НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кафедра *геодезії та картографії*

«**ЗАТВЕРДЖУЮ**»
Декан факультету землевпорядкування
_____ Євсюков Т.О.
"_____" _____ 2023 р.

«**СХВАЛЕНО**»
на засіданні кафедри геодезії та картографії
Протокол № 12 від «10» травня 2023 р.
Завідувач кафедри
_____ Ковальчук І.П.

«**РОЗГЛЯНУТО**»
Гарант ОП «Геодезія та землеустрій»
Гарант ОП
_____ Ковальчук І.П.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ ТА СФЕРИЧНА АСТРОНОМІЯ
(назва навчальної дисципліни)

спеціальність *193 – Геодезія та землеустрій*
освітня програма *Геодезія та землеустрій*
факультет *землевпорядкування*

Розробники: *професор кафедри геодезії та картографії, д.е.н., доц. Опенько І.А., ст. викладач Ковальов М.В.*

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ ТА СФЕРИЧНА АСТРОНОМІЯ

(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	193 Геодезія та землеустрій	
Освітня програма	Геодезія та землеустрій	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов’язкова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5/6	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	-	
Форма контролю	Залік	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	3	4
Семестр	6	7,8
Лекційні заняття	30 год.	6 год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.	6 год.
Лабораторні заняття		
Самостійна робота	90 год.	168 год
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання	4 год.	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Мета: формування у студентів теоретичних знань і практичних вмінь у вирішенні прикладних задач супутникової геодезії і сферичної астрономії, методичного забезпечення одержання та належного опрацювання результатів сучасних геодезичних вимірювань у цій сфері з використанням супутникових технологій.

Завдання: вивчення загальноземних і референцних систем координат, систем відліку часу, ознайомлення з методикою і практикою спостережень за штучними супутниками Землі та природними небесними об’єктами, дослідження незбуреного руху супутників та впливу збурень на цей рух, освоєння методів створення просторових космічних побудов в геодезії.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен ***знати***:

- послідовність виконання геодезичних вимірювань на фізичній поверхні Землі для спостереження за ШСЗ;

- фактори впливу (зовнішнє середовище, метеорологічні умови, особливості конструкції вимірювальних приладів тощо) на процес виконання вимірювань, їхню точність;
- технічні засоби і методику виконання супутникових вимірювань;
- теорію руху супутників і технологію проведення спостережень за ними з метою вирішення геодезичних задач;
- методику створення просторових геодезичних побудов;
- інтерфейс програмного забезпечення для опрацювання супутникових геодезичних вимірювань;
- алгоритм постопрацювання даних супутникових спостережень.

вміти:

- організовувати виконання розрахункових робіт і математичне опрацювання результатів супутникових спостережень при геодезичних вимірюваннях;
- оцінювати надійність одержаних результатів вимірювань, а також здійснювати їх подальше опрацювання;
- розробляти методику створення космічних геодезичних мереж та використання її у вирішенні практичних задач супутникової геодезії;
- кваліфіковано розв'язувати методами супутникової геодезії сферичні задачі та здійснювати контроль точності отриманих результатів;
- надавати дорадчу допомогу іншим фахівцям у питаннях виконання фахових завдань супутникової геодезії;
- здійснювати процес постопрацювання даних спостережень, отриманих в режимі «Статика», «Кінематика»;
- аналізувати результати замикання полігонів;
- калібрувати параметри систем координат.

Набуття компетентностей:

загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК03. Здатність планувати та управляти часом.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

СК01. Здатність застосовувати фундаментальні знання для аналізу явищ природного і техногенного походження при виконанні професійних завдань у сфері геодезії та землеустрою.

СК02. Здатність застосовувати теорії, принципи, методи фізико-математичних, природничих, соціально-економічних, інженерних наук при виконанні завдань геодезії та землеустрою.

СК04. Здатність обирати та використовувати ефективні методи, технології та обладнання для здійснення професійної діяльності у сфері геодезії та землеустрою.

СК05. Здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне і технологічне забезпечення для вирішення складних питань геодезії та землеустрою.

СК06. Здатність виконувати дистанційні, наземні, польові та камеральні дослідження, інженерні розрахунки з опрацювання результатів досліджень, оформляти результати досліджень, готувати звіти при вирішенні завдань геодезії та землеустрою.

