

ЗМІСТ

Вступ	3
Розділ 1. Загальні закономірності інженерної екології	5
1.1. Закони збереження речовини й енергії	5
1.2. Термодинамічна рівновага	7
1.3. Явища перенесення	10
1.4. Диференціальні рівняння перенесення	17
1.4.1. Рівняння нерозривності потоку	18
1.4.2. Рівняння перенесення маси речовини	20
1.4.3. Рівняння перенесення тепла Фур'є–Кірхгофа	21
1.4.4. Диференціальні рівняння руху рідини Ейлера і Нав'є–Стокса	22
1.4.5. Рівняння руху рідини в напругах	24
1.5. Метод узагальнених змінних	27
1.5.1. Метод аналізу розмірностей	28
1.5.2. Метод аналізу диференціальних рівнянь	30
1.6. Метод математичного моделювання	31
1.6.1. Структура потоку	33
1.6.2. Модель ідеального перемішування	34
1.6.3. Модель ідеального витіснення	35
1.6.4. Функції відклику для реальних апаратів	37
Питання для обговорення	38
Розділ 2. Основи гідравліки	40
2.1. Гідростатика	41
2.1.1. Основне рівняння гідростатики	43
2.1.2. Практичне застосування закону Паскаля	44
2.1.3. Рівняння статичної атмосфери	46
2.2. Гідродинаміка	48
2.2.1. Загальні характеристики руху рідини	49
2.2.2. Аналіз ламінарного руху рідини	51
2.2.3. Характеристика турбулентного потоку	53
2.2.4. Матеріальний баланс потоку (рівняння нерозривності потоку)	54
2.2.5. Диференціальні рівняння руху рідини	57
2.2.6. Енергетичний баланс потоку (рівняння Бернуллі)	58
2.2.7. Гідравлічний опір трубопроводів та апаратів	62
2.2.8. Витікання рідини із отворів резервуарів	64
2.2.9. Практичне застосування рівняння Бернуллі	67
Питання для обговорення	69
Розділ 3. Багатофазні системи. Закономірності руху	70
3.1. Характеристики двофазних потоків	70
3.2. Моделі двофазних потоків	72
3.3. Швидкість руху одиної частинки (швидкість осадження) W_0	75

3.4. Система “рідина–газ”.....	79
3.5. Системи “тверде тіло – рідина (газ) (нерухомий шар зернистого матеріалу)”	82
3.6. Система “тверде тіло–рідина (псевдозріджений шар зернистого матеріалу)”	85
Питання для обговорення	90
Розділ 4. Перемішування у рідинному середовищі	92
4.1. Ефективність та інтенсивність перемішування у рідкому середовищі	92
4.2. Методи перемішування у рідкому середовищі	96
4.3. Перемішування системи механічними перемішувальними пристроями	96
4.3.1. Циркуляційні рухи рідини. Геометрія поверхні рідини.....	96
4.3.2. Лопатеві мішалки.....	98
4.3.3. Пропелерні мішалки	101
4.3.4. Турбінні мішалки.....	102
4.3.5. Шнекові та стрічкові мішалки.....	103
4.3.6. Визначення потужності перемішування.....	104
4.3.7. Пневматичне перемішування.....	109
Питання для обговорення	110
Розділ 5. Транспортування рідин та газів	111
5.1 Транспортування рідин (насоси). Загальні відомості.....	111
5.2. Основні параметри насосів	112
5.3. Напір насоса і висота всмоктування рідини	113
5.4. Відцентрові насоси	116
5.4.1. Принцип дії відцентрового насоса.....	116
5.4.2. Закони пропорційності	117
5.4.3. Характеристика насоса	117
5.4.4. Робота насоса на мережу. Послідовне і паралельне з’єднання насосів	118
5.4.5. Основне рівняння відцентрових машин Ейлера	120
5.5. Поршневі насоси.....	121
5.5.1. Продуктивність поршневих насосів	123
5.5.2. Характеристика поршневого насоса.....	123
5.5.3. Нерівномірність подачі насосів.....	124
5.5.4. Індикаторна діаграма.....	125
5.6. Транспортування і стиснення газів (компресори). Загальні відомості.....	126
5.7. Термодинамічні основи роботи компресора	127
5.7.1. Процеси стиснення газів.....	128
5.7.2. Робота стиснення і споживана потужність	128
5.7.3. Теоретична потужність.....	130
5.8. Поршневі компресори.....	131
5.8.1. Типи поршневих компресорів	131

