

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра геодезії та картографії



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету землевпорядкування
Тарас ЄВСЮКОВ
“ 21 ” травня 2024 р.

«СХВАЛЕНО»

на засіданні кафедри геодезії та картографії
Протокол № 10 від «20» травня 2024 р.

Завідувач кафедри
Іван КОВАЛЬЧУК

«РОЗГЛЯНУТО»

Гарант ОП «Геодезія та землеустрій»

Гарант ОП
Іван КОВАЛЬЧУК

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ ТА СФЕРИЧНА АСТРОНОМІЯ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Спеціальність 193 – Геодезія та землеустрій

Освітня програма Геодезія та землеустрій

Факультет землевпорядкування

Розробник: професор кафедри геодезії та картографії, д.е.н., доц. Іван ОПЕНЬКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Опис навчальної дисципліни
СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ ТА СФЕРИЧНА АСТРОНОМІЯ

(назва)

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	193-«Геодезія та землеустрій»	
Освітня програма	«Геодезія та землеустрій»	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	150/180	
Кількість кредитів ECTS	5/6	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проект (робота) <small>(якщо є в робочому навчальному плані)</small>	-	
Форма контролю	Залік	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	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.	

1. Мета, завдання, компетентності та програмні результати 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: оволодіння знаннями про загальноземні і референсні системи координат, системи відліку часу, освоєння методики і практики виконання спостережень за штучними супутниками Землі та природними небесними об'єктами, досліджень незбуреного руху супутників та впливу збурень на цей рух, освоєння технологій постопрацювання даних спостережень, отриманих в режимі «Статика», «Кінематика».

Набуття компетентностей:

інтегральна компетентність (ІК): здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі геодезії та землеустрою.

загальні компетентності (ЗК):

ЗК02 – здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях;

ЗК06 – здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології;

ЗК07 – здатність працювати автономно;

ЗК08 – здатність працювати в команді;

ЗК09 – здатність до міжособистісної взаємодії. **ЗК10**.Здатність здійснювати безпечну діяльність.

спеціальні (фахові, предметні) 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;

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

Програмні результати навчання (ПРН):

РН3 – доносити до фахівців і нефахівців інформацію, ідеї, проблеми, рішення, власний досвід та аргументацію;

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

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;

РН9 – збирати, оцінювати, інтерпретувати та використовувати геопросторові дані, метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження, застосовувати статистичні методи їхнього аналізу для розв'язання спеціалізованих задач у сфері геодезії та землеустрою;

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.

2. Програма та структура навчальної дисципліни

- повного терміну денної (заочної) форми здобуття вищої освіти;

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	тижні	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	14	
Змістовий модуль 1 «Сферична астрономія, її сутність. Системи сферичних координат і системи вимірювання часу»														
1. Вступ до дисципліни. Небесна сфера та її геометрія.	1-2	18	4	4			10	16						16
2. Системи сферичних координат і зв'язок між ними.	3-4	18	4	4			10	20	2	2				16
3. Системи вимірювання часу	5	14	2	2			10	16						16
Разом за змістовим модулем 1		50	10	10			30	52	2	2				48
Змістовий модуль 2 «Основні задачі супутникової геодезії. Системи координат у супутниковій геодезії, методи спостереження ШСЗ»														
4. Предмет і задачі супутникової геодезії.	6-7	15	4	4			7	17		2				15
5. Системи координат у супутниковій геодезії.	8-9	13	4	2			7	17		2				15
6. Методи й апаратура для спостереження штучних супутників Землі (ШСЗ).	10	11	2	2			7	15						15
7. Незбурений рух супутників.	11	11	2	2			7	15						15
Разом за змістовим модулем 2		50	12	10			28	64		4				60
Змістовий модуль 3 «Глобальна навігаційна супутникова система»														
8. Загальні поняття про Глобальну навігаційну супутникову систему	12	12	2	2			8	17	2					15
9. Опрацювання даних супутникових спостережень	13	14	2	4			8	15						15
10. Методи визначення координат при супутникових спостереженнях	14	12	2	2			8	17	2					15