СК08. Здатність здійснювати професійну діяльність у сфері геодезії та землеустрою з урахуванням вимог професійної і цивільної безпеки, охорони праці, соціальних, екологічних, етичних, економічних аспектів.

СК09. Здатність застосовувати інструменти, прилади, обладнання, устаткування при виконанні завдань геодезії та землеустрою.

Програмні результати навчання (ПРН):

РН4. Знати та застосовувати у професійній діяльності нормативно-правові акти, нормативно-технічні документи, довідкові матеріали в сфері геодезії та землеустрою і суміжних галузей.

РН7. Виконувати обстеження і вишукувальні, топографо-геодезичні, картографічні, проектні та проектно-вишукувальні роботи при виконанні професійних завдань з геодезії та землеустрою.

РН8. Брати участь у створенні державних геодезичних мереж та спеціальних інженерно-геодезичних мереж, організовувати та виконувати топографічні та кадастрові знімання, геодезичні вимірювання, інженерно-геодезичні вишукування для проектування, будівництва та експлуатації об’єктів будівництва.

РН10. Обирати і застосовувати інструменти, обладнання, устаткування та програмне забезпечення, які необхідні для дистанційних, наземних, польових і камеральних досліджень у сфері геодезії та землеустрою.

РН11. Організовувати та виконувати дистанційні, наземні, польові і камеральні роботи в сфері геодезії та землеустрою, оформляти результати робіт, готувати відповідні звіти.

РН12. Розробляти документацію із землеустрою, кадастрову документацію і документацію з оцінки земель із застосуванням комп’ютерних технологій, геоінформаційних систем та цифрової фотограмметрії, наповнювати даними державний земельний, містобудівний та інші кадастри.

РН13. Планувати і виконувати геодезичні, топографічні та кадастрові знімання, опрацьовувати отримані результати у геоінформаційних системах.

РН14. Планувати складну професійну діяльність, розробляти і реалізовувати проєкти у сфері геодезії та землеустрою за умов ресурсних та інших обмежень.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

- повного терміну денної (заочної) форми навчання;

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1 «Сферична астрономія, її сутність і завдання»»												
1. Сферична тригонометрія, , її сутність, завдання, прикладне значення	14	2	2			10	16					16
2. Основи сферичної астрономії та небесної механіки	18	4	4			10	20	2	2			16
3. Системи відліку часу	14	2	2			10	16					16
Разом за змістовим модулем 1	46	8	8			30	52	2	2			48
Змістовий модуль 2 «Основні задачі супутникової геодезії»												
4. Предмет і задачі супутникової геодезії. Її зв'язок з іншими дисциплінами	18	4	4			10	16	1				15
5. Системи координат у супутниковій геодезії	14	2	2			10	18	1	2			15
6. Методи та апаратура спостереження штучних супутників Землі (ШСЗ)	9	2	2			5	15					15
7. Незбурений рух супутників	9	2	2			5	18	1	2			15
Разом за змістовим модулем 2	50	10	10			30	67	3	4			60
Змістовий модуль 3 «Глобальні навігаційні супутникові системи, їх роль у вирішенні геодезичних і землевпорядних задач»»												
8. Загальні поняття про Глобальні навігаційні супутникові системи	11	4	2			5	18	1	2			15
9. Методи визначення координат при супутникових спостереженнях	9	2	2			5	16	1				15
10. Планування супутникових спостережень з використанням ГНСС приймачів	16	4	2			10	15					15
11. Опрацювання даних супутникових спостережень	18	2	6			10	15					15
Разом за змістовим модулем 3	54	12	12			30	64	2	2			60
Усього годин	150	30	30			90	180	6	6			168
Курсовий проект (робота) з _____ _____ (якщо є в робочому навчальному плані)												
Усього годин	150	30	30			90	180	6	6			168

- скороченого терміну денної (заочної) форми навчання;

