

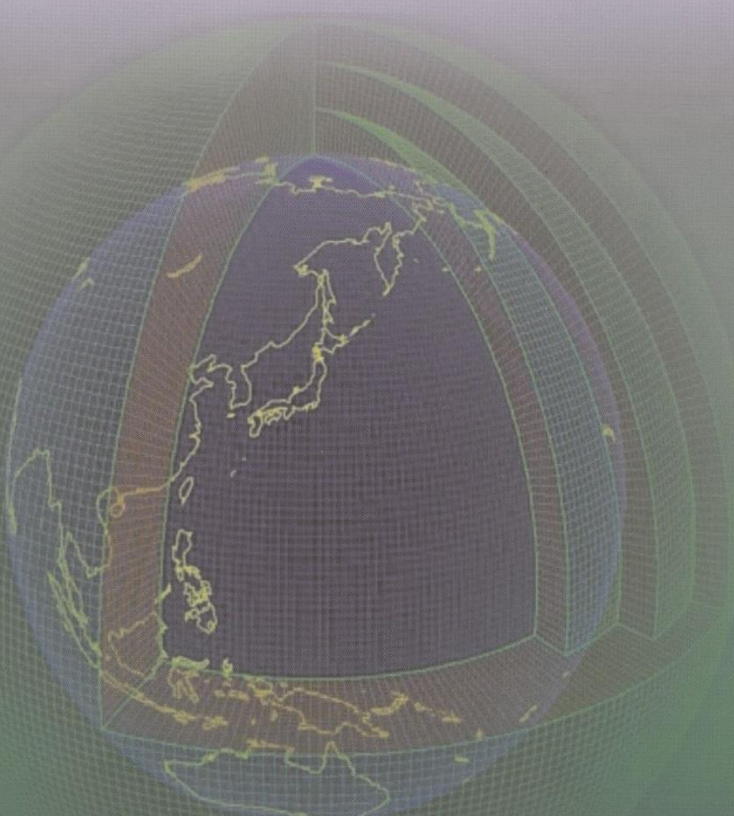
Хоменко Г.В., Хохлов В.М., Бондаренко В.М.

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.; Одеськ. 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

©Одеський 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 проєкції 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 Скінченнорізницеві методи розв'язання рівнянь гідротермодинаміки.	69
3.1 Метод сіток. Скінченнорізницева апроксимація похідних.	69
3.2 Явні, неявні і напівнеявні скінченнорізницеві схеми.	73
3.3 Побудова скінченнорізницевих схем.	76
3.4 Розв'язання скінченнорізницевих рівнянь методом кроків за часом.	80
3.5 Обчислювальна стійкість скінченнорізницевих 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.		
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.		
7.1	Повні рівняння баротропної моделі атмосфери.	152
7.2	Система повних рівнянь для бароклісної 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.		
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 справджуваності прогнозів та розрахунку її статистичних характеристик.....	204
Література.....	206