5.8.2. Індикаторна діаграма поршневого компресора.....	133
5.8.3. Продуктивність поршневого компресора.....	135
5.8.4. Коефіцієнт подачі.....	135
5.8.5. Багатоступінчасте стиснення.....	138
5.9. Ротаційні компресори і газодувки	140
Питання для обговорення.....	143
Розділ 6. Розділення неоднорідних систем.....	145
6.1. Класифікація неоднорідних систем. Методи розділення.....	145
6.2. Матеріальний баланс процесу розділення	147
6.3. Фізичні властивості неоднорідних систем.....	148
6.4. Швидкість процесів розділення неоднорідних систем. Основні розміри апаратури.....	148
Питання для обговорення.....	151
Розділ 7. Розділення неоднорідних систем за методом осадження	152
7.1. Гравітаційне осадження	152
7.2. Інерційне осадження	156
7.3. Осадження у полі відцентрових сил	157
7.4. Циклонні процеси та апарати.....	159
7.5. Центрифугальні процеси розділення неоднорідних систем	163
7.6. Осадження за дії електричного поля.....	167
7.7. Флотажія.....	171
Питання для обговорення.....	172
Розділ 8. Розділення неоднорідних систем фільтруванням.....	173
8.1. Швидкість процесу фільтрування.....	174
8.2. Основне рівняння фільтрування	175
8.2.1. Рівняння фільтрування за постійної рушійної сили ($\Delta P = \text{const}$)... 176	
8.2.2. Рівняння фільтрування за постійної швидкості фільтрування ($W_f = \text{const}$).....	176
8.2.3. Фільтрування за постійних та змінних різниць тисків та швидкостей фільтрування	177
8.3. Характеристика осаду та фільтрувальних перегородок.....	177
8.4. Відцентрове фільтрування	179
8.5. Фільтрувальна апаратура	180
8.5.1. Фільтри для розділення суспензій	181
8.5.2. Фільтри для очищення газових сумішей.....	184
8.5.3. Фільтрувальні центрифуги	185
Питання для обговорення.....	187
Розділ 9. Теплові процеси та апарати	188
9.1. Загальна характеристика теплових процесів	188
9.2. Основні закономірності теплових процесів.....	190
9.3. Теплопровідність. Закон Фур'є.....	192
9.4. Диференціальне рівняння теплопровідності.....	194
9.5. Теплопровідність при стаціонарному (встановленому) режимі	194
9.6. Нестационарна теплопровідність твердих тіл.....	196

9.7. Теплове випромінювання	199
9.7.1. Основні закони випромінювання	199
9.7.2. Випромінювання газів.....	201
9.7.3. Взаємне випромінювання двох тіл.....	201
9.8. Конвективний теплообмін	202
9.8.1. Тепловіддача під час вимушеного руху рідини	205
9.8.2. Тепловіддача під час природної конвекції.....	206
9.8.3. Тепловіддача під час зміни агрегатного стану.....	207
9.9. Теплопередача	209
9.10. Рушійна сила теплових процесів	210
Питання для обговорення.....	212
Розділ 10. Характеристика теплоносіїв, теплообмінна апаратура.....	213
10.1. Характеристика теплоносіїв для нагрівання.....	213
10.2. Характеристика теплоносіїв для охолодження.....	214
10.3. Теплообмінна апаратура	215
10.4. Розрахунок теплообмінників	220
10.5. Поняття про ексергетичний аналіз	221
10.6. Методи інтенсифікації процесів теплообміну	224
Питання для обговорення.....	225
Розділ 11. Випарювання розчинів.....	226
11.1. Принцип процесу випарювання	226
11.2. Схема однокорпусної випарної установки	228
11.2.1. Матеріальний баланс однокорпусної випарної установки	229
11.2.2. Тепловий баланс однокорпусної випарної установки.....	230
11.2.3. Температурні втрати та температура кипіння розчинів.....	233
11.3. Багатокорпусні випарні установки	234
11.3.1. Схеми багатокорпусних випарних установок.....	234
11.3.2. Матеріальний баланс.....	236
11.3.3. Тепловий баланс.....	237
11.3.4. Загальна корисна різниця температур та її розподіл за корпусами	239
11.3.5. Вибір кількості корпусів	242
11.4. Конструкції випарних апаратів.....	244
11.4.1. Класифікація апаратів для випарювання	244
11.4.2. Апарати із внутрішньою нагрівною камерою і центральною циркуляційною трубою.....	244
11.4.3. Апарати з виносними циркуляційними трубами.....	246
11.4.4. Апарати з виносною нагрівною камерою.....	247
11.4.5. Апарати з винесеною зоною кипіння.....	248
11.4.6. Апарати з примусовою циркуляцією	249
Питання для обговорення.....	250
Список літератури.....	252