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1 «Сферична астрономія, її сутність і завдання»												
1. Сферична тригонометрія, її сутність, завдання, прикладне значення	14	2	2			10	16					16
2. Основи сферичної астрономії та небесної механіки	18	4	4			10	20	2		2		16
3. Системи відліку часу	14	2	2			10	18					18
Разом за змістовим модулем 1	46	8	8			30	54	2		2		50
Змістовий модуль 2 «Основні задачі супутникової геодезії»												
4. Предмет і задачі супутникової геодезії. Її зв'язок з іншими дисциплінами	18	4	4			10	15	1				14
5. Системи координат у супутниковій геодезії	14	2	2			10	17	1		2		14
6. Методи та апаратура спостереження штучних супутників Землі (ШСЗ)	9	2	2			5	14					14
7. Незбурений рух супутників	9	2	2			5	17	1		2		14
Разом за змістовим модулем 2	50	10	10			30	63	3		4		56
Змістовий модуль 3 «Глобальні навігаційні супутникові системи, їх роль у вирішенні геодезичних і землевпорядних задач»												
8. Загальні поняття про Глобальні навігаційні супутникові системи	11	4	2			5	17	1		2		14
9. Методи визначення координат при супутникових спостереженнях	9	2	2			5	17	1		2		14
10. Планування супутникових спостережень з використанням ГНСС приймачів	16	4	2			10	15	1				14
11. Опрацювання даних супутникових спостережень	18	2	6			10	14					14
Разом за змістовим модулем 3	54	12	12			30	63	3		4		56
Усього годин	150	30	30			90	180	8		10		162
Курсовий проект (робота) з _____ _____ (якщо є в робочому навчальному плані)												
Усього годин	150	30	30			90	180	8		10		162

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення елементів сферичного трикутника	2
2	Перетворення координат небесного світила	4
3	Системи вимірювання часу	2
4	Обчислення геоцентричних координат штучного супутника Землі (ШСЗ)	4
5	Обчислення елементів незбуреної орбіти ШСЗ	2
6	Обчислення незбуреної ефемериди ШСЗ	4
7	Програмне забезпечення для опрацювання супутникових геодезичних вимірювань	2
8	Постопрацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Статика»	2
9	Постоопрацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Кінематика»	2
10	Замикання полігонів	2
11	Розрахунок параметрів проекції	4
	РАЗОМ	30

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Предмет і зміст астрономії	10
2	Небесна сфера. Основні точки та лінії небесної сфери.	10
3	Поділ систем координат на категорії: за початком координат, за орієнтуванням основних відлікових площин, за видом системи координат.	10
4	Історична довідка про розвиток глобальних методів геодезичних зйомок	10

5	Міжнародна служба часу та служба руху полюсів.	10
6	Дослідження залежностей між різними системами координат супутникової геодезії	5
7	Поділ систем координат на категорії: за початком координат, за орієнтуванням основних відлікових площин, за видом системи координат.	5
8	Орбітальний метод створення космічних геодезичних побудов	5
9	Зв'язок елементів орбіти з постійними інтегрування, основні формули	5
10	Дослідження збурень, викликаних впливом атмосферного гальмування на рух супутника	10
11	Обчислення геодезичних координат пункта методом геодезичної задачі по хорді	10

8. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

1. Геометричні задачі супутникової геодезії полягають у наступному:	№ відповіді
визначення форми та розмірів земного еліпсоїда	1
виведення параметрів орбіти ШСЗ	2
супутник розглядається як візирна ціль	3
виведення параметрів гравітаційного поля Землі по результатам спостережень за супутниками	4
визначення взаємного положення точок в системі геодезичних або просторових координат	5

2. Коли було запущено перший штучний супутник Землі?	№ відповіді
1 вересня 1980 року	1
12 квітня 1954 року	2
9 травня 1945 року	3
11 січня 1933 року	4
4 жовтня 1957 року	5

3. Головним визначальним фактором, що впливає на рух супутника, є	№ відповіді
атмосферне тертя	1
притягання Сонця, Місяця та інших планет	2
потенціал гравітаційного поля Землі	3
світловий тиск	4
динаміка земної поверхні	5

4. Які умови виникають в космічних геодезичних побудовах?	№ відповіді
суми кутів	1
азимутальна умова	2
компланарності трьох векторів	3
полюсна умова	4
координатна умова	5

5. Як називають систему координат, початок якої розташований на поверхні Землі?	№ відповіді
Геоцентричною	1
Топоцентричною	2
Гринвіцькою	3
Екваторіальною	4
Геодезичною	5

6. Як визначається положення супутника при лазерних спостереженнях?	№ відповіді
Шляхом прив’язки до зірок у відповідній системі координат	1
Через вимірювання довжини радіус-вектора	2
За зміною відстані від станції спостереження до ШСЗ	3
Напрямком на супутник від наземного базису	4
Вимірюванням горизонтального та вертикального кутів від наземного базису на супутник	5

