

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Підручник
У двох томах
Том 1

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету



Суми
Сумський державний університет
2017

УДК 502.17(075.8)

П84

Авторський колектив:

Л. Д. Пляцук, доктор технічних наук, професор;
Р. А. Васькін, кандидат технічних наук, доцент;
В. П. Шапорев, доктор технічних наук, професор;
В. Ф. Моїсєєв, кандидат технічних наук, професор;
Л. Л. Гурець, доктор технічних наук, професор;
Г. І. Гринь, доктор технічних наук, професор;
Є. В. Манойло, кандидат технічних наук, доцент;
І. В. Пітак, кандидат технічних наук, доцент;
Н. Г. Пономарьова, кандидат технічних наук, доцент;
Б. М. Комариста, кандидат технічних наук, старший викладач

Рецензенти:

В. І. Склабінський – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри процесів та обладнання хімічних та нафтопереробних виробництв Сумського державного університету;
М. С. Мальований – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка»

*Рекомендовано до видання
вченою радою Сумського державного університету
як підручник
(протокол № 11 від 15 червня 2017 року)*

Процеси та апарати природоохоронних технологій : підручник :
П84 у 2 т. / Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, В. П. Шапорев та ін. – Суми :
Сумський державний університет, 2017. – Т. 1. – 435 с.
ISBN 978-966-657-687-6
ISBN 978-966-657-688-3 (том 1)

У підручнику висвітлено принципи та закономірності інженерного захисту довкілля, охарактеризовано основні види і джерела забруднення. Розглянуто механічні, гідромеханічні, масообмінні, теплові, хімічні, біохімічні процеси захисту довкілля, а також супутні процеси.

Для студентів вищих навчальних закладів спеціальностей «Екологія», «Технологія захисту навколишнього середовища», аспірантів, викладачів, наукових та інженерно-технічних працівників.

УДК 502.17(075.8)

ISBN 978-966-657-687-6
ISBN 978-966-657-688-3 (том 1)

© Пляцук Л. Д., Васькін Р. А.,
Моїсєєв В. Ф. та ін., 2017

© Сумський державний університет, 2017

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБРУДНЕНЬ ТА ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ.....	10
1.1. Показники якості довкілля.....	10
1.2. Джерела забруднення довкілля.....	19
1.3. Основні фізико-хімічні властивості речовин.....	23
1.4. Класифікація й принципи розрахунків природоохоронних процесів... Питання для самоконтролю.....	40 46
Список додаткової літератури для вивчення розділу 1.....	47
РОЗДІЛ 2. ЯВИЩА ПЕРЕНЕСЕННЯ РЕЧОВИНИ Й ЕНЕРГІЇ У ПРОЦЕСАХ ПРИРОДООХОРОННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	48
2.1. Основні визначення математичного аналізу.....	48
2.2. Загальні закономірності процесів перенесення речовини та енергії.....	51
2.3. Основні феноменологічні рівняння гідромеханіки суцільного середовища.....	53
2.4. Основні феноменологічні рівняння теплоперенесення у суцільному середовищі.....	63
2.5. Основні феноменологічні рівняння масоперенесення у суцільному середовищі.....	69
2.6. Початкові й граничні умови до задач перенесення.....	74
2.7. Подібність типових процесів природоохоронних технологій та основи моделювання.....	77
Питання для самоконтролю.....	90
Список додаткової літератури для вивчення розділу 2.....	92
РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ ПРИКЛАДНОЇ ГІДРАВЛІКИ.....	93

3.1. Гідростатика. Основне рівняння гідростатики.....	93
3.2. Гідродинаміка. Основні характеристики руху рідин.....	98
3.3. Режими руху рідини.....	100
3.4. Закон Бернуллі для реальної рідини. Гідрравлічний опір трубопроводів.	104
3.5. Перетворення рівнянь Нав'є – Стокса. Гідродинамічна подібність.....	111
3.6. Розрахунки діаметра трубопроводу.....	115
3.7. Рух рідини через шари твердих тіл.....	116
3.8. Рух частинок у рідинах.....	126
3.9. Плівкова течія рідини.....	136
3.10. Неньютонівські рідини.....	140
Питання для самоконтролю.....	143
Список додаткової літератури для вивчення розділу 3.....	144
РОЗДІЛ 4. ФІЛЬТРУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ.....	145
4.1. Призначення, засоби та фізичні основи фільтрування.....	145
4.2. Класифікація фільтрів.....	147
4.3. Типові конструкції. Фільтри періодичної дії.....	148
4.4. Типові конструкції. Фільтри безупинної дії.....	154
4.5. Методика розрахунків.....	162
4.6. Приклади розрахунків.....	174
Питання для самоконтролю.....	181
Список додаткової літератури для вивчення розділу 4.....	182
РОЗДІЛ 5. ЦЕНТРИФУГИ.....	183
5.1. Призначення, засоби та фізичні основи центрифугування.....	183
5.2. Класифікація центрифуг.....	186
5.3. Конструкції осаджувальних центрифуг.....	190
5.4. Конструкції фільтрувальних центрифуг.....	195

5.5. Методика розрахунків.....	207
5.6. Приклади розрахунків.....	220
Питання для самоконтролю.....	226
Список додаткової літератури для вивчення розділу 5.....	227
РОЗДІЛ 6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ РІДИН.....	228
6.1. Фізичні основи та засоби переміщення рідин.....	228
6.2. Насоси.....	228
6.3. Трубопровідні системи.....	242
6.4. Методика розрахунків.....	245
Питання для самоконтролю.....	255
Список додаткової літератури для вивчення розділу 6.....	256
РОЗДІЛ 7. ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ.....	257
7.1. Основні поняття.....	257
7.2. Передача теплоти теплопровідністю.....	259
7.3. Конвективний теплообмін.....	263
7.4. Перетворення рівнянь Фур'є – Кірхгофа. Теплова подібність.....	265
7.5. Тепловіддача за вимушеної течії теплоносія.....	269
7.6. Природна (гравітаційна) конвекція.....	276
7.7. Теплообмін під час конденсації пари.....	279
7.8. Тепловіддача під час кипіння рідини.....	284
7.9. Теплообмін у системах із твердою фазою.....	288
7.10. Теплопередача.....	290
7.11. Теплове випромінювання.....	296
7.12. Розрахунок теплообмінних апаратів.....	301
Питання для самоконтролю.....	302
Список додаткової літератури для вивчення розділу 7.....	304

РОЗДІЛ 8. ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ.....	305
8.1. Загальні положення про теплопередачу.....	305
8.2. Класифікація теплообмінного устаткування.....	306
8.3. Основні конструкції кожухотрубчастих теплообмінників.....	310
8.4. Основні конструкції апаратів із поверхнею теплообміну, виготовленою з листового матеріалу.....	339
8.5. Теплообмінники повітряного охолодження, «труба в трубі», зрошувальні, заглибні змійовикові та блокові апарати.....	350
8.6. Приклади розрахунків.....	360
Питання для самоконтролю.....	393
Список додаткової літератури для вивчення розділу 8.....	394
РОЗДІЛ 9. ВИПАРНІ ТА РОТОРНО-ПЛІВКОВІ АПАРАТИ.....	396
9.1. Призначення, засоби та фізичні основи випарювання.....	396
9.2. Класифікація випарних апаратів.....	398
9.3. Типові конструкції та принцип дії випарного обладнання.....	403
9.4. Приклад розрахунку трикорпусної випарної установки.....	422
Питання для самоконтролю.....	433
Список додаткової літератури для вивчення розділу 9.....	434