

ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЧИСЛОВІ СТАНДАРТИ	7
1.1. Загальні положення	7
1.2. Геодезичні координати.....	11
1.3. Нормальний потенціал та геодезичні системи GRS80 та WGS84	20
1.4. Числові стандарти IERS 2010.....	28
1.5. Особливості вивчення Землі, що деформується. Статичні та динамічні геодезичні дати	31
1.6. Геодезичні виміри та їх залежність від часу. Лінеаризація. Два підходи до опрацювання геодезичних вимірів.....	42
Розділ 2. НЕБЕСНА ТА ЗЕМНА СИСТЕМИ КООРДИНАТ	51
2.1. Основні шкали часу та їх еволюція	51
2.2. Умовна небесна референцна система ICRS.....	57
2.3. Реалізація ICRF референцної системи ICRS	60
2.4. Земна геоцентрична система координат ITRS	62
2.5. Реалізація ITRF земної геоцентричної системи координат ITRS	65
2.6. Реалізації ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008 та ITRF2014 земної системи координат	69
2.7. Теорія прецесії-нутації MHB2000. Параметри орієнтації Землі.....	75
2.8. Перетворення від небесної до земної системи	80
Розділ 3. КІНЕМАТИКА ТЕКТОНІКИ ПЛИТ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗЕМНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАТ	85
3.1. Основні положення концепції тектоніки земних плит	85
3.2. Моделювання кінематики тектонічних плит	94
3.3. Апроксимація тензора деформацій на сфері.....	102
3.4. Система координат Тіссерана. Умова NNR.....	106
3.5. Європейська земна система координат ETRS та її реалізації ETRF	110
Розділ 4. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ	117
4.1. Загальні положення	117
4.2. Перетворення прямокутних координат методом ітерацій.....	118
4.3. Перетворення геодезичних координат.	
Розв'язування оберненої задачі	120

4.4. Перша наближена форма лінеаризованих рівнянь	129
4.5. Друга наближена форма лінеаризованих рівнянь.....	131
4.6. Розв’язування прямої задачі	133
4.7. Замкнені формули визначення параметрів перетворення Гельмерта для систем декартових координат	134
4.8. Моделі перетворення тривимірних прямокутних систем координат	143
Розділ 5. ВИСОТИ.	
ЄВРОПЕЙСЬКА ВЕРТИКАЛЬНА СИСТЕМА EVRS	152
5.1. Загальні положення	152
5.2. Основні вимоги до системи висот.....	154
5.3. Натуральні координати та геопотенціальні числа	162
5.4. Характеристика основних систем висот	165
5.5. Обчислення нормальних висот, геопотенціальних чисел та нев’язок у різницях геопотенціальних чисел	168
5.6. Перетворення геопотенціальних чисел, нормальних висот і висот квазігеоїда із однієї системи в іншу	174
5.7. Перетворення геопотенціальних чисел та зв’язок між висотними системами	177
5.7.1. Оцінювання впливу різниць між нормальними формулами сили тяжіння на перетворення геопотенціальних чисел	180
5.7.2. Оцінювання систематичних похибок.....	183
5.8. Вертикальні дати та системи висот, пов’язані з гравітаційним полем.....	186
5.9. Реалізація Європейської вертикальної референцної системи	195
Розділ 6. ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ ТА НОРМАЛЬНИХ ВИСОТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ	
ЕЛЕМЕНТІВ	200
6.1. Основи методу скінченних елементів.....	200
6.2. Головні властивості сплайн-функцій.....	202
6.3. Сплайни Ерміта–Оверхаузера як базисні функції	205
6.4. Базисні функції у формі модифікованих сплайнів Ерміта	208
6.5. Перетворення геодезичних координат методом скінченних елементів	212
6.6. Принципи побудови референцної висотної поверхні на основі методу скінченних елементів.....	223
Список літератури	232

ВСТУП

Розв'язування основної задачі геодезії, а саме – визначення фігури, зовнішнього гравітаційного поля Землі та їх варіацій у часі – має великі історичні традиції, основи яких започатковано, зокрема, моделюванням фігури планети, гравітаційного поля і руху Землі в просторі на основі астрономічних та геодезичних спостережень.