7. Як визначається положення супутника при радіоінтерференційних спостереженнях?	№ відповіді
Шляхом прив’язки до зірок у відповідній системі координат	1
Через вимірювання довжини радіус-вектора	2
За зміною відстані від станції спостереження до ШСЗ	3
Напрямком на супутник від наземного базису	4
Вимірюванням горизонтального та вертикального кутів від наземного базису на супутник	5

8. Які методи використовують для створення космічних геодезичних побудов?	№ відповіді
метод хорд	1
метод створних ліній	2
метод лінійних засічок	3

метод просторових кутових засічок	4
полярний метод	5

9. Як називаються складні рухи полюсу екватора?	№ відповіді
Екліптика	1
Прецесія	2
Нутація	3
Збурення	4
Інерція	5

10. Яка з перелічених систем координат відноситься до загальноземної?	№ відповіді
GRS1980	1
ITRS	2
ETRS89	3
WGS-84	4

11. Визначте відповідність між способами спостереження та їх характеристиками.	
А. Статичний псосіб	1. спостерігач має нагоду скоротити час спостережень на пункті до 10-15 хвилин “по рекомендації приймача”, який повідомляє оператора, що за цей час набрана необхідна кількість інформації.
Б. Швидка статика	2. режим “stop and go” (“стій і йди”), при якому приймач, що рухається, названий роверним (rover – “шукач”) переміщають з пункту на пункт, роблячи на цих пунктах короткі зупинки.
В. Кінематика	3. найточніший і вимагає найбільших витрат часу – від півтори до декількох годин.
Г. Кінематика в реальному часі (RTK-Real Time Kinematics)	4. дозволяє здійснювати вимірювання і їх обробку в реальному часі, тобто проводити обробку одночасно з виконанням вимірювань.

12. Які перетворення координат виконують при вирішенні прямої задачі супутникової геодезії? Розставити у відповідному порядку	№ відповіді
Визначення сферичних координат супутника	1
Обчислення сферичних топоцентричних координат ШСЗ	2
Обчислення інерціальних геоцентричних прямокутних координат	3

пункту спостереження	
Обчислення геодезичних координат пункту спостереження	4
Обчислення геоцентричних прямокутних координат ШСЗ	5
Перехід від геодезичних координат пункту спостереження до його прямокутних геоцентричних координат	6

13. Якому закону Кеплера відповідають наступні твердження?	
1. Орбітою супутника є еліпс, у фокусі якого знаходиться маса Землі	A) 1-ий
2. Відношення квадрату періоду обертання супутника до куба великої півосі його орбіти є величиною сталою	B) 2-ий
3. Секторіальна швидкість ШСЗ постійна; радіус-вектор супутника описує за рівні проміжки часу рівні площі	C) 3-ій

14. Привести у відповідність визначення наступних точок:	
1. Найвіддаленіша від Землі точка орбіти супутника називається	A) полюс світу
2. Найближча до Землі точка орбіти супутника……	B) фокус орбіти
3. Одна з точок, відстань до яких від супутника на еліптичній орбіті постійна, називається…	C) точка весни
4. Точка перетину осі обертання Землі з небесною сферою	Д) апогей
5. Точка перетину екліптики та небесного екватору	E) перигей

15. Які з названих елементів орбіти є:	
A) Лінійними величинами	1. Фокальний параметр
B) Кутовими величинами	2. Істинна аномалія
C) Часовими величинами	3. Довгота перицентру
	4. Велика піввісь
	5. Ексцентриситет орбіти
	6. Ексцентрична аномалія
	7. Момент проходження через перицентр
	8. Інтеграл орбіти

	9. Середній рух
	10. Динамічний інтеграл

16. Як називають площину наближеної еліптичної орбіти Землі навколо Сонця?	

17. Як називають систему координат, нерухому відносно вісі обертання Землі?	

18. Яка умова має бути забезпечена при застосуванні оптичних методів спостережень за ШСЗ із станцій спостережень?	

19. Що є результатом використання допплерівських систем спостереження ШСЗ?	

20. Як називається найближча до Землі точка орбіти супутника?	

