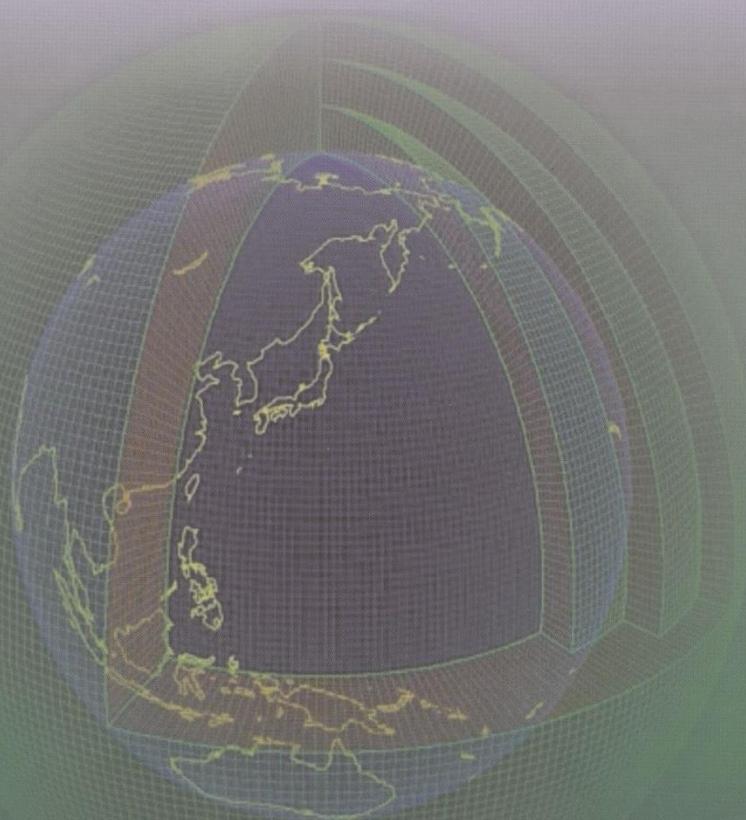


Хоменко Г.В., Хохлов В.М., Бондаренко В.М.

ПРАКТИКУМ
з гідродинамічних методів
прогнозу погоди
навчальний посібник



Одеса
«ТЭС»
2012

ББК 26.23
Х 76
УДК 551.509.313

Гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України (лист № 1/11-973 від 26.01.12).

Практикум з гідродинамічних методів прогнозу погоди підготовлений відповідно до навчальної програми з даної дисципліни. Вправи і задачі, які наведені в цьому навчальному посібнику використовуються як основний матеріал для практичних занять і контролюючих заходів. До кожного розділу надано досить детальне пояснення теоретичного матеріалу та формули, які необхідні для розв'язання задач.

Навчальний посібник призначений для студентів, магістрів та аспірантів університетів, які навчаються за напрямом „Гідрометеорологія”.

Х 76 Практикум з гідродинамічних методів прогнозу погоди : Навчальний посібник / Хоменко Г.В., Хохлов В.М., Бондаренко В.М.; Одесськ. Держ. Екологічний Університет. – Одеса: ТЕС , 2012. - 208 с.

Рецензенти:

Г.М. Пірнач, д-р фіз.-мат. наук;
О.М. Воскресенська, д. геогр. наук;
В.М. Ситов, канд. геогр. наук

ISBN 978-966-2389-62-3

©Одесський державний екологічний
університет, 2012
©Г.В.Хоменко, В.М. Хохлов,
В.М.Бондаренко, 2012

Зміст

Передмова	6
Перелік умовних позначень та сталих	8
Розділ 1 Перетворення рівнянь гідротермодинаміки для чисельного прогнозу великомасштабних метеорологічних полів.	11
1.1 Рівняння гідротермодинаміки в декартовій системі координат.	11
1.2 Рівняння гідротермодинаміки в ізобаричній системі координат.	21
1.3 Рівняння гідротермодинаміки в σ (сігма) – системі координат.	25
1.4 Картографічні проекції і урахування їх в рівняннях гідротермодинаміки.	29
Вправи до розділу 1.	35
Відповіді та розв'язання.	41
Розділ 2 Рівняння вихору вектора швидкості вітру та дивергенції.	47
2.1 Фізичне тлумачення вихору та дивергенції.	47
2.1.1 Натуральна система координат.	53
2.1.2 Вихор та дивергенція в натуральній системі координат.	55
2.2 Рівняння вихору та дивергенції.	60
Вправи до розділу 2.	65
Відповіді.	68
Розділ 3 Скінченорізницеві методи розв'язання рівнянь гідротермодинаміки.	69
3.1 Метод сіток. Скінченорізницева апроксимація похідних.	69
3.2 Явні, неявні і напівнеявні скінченорізницеві схеми.	73
3.3 Побудова скінченорізницевих схем.	76
3.4 Розв'язання скінченорізницевих рівнянь методом кроків за часом.	80
3.5 Обчислювальна стійкість скінченорізницевих схем.	83
Вправи до розділу 3.	86
Відповіді та розв'язання.	89
Розділ 4 Інтегування рівнянь гідротермодинаміки.	93
4.1 Схеми чисельного інтегрування за часом.	93
Вправи до розділу 4.	98
Відповіді та розв'язання.	100
Розділ 5 Квазігеострофічне і квазісоленоїдальне наближення і використання їх для побудови прогностичних моделей.	104
5.1 Можливість використання геострофічного наближення в задачах гідродинамічного прогнозу.	104