Після запуску в 1957 р. першого штучного супутника Землі (ШСЗ) у ХХІ ст. настільки розширилась сфера застосування такої наукової дисципліни, як супутникова геодезія, що тепер вона стала, безперечно, міждисциплінарною і головним засобом моніторингу навколишнього середовища. Він має першочергове значення для вивчення процесів глобальної та регіональної геодинаміки, гравітаційного і магнітного полів Землі та їх варіацій у часі, проведення екологічного моніторингу та вивчення різних техногенних процесів (наприклад, високоточне визначення деформацій земної поверхні в регіонах, де існують АЕС). Крім того, сучасні методи супутникової геодезії набувають останніми роками особливого значення для вивчення як довгоперіодичних змін клімату, пов'язаних зі змінами гравітаційного поля планети, так і добре відомого короткоперіодичного прогнозу погоди, доступного кожному користувачеві Інтернету.

Об'єкт досліджень цієї наукової дисципліни, яка розвивається у багатьох напрямках, фактично охоплює високоточне вивчення структури фізичної поверхні Землі, оцінку стану її земельних ресурсів та геологічну будову Землі, земну атмосферу, океанографію, гідрографію, гляціологію тощо. Практичне використання ШСЗ привело до систематизації системи фундаментальних сталих, про що свідчать резолюції різних років спеціальних комісій Міжнародної асоціації геодезії (IAG) та Міжнародного астрономічного союзу (IAU). Міжнародна асоціація геодезії IAG з 1999–2003 рр. має нову структуру і сьогодні складається із таких основних комісій: № 1 “Референцні системи”, № 2 “Гравітаційне поле”, № 3 “Обертання Землі та геодинаміка”, № 4 “Визначення місцеположень”.

Комісія № 1 “Референцні системи” займає чільне місце з багатьох причин. Референцні системи мають першочергове значення для більшості наук про Землю, які ґрунтуються на наукових і прикладних дослідженнях, супутниковій навігації, а також для практичного застосування у геоінформатиці. Точно визначена система відліку необхідна для глибшого розуміння обертання Землі та її гравітаційного поля, змін рівня моря з часом, руху тектонічних плит і деформацій земної кори, післяльодовикової реакції Землі, руху геоцентра, деформацій внаслідок землетрусів, місцевого осідання земної кори та її інших зміщень.

Діяльність та цілі комісії № 1 охоплюють насамперед теоретичний аспект: як найкращим способом визначити референцну систему як систему відліку, що можна використовувати для практичних і наукових досліджень. Ця комісія тісно взаємодіє з іншими комісіями IAG та збігається з підкомісією B2 COSPAR.

Згідно з резолюціями IAG основні завдання комісії № 1 “Референцні системи” такі:

- визначення, встановлення та покращення геодезичних систем відліку;
- розвиток сучасної техніки наземних і супутникових спостережень;
- теорія і координація астрономічних спостережень для референцних систем;
- співпраця у сфері космічної геодезії та систем відліку, пов’язана з міжнародними службами, установами й організаціями;
- встановлення вертикальної референцної системи на глобальному рівні;
- підтримання систем відліку для вивчення різноманітних глобальних змін.

Отже, аналіз наведених вище задач та резолюцій IAG дає змогу виділити фундаментальний аспект: розв’язування зазначених проблем завжди пов’язане із земною та небесною системами координат, шкалами часу, теорією руху штучного супутника Землі, загальною оберненою задачею оцінювання параметрів за результатами вимірювань, технологіями, основаними на ефекті Допплера, використанні глобальних позиційних систем, методах лазерної локації, супутникової альтиметрії та VLBI методі, що сьогодні найширше застосовують у глобальній геодинаміці.