9. Методи навчання

1. За характером подачі (викладення) навчального матеріалу: *словесні, наочні, практичні*.
2. За організаційним характером навчання: *Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності; Методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності; Методи контролю та самоконтролю у навчанні; Бінарні(подвійні) методи навчання.*
3. За логікою сприймання та засвоєння навчального матеріалу: *індуктивно-дедукційні, репродуктивні, прагматичні, дослідницькі, проблемні тощо.*

Лекції проводяться із застосуванням мультимедійних презентацій.

На лабораторних заняттях розв’язуються завдання, наближені до реальних виробничих задач. При розв’язанні всіх практичних задач використовуються спеціалізовані програмно-технічні засоби.

Самостійна підготовка студентів під час вивчення дисципліни передбачає виконання зазначених вище завдань самостійної роботи методом опрацювання основної та допоміжної навчальної і навчально-методичної літератури та періодичних видань.

Для досягнення мети вивчення дисципліни студентам надаються індивідуальні консультації.

10. Форми контролю

Номер змісто-вого модуля	Розділ дисципліни	Тема лекції	Тема практичного (лабораторного) заняття	Форма контролю знань
1	Сферична астрономія, її сутність і завдання	1. Сферична тригонометрія, її сутність, завдання, прикладне значення	1. Визначення елементів сферичного трикутника	1. Захист практичних завдань
		2. Основи сферичної астрономії та небесної механіки	2. Перетворення координат небесного світила	
		3. Системи відліку часу	3. Системи вимірювання часу	2. Виконання контрольної роботи
2	Основні задачі супутникової геодезії	4. Предмет і задачі супутникової геодезії. Її зв'язок з іншими дисциплінами	4. Обчислення геоцентричних координат штучного супутника Землі (ШСЗ)	1. Захист практичних завдань
		5. Системи координат у супутниковій геодезії		
		6. Методи та апаратура спостереження штучних супутників Землі (ШСЗ)	5. Обчислення елементів незбуреної орбіти ШСЗ	
		7. Незбурений рух супутників	6. Обчислення незбуреної ефемериди ШСЗ	2. Виконання контрольної роботи
3	Глобальні навігаційні супутникові системи, їх роль у вирішенні геодезичних і землевпорядних задач	8. Загальні поняття про Глобальні навігаційні супутникові системи	7. Програмне забезпечення для обробки супутникових геодезичних вимірювань	1. Захист практичних завдання
		9. Методи визначення координат при супутникових спостереженнях	8. Постопрацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Статика»	
		10. Планування супутникових спостережень з використанням ГНСС приймачів	9. Постопрацювання даних спостереження отриманих в режимі «Кінематика»	
		11. Опрацювання даних супутникових спостережень	10. Замикання полігонів	

			11. Розрахунок параметрів проекції	2. Виконання контрольної роботи

11. Розподіл балів, які отримують студенти. Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (від 26.04.2023 р., протокол № 10).

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $\mathbf{R}_{ДИС}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $\mathbf{R}_{НР}$(до 70 балів): $\mathbf{R}_{ДИС} = \mathbf{R}_{НР} + \mathbf{R}_{АТ}$.

12. Методичне забезпечення

1. Єгоров О.І., Старовєров В.С., Нестеренко О.В., Ковальов М.В. Супутникова геодезія / Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Геодезія та землеустрій». НУБіП України. 2016. 25 с.
2. Єгоров О.І., Старовєров В.С., Ковальов М.В. Супутникова геодезія / Методичні вказівки для самостійної роботи та виконання лабораторних робіт для студентів напряму 6.080101 - «Геодезія, картографія та землеустрій». – НУБіП України. – 2009. – 35 с.
3. Єгоров О.І., Старовєров В.С., Ковальов М.В. Супутникова геодезія / Конспект лекцій для студентів напряму 6.080101 - «Геодезія, картографія та землеустрій». – НУБіП України. – 2010. – 75 с.

13. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Андрієвський С.М., Климишин І.А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. – Одеса: Астропринт, 2007. – 480 с.
2. Астрономія: навчальний посібник / М. В. Головко, І. П. Крячко. – К.: ТОВ «КОНВІ ПРІНТ», 2018. – 272 с.
3. Гофман-Велленгоф Б., Ліхтенеггер Г., Коллінз Д. Глобальна система визначення місцеположення (GPS). Теорія і практика. К.: Наукова думка, 1996. – 380 с.
4. Єгоров О.І. Основи супутникової геодезії. Геометричні методи. – К.: КНУБіА, 2011. – 192 с.
5. Єгоров О.І., Старовєров В.С., Ковальов М.В. Супутникова геодезія: конспект лекцій. – К.: НУБіП України, 2010. – 74 с.

