евольвентного зачеплення.....	118
5.3.6.	Поняття про рейкове зачеплення.....	121
5.3.7.	Методи виготовлення зубчастих коліс.....	122
5.3.8.	Вихідний контур зубчастої рейки.....	123
5.3.9.	Основні розміри зубчастого колеса, виготовленого рейковим інструментом.....	125
5.3.10.	Циліндричне евольвентне зовнішнє зачеплення.....	128
5.3.11.	Поняття про нульові, додатні та від'ємні зубчасті колеса та передачі.....	131
5.3.12.	Підрізання та загострення зубців.....	132
5.3.13.	Коефіцієнт перекриття.....	135
5.3.14.	Ковзання профілів зубців.....	137
5.3.15.	Підбір чисел зубців планетарних передач.....	141
5.3.16.	Вибір коефіцієнтів зміщення.....	144
5.3.17.	Особливості внутрішнього, косозубого, кінчного та черв'ячного зачеплень.....	145
	<b>ДОДАТКИ</b> .....	150
	<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	243