5.1.1 Аналіз рівнянь динаміки атмосфери за допомогою таблиць порядків	104
5.1.2 Основні положення методу теорії подібності	107
5.1.3 Оцінка рівнянь динаміки атмосфери за допомогою методу теорії подібності	110
5.2 Соленоїдальні рухи	118
Вправи до розділу 5	121
Відповіді та розв'язання	125
Розділ 6 Фільтровані моделі прогнозу полів метеорологічних величин та чисельні методи їх реалізації	128
6.1 Квазігеострофічна баротропна модель для середнього рівня	128
6.2 Квазігеострофічна бароклінна модель в квазістатичному і адіабатичному наближеннях	134
6.3 Загальні принципи побудови квазісоленідальних моделей	138
6.4 Ітераційні методи розв'язання баротропного рівняння вихору	140
Вправи до розділу 6	143
Відповіді та розв'язання	148
Розділ 7 Прогностичні моделі, які базуються на повних рівняннях гідротермодинаміки	152
7.1 Повні рівняння баротропної моделі атмосфери	152
7.2 Система повних рівнянь для бароклінної атмосфери та її розв'язання	154
7.2.1 Повні рівняння в ізобаричних координатах. Початкові та межові умови	154
7.2.2 Інтегрування системи повних рівнянь гідротермодинаміки	158
7.3 Шахові сітки	160
Вправи до розділу 7	167
Відповіді та розв'язання	170
Розділ 8 Оцінка якості чисельних методів прогнозу погоди	176
8.1 Візуальний метод верифікації прогнозів	177
8.2 Методи верифікації прогнозів безперервних величин	179
8.3 Метод верифікації чисельного прогнозу полів метеорологічних величин та оцінка його успішності	185
8.4 Методи для верифікації дихотомічних прогнозів	186
Вправи до розділу 8	193
Додаток А Деякі відомості з векторної алгебри	195
Додаток Б Таблиця порядків метеорологічних величин та їх похідних	199
Додаток В Рівняння гідротермодинаміки в циліндричній та сферичній системах координат	200

Додаток Г Застосування Microsoft Excel для складання таблиці	
справдженості прогнозів та розрахунку її статистичних	
характеристик	204
Література	206

Ідея створення цього видання належить професору кафедри фінансової та банківської економіки Івано-Франківського національного університету підприємства та економіки імені Івана Франка професору доктору економічних наук, доценту Олегу Івановичу Ковальчуку. Він зробив великий внесок у розвиток фінансової та банківської науки та практики в Україні та за кордоном. У виданні використано його результати докторської дисертації та наукові публікації. Важливим є те, що вони були отримані під час розгляду проблем, які сучасна економіка України та світу суперечкою вирішувалися в період, коли відсутність фінансової підтримки та фінансовий кризис в Україні та світі вже були очевидні. Це дозволило авторам видати видання, яке може бути корисним для всіх, хто працює в сфері фінансів та банківської діяльності.

Видання є результатом співпраці між науковими колективами з України та Німеччини та є високоекспертною працею.

Авторами підготувано власну і незалежну наукову модель видобутку природних ресурсів та енергетики, яка використовує методи та методики, які використовуються в Німеччині та Європі. Вони дозволяють отримати точні результати та зробити обґрунтовані висновки щодо ефективності та економічності видобутку природних ресурсів та енергетики.

Видання є результатом співпраці між науковими колективами з України та Німеччини та є високоекспертною працею.

Авторами підготувано власну і незалежну наукову модель видобутку природних ресурсів та енергетики, яка використовує методи та методики, які використовуються в Німеччині та Європі. Вони дозволяють отримати точні результати та зробити обґрунтовані висновки щодо ефективності та економічності видобутку природних ресурсів та енергетики.