6. Марков В.І. Основи космічної геодезії: Підручник. – Кіровоград: ДЛАУ, 2002. – 236 с.

7. Пилип'юк, Р. Г. Супутникова геодезія та сферична астрономія (розділ сферична астрономія) : лабораторний практикум / Р. Г. Пилип'юк, Р. Р. Пилип'юк. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 69 с. http://194.44.112.13/chytalna/6327/index.html

8. Референцні системи в геодезії : підручник / О. М. Марченко, К. Р. Третяк, Н. П. Ярема. – Львів : Львівська політехніка, 2018. – 244 с.

9. Савчук С. Г. Основи формування геодезичної референцної системи України: дисертація доктора технічних наук: 05.24.01 / Національний університет «Львівська політехніка». Л., 2005.

10. Супутникова геодезія та сферична астрономія: навчальний посібник / В.С. Старовєров, Р.А. Дем'яненко, О.І. Єгоров, І.А. Опенько, О.М. Цвях, М.В. Ковальов (за загальною редакцією В.С. Старовєрова) – Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2022. – 320 с.

11. Сферична астрономія: навч. посіб. / Ф. Д. Заблоцький, С. Г. Савчук, Ю. О. Лук'янченко та ін. Львів: Львівська політехніка, 2019. 152 с. ISBN 966-941-353-6.

12. Черняга П.Г., Бялик І.М., Янчук Р.М. Супутникова геодезія: навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 221 с.

13. Шумаков Ф.Т. Супутникова геодезія: конспект лекцій. – Харків, ХНАМГ, 2009.

14. Robin M. Green, Spherical Astronomy, 1985, Cambridge University Press, ISBN 0-521-31779-7

15. William M. Smart, edited by Robin M. Green, Textbook on Spherical Astronomy, 1977, Cambridge University Press, ISBN 0-521-29180-1.

Додаткова література

1. Andrii Martyn, Ivan Openko, Taras Ievsiukov, Oleksandr Shevchenko, Artem Ripenko (2019). Accuracy of geodetic surveys in cadastral registration of real estate: value of land as determining factor. 18th International Scientific Conference. Engineering for Rural Development. 22-24.05.2019 Jelgava, LATVIA. P. 1818-1825. Режим доступа: http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N236.pdf

2. Araszkiewicz, A., Nykiel, G. and Bałdysz, Z. (2015). Impact of higher order ionospheric corrections on the rate of baseline length changes in GPS differential positioning. In 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2015, Bulgaria. DOI: 10.5593/SGEM2015/B22/S9.038.

3. Baldysz, Z., Nykiel, G., Araszkiewicz, A., Figurski, M. and Szafranek, K. (2016). Comparison of GPS tropospheric delays derived from two consecutive EPN reprocessing campaigns from the point of view of climate monitoring. Atmos. Meas. Tech., 9, 4861–4877. DOI: 10.5194/amt-9-4861-2016.

4. Baldysz, Z., Nykiel, G., Figurski, M. and Araszkiewicz, A. (2018). Assessment of the Impact of GNSS Processing Strategies on the Long-Term Parameters of 20 Years IWV Time Series. Remote Sens., 10(4), 496. DOI: 10.3390/rs10040496.

5. Baldysz, Z., Nykiel, G., Figurski, M., Szafranek, K. and Kroszczynski, K. (2015). Investigation of the ´16-year and 18-year ZTD Time Series Derived from GPS Data Processing. Acta Geophys., 63(4),1103–1125. DOI: 10.1515/acgeo-2015-0033.

6. Banville, S., Sieradzki, R., Hoque, M., W˛ezka, K. and Hadas, T. (2017). On the estimation of higher-order ionospheric effects in precise point positioning. GPS Solut., 21(4), 1817–1828. DOI: 10.1007/s10291-017-0655-0.

7. Borio, D., Gioia, C. and Mitchison, N. (2016). Identifying a low-frequency oscillation in Galileo IOV pseudorange rates. GPS Solut., 20(3), 363–372. DOI: 10.1007/s10291-015-0443-7.

8. Cai, C. and Gao, Y. (2013). Modeling and assessment of combined GPS/GLONASS precise point positioning. GPS Solut., 17(2), 223–236. DOI: 10.1007/s10291-012-0273-9.

