

621.2
Т38

В. Е. Дранковський, К. А. Миронов, Н. М. Фатесва, К. С. Рєзва, Є. С. Крупа

ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА, ГІДРАВЛІКА І ГІДРОМАШИНИ

Навчальний посібник для студентів спеціальності
«Галузеве машинобудування»

Частина II

Гідродинаміка та гідравлічні машини

Харків
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

В. Е. Дранковський, К. А. Миронов, Н. М. Фатєєва, К. С. Резва, Є. С. Крупа

ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА, ГІДРАВЛІКА І ГІДРОМАШИНИ

Навчальний посібник для студентів спеціальності

«Галузеве машинобудування»

Частина II

Гідродинаміка та гідравлічні машини

Рекомендовано вченою радою НТУ «ХП»

Харків
НТУ «ХП»

2020

УДК 536.7

Г 35

Рецензенти:

В. І. Гнєсін, д-р техн. наук, професор, керівник відділу нестационарної газодинаміки та аеропружності, ІПМаш НАН України;
О. М. Фатєєв, канд. техн. наук, директор з розвитку, ОП Корпорація «Гідроелекс»

*Затверджено вченою радою НТУ «ХП»
як навчальний посібник для студентів спеціальності
«Галузеве машинобудування», протокол № 11 від 27.12.2019 р.*

Автори: В. Е. Дранковський, к.т.н., К. А. Миронов, к.т.н., Н. М. Фатєєва, к.т.н., К. С. Резва, к.г.н., Є. С. Крупа, к.т.н.

Г35 Технічна термодинаміка, гідравліка і гідромашини : навчальний посібник. У 2 Ч. Ч. II. Гідродинаміка та гідравлічні машини / В. Е. Дранковський, К. А. Миронов, Н. М. Фатєєва, К. С. Резва, Є. С. Крупа. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 224 с.

ISBN 978-617-7634-81-1

ISBN 978-617-7634-83-5

Викладено закони гідродинаміки, методи розрахунку різних процесів і систем з ідеальними та реальними рідинами. Розглянуто властивості реальних робочих тіл. Наведено теоретичні положення розрахунку трубопроводів, опис і принцип дії різних гідравлічних машин. Містить контрольні запитання після кожного розділу, а також приклади розв'язання задач.

Призначено для студентів спеціальності «Галузеве машинобудування».

Іл. 86. Табл. 26. Бібліогр.: 21 найм.

ISBN 978-617-7634-81-1

ISBN 978-617-7634-83-5

УДК 536.7
© В. Е. Дранковський, К. А. Миронов,
Н. М. Фатєєва, К. С. Резва. Є.С. Крупа, 2020

ЗМІСТ

Вступ	3
Розділ I Гідродинаміка	4
Тема 1. Гідродинаміка. Рівняння Д. Бернуллі	4
1.1. Диференційні рівняння руху ідеальної рідини.....	4
1.2. Рівняння Бернуллі для усталеного руху елементарного струменя ідеальної рідини.....	6
1.3. Рівняння Бернуллі для елементарного струменя реальної рідини.....	10
Тема 2. Рівняння Бернуллі для потоку реальної рідини. Прилади для виміру швидкості і витрати рідини	12
2.1. Рівняння Бернуллі для потоку реальної рідини.....	12
2.2. Прилади для виміру швидкості і витрати рідини.....	15
Тема 3. Режими руху рідини. Досліди Рейнольдса. Поняття про гідродинамічну подібність потоків	17
3.1. Режими руху рідини.....	17
3.2. Число Рейнольдса.....	20
3.3. Поняття про гідродинамічну подібність потоків.....	22
Тема 4. Трубопроводи. Ламінарний режим у круглих трубах	24
4.1. Ламінарний режим у круглих трубах.....	24
4.2. Втрати напору при ламінарному режимі.....	27
Тема 5. Трубопроводи. Турбулентний рух. Графіки Нікурадзе й Муріна	30
5.1. Турбулентний рух. Його особливості.....	30
5.2. Пульсація швидкостей та осереднена швидкість.....	31
5.3. Розподіл швидкостей при турбулентному режимі.....	33
5.4. Втрати напору при турбулентному русі.....	35

5.5. Графіки Нікурадзе та Муріна. Формули для визначення коефіцієнта	35
Тема 6. Місцеві опори	39
6.1. Класифікація місцевих опорів.....	39
6.2. Втрати напору при раптовому розширенні потоку.....	41
6.3. Формула Вейсбаха для втрати напору в місцевих опорах.....	44
6.4. Еквівалентна довжина.....	44
6.5. Місцеві опори при ламінарному русі.....	45
Тема 7. Розрахунки трубопроводів	46
7.1. Призначення й класифікація трубопроводів.....	46
7.2. Основні завдання розрахунків трубопроводів.....	48
7.3. Основні формули для розрахунків трубопроводів.....	48
7.4. Витратна характеристика труби.....	49
7.5. Розрахунки простого трубопроводу.....	50
7.6. Сифон.....	51
7.7. Паралельне з'єднання трубопроводів.....	52
7.8. Складні трубопроводи.....	53
Тема 8. Розрахунки гідравлічного удару в трубопроводах	54
8.1. Явище гідравлічного удару.....	54
8.2. Прямий гідравлічний удар.....	54
8.3. Швидкість ударної хвилі.....	56
8.4. Фази гідравлічного удару.....	57
8.5. Непрямий гідравлічний удар.....	59
8.6. Способи зменшення гідравлічного удару.....	60
8.7. Неповний гідравлічний удар.....	60
8.8. Гідравлічний таран.....	60
Тема 9. Витікання рідини через отвори й насадки	62
9.1. Витікання рідини через отвір з гострою крайкою.....	62

9.2. Витікання через насадки.....	66
9.3. Залежність ϵ , μ , ϕ і ζ від числа Re.....	68
Контрольні питання	70
Задачі	72
Розділ II Гідравлічні машини й гідроприводи	90
Тема 10. Загальні відомості про гідравлічні машини	90
10.1. Основні визначення. Класифікація гідромашин.....	90
10.2. Основні технічні показники гідромашин.....	93
Тема 11. Лопатеві насоси	97
11.1. Принцип дії, основне рівняння й робоча характеристика відцентрового насоса.....	97
11.2. Подібність лопатевих насосів. Розширення сфери застосування відцентрових насосів обточуванням робочих коліс.....	101
11.4. Допустима висота всмоктування відцентрового насоса.....	106
Тема 12. Поршневі насоси	108
12.1. Конструкція, робочий процес, класифікація поршневих насосів.....	108
12.2. Подача поршневих насосів. Графіки подачі.....	110
12.3. Допустима висота всмоктування поршневого насоса. Повітряні ковпаки.....	113
12.4. Індикаторна діаграма. Потужність і ККД насоса.....	116
12.5. Характеристика поршневого насоса. Режим роботи насосної установки.....	118
Тема 13. Роторні насоси й гідромотори	118
13.1. Загальні відомості.....	118
13.2. Конструкція, робочий процес і основні параметри роторних гідромашин.....	119
13.3. Характеристики роторних гідромашин.....	126

Тема 14. Об'ємний гідропривід	127
14.1. Принципові схеми. Регулювання швидкості вихідної ділянки.....	127
14.2. Розрахунки гідроапаратів.....	132
14.3. Розрахунки простих об'ємних гідроприводів.....	136
Контрольні питання	141
Задачі	144
Додатки	210
Список літератури	219