9. Cellmer, S., Nowel, K. and Kwasniak, D. (2017). Optimization of a grid of candidates in the search procedure of the MAFA method. In Environmental Engineering 10th International Conference, 2017 Vilnius, Lithuania. DOI: 10.3846/enviro.2017.179.

10. Cellmer, S., Nowel, K. and Kwasniak, D. (2018). The New Search Method in Precise GNSS Positioning. IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., 54(1), 404–415. DOI: 10.1109/TAES.2017.2670578.

11. Cherniak, I., Krankowski, A. and Zakharenkova, I. (2018). ROTI Maps: a new IGS ionospheric product characterizing the ionospheric irregularities occeurrence. GPS Solut., 22:69. DOI: 10.1007/ s10291-018-0730-1.

12. Dawidowicz, K. (2018). Differences in GPS coordinate time series caused by changing type-mean to individual antenna phase center calibration model. Stud. Geophys. Geod., 62, 38–56. DOI: 10.1007/s11200-016-0630-1.

13. Dawidowicz, K. and Krzan, G. (2017). Periodic signals in a pseudo-kinematic GPS coordinate time series depending on the antenna phase center model – TRM55971.00 TZGD antenna case study. Surv. Rev., 49(355), 268–276. DOI: 10.1080/00396265.2016.1166688.

14. Douša, J., Dick, G., Kacmarík, M., Brožková, R., Zus, F., Brenot, H., Stoycheva, A., Möller, G. and Kaplon, J. (2017). Benchmark campaign and case study episode in central Europe for development and assessment of advanced GNSS tropospheric models and products. Atmos. Meas. Tech., 9, 2989–3008. DOI: 10.5194/amt-9-2989-2016.

15. Drewes, H., Kuglitsch, F., Adám, J. et al. (2016). The Geodesist's Handbook 2016. J. Geod., 90(10), 907–1205. DOI: 10.1007/s00190-016-0948-z.

16. Dymarska, N., Rohm, W., Sierny, J., Kapłon, J., Kubik, T., Kryza, M., Jutarski, J., Gierczak, J. and Kosierb, R. (2017). An assessment of the quality of near-real time GNSS observations as a potential data source for meteorology. Meteorology Hydrology and Water Management, 5(1), 3–13. DOI: 10.26491/mhwm/65146.

17. Figurski, M. and Nykiel, G. (2017). Investigation of the impact of ITRF2014/IGS14 on the positions of the reference stations in Europe. Acta Geodyn. Geomater., 14(4), 401–410. DOI: 10.13168/ AGG.2017.0021.

18. Hadas, T. and Bosy, J. (2015). IGS RTS precise orbits and clocks verification and quality degradation over time. GPS Solut., 19 (1), 93–105. DOI: 10.1007/s10291-014-0369-5.

19. Hadas, T., Krypiak-Gregorczyk, A., Hernández-Pajares, M., Kapłon, J., Paziewski, J., Wielgosz, P., Garcia-Rigo, A., Kazmierski, K., Sosnica, K., Kwasniak, D., Sierny, J., Bosy, J., Pucilowski M., Szyszko, R., Portasiak, K,. Olivares-Pulido, G., Gulyaeva, T. and Orus-Perez, R. (2017). Impact and implementation of higher-order ionospheric effects on precise GNSS applications. J. Geophys. Res.: Solid Earth, 122, 9420–6436. DOI: 10.1002/2017JB014750.

20. Hadas, T., Teferle, F.N., Ka´zmierski, K., Hordyniec, P. and Bosy J. (2017). Optimum stochastic modeling for GNSS tropospheric delay estimation in real-time. GPS Solut., 21(3), 1069–1081. DOI: 10.1007/s10291-016-0595-0.

21. Hernández-Pajares, M., Roma-Dollase, D., Krankowski, A., García-Rigo, A. and Orús-Pérez, R. (2017). Methodology and consistency of slant and vertical assessments for ionospheric electron content models. J. Geod., 91, 1405–1414. DOI: 10.1007/s00190-017-1032-z.

22. Hofmann-Wellenhof, B. GNSS - Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo and more [Text] / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Wasle – Wien, New-York: Springer. – 2008. – 516 p. – URL: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-211-73017-1

Лектор,
д.е.н., доц., професор кафедри
геодезії та картографії **Іван ОПЕНЬКО**