11. Планування супутникових спостережень з використанням ГНСС приймачів.	15	12	2	2			8	15					15
Разом за змістовим модулем 3		50	8	10			32	64	4				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						
	тижні	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	14	
Змістовий модуль 1 «Сферична астрономія, її сутність. Системи сферичних координат і системи вимірювання часу»														
1. Вступ до дисципліни. Небесна сфера та її геометрія.	1-2	18	4	4			10	16						16
2. Системи сферичних координат і зв'язок між ними.	3-4	18	4	4			10	20	2	2				16
3. Системи вимірювання часу	5	14	2	2			10	16						16
Разом за змістовим модулем 1		50	10	10			30	52	2	2				48
Змістовий модуль 2 «Основні задачі супутникової геодезії. Системи координат у супутниковій геодезії, методи спостереження ШСЗ»														
4. Предмет і задачі супутникової геодезії.	6-7	15	4	4			7	17		2				15
5. Системи координат у супутниковій геодезії.	8-9	13	4	2			7	17		2				15
6. Методи й апаратура для спостереження штучних супутників Землі (ШСЗ).	10	11	2	2			7	15						15
7. Незбурений рух супутників.	11	11	2	2			7	15						15
Разом за змістовим модулем 2		50	12	10			28	64		4				60
Змістовий модуль 3 «Глобальна навігаційна супутникова система»														
8. Загальні поняття про Глобальну навігаційну супутникову систему	12	12	2	2			8	17	2					15
9. Опрацювання даних супутникових спостережень	13	14	2	4			8	15						15
10. Методи визначення координат при супутникових спостереженнях	14	12	2	2			8	17	2					15

11. Планування супутникових спостережень з використанням ГНСС приймачів.	15	12	2	2			8	15				15
Разом за змістовим модулем 3		50	8	10			32	64	4			60
Усього годин		150	30	30			90	180	6	6		168
Курсовий проект (робота) з _____ <small>(якщо є в робочому навчальному плані)</small>												
Усього годин		150	30	30			90	180	6	6		168

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 (частина 1)	2
2	Визначення елементів сферичного трикутника (частина 2)	2
3	Перетворення координат небесного світила	2
4	Визначення положення зірки на небосхилі за допомогою горизонтних координат	2
5	Системи вимірювання часу	2
6	Перехід від сонячного часу до зоряного часу	2
7	Обчислення прямокутних координат пункту в інерціальній системі координат	2
8	Обчислення геоцентричних координат ШСЗ за його топоцентричними координатами	2
9	Обчислення елементів незбуреної орбіти ШСЗ	2
10	Визначення орбітальних параметрів ШСЗ	2
11	Програмне забезпечення для опрацювання супутникових геодезичних вимірювань «КРЕДО ГНСС»	2
12	Постоопрацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Статика» за допомогою КРЕДО ГНСС	2
13	Постоопрацювання даних спостереження, отриманих в режимі «Кінематика» за допомогою КРЕДО ГНСС	2
14	Замикання полігонів за допомогою КРЕДО ГНСС	2

15	Розрахунок параметрів проєкції за допомогою КРЕДО ГНСС	2
	РАЗОМ	30

6. Темы лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

7. Темы самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вплив основних факторів на опрацювання результатів астрономічних спостережень	30
2	Визначення сферичних координат штучного супутника Землі (ШСЗ) за фотографічними спостереженнями (спосіб Кісельова)	30
3	Обчислення незбуреної ефемериди ШСЗ	30
	РАЗОМ	90

5. Засоби діагностики результатів навчання:

- екзамен;
- залік;
- модульні тести;
- розрахункові та розрахунково-графічні роботи;
- захист лабораторних та практичних робіт.

6. Методи навчання:

- словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо);
- практичний метод (лабораторні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);

7. Методи оцінювання.

- залік;
- модульне тестування;
- реферати, есе;
- усне або письмове опитування;
- захист лабораторних та практичних робіт.

8. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти. Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

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

Для визначення рейтингу здобувача вищої освіти із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу здобувача вищої освіти з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{АТ}}$.

9. Навчально-методичне забезпечення

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn – <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=2581>);
- конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Єгоров О.І., Староверов 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., Староверов 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., Староверов В.С., Ковальов М.В. Супутникова геодезія / Конспект лекцій для студентів напряму 6.080101 - «Геодезія, картографія та землеустрій». – НУБіП України. – 2010. – 75 с.

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. Головка, І. П. Крячко. – К.: ТОВ «КОНВІ ПРІНТ», 2018. – 272 с.
3. Єгоров О.І. Основи супутникової геодезії. Геометричні методи. – К.: КНУБіА, 2011. – 192 с.

4. Єгоров О.І., Староверов В.С., Ковальов М.В. Супутникова геодезія: конспект лекцій. – К.: НУБіП України, 2010. – 74 с.
5. Марков В.І. Основи космічної геодезії: Підручник. Кіровоград: ДЛАУ, 2002. 236 с.
6. 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>
7. Референцні системи в геодезії : підручник / О. М. Марченко, К. Р. Третяк, Н. П. Ярема. – Львів : Львівська політехніка, 2018. – 244 с.
8. Савчук С. Г. Основи формування геодезичної референцної системи України: дисертація доктора технічних наук: 05.24.01 / Національний університет «Львівська політехніка». Л., 2005.
9. Супутникова геодезія та сферична астрономія: навчальний посібник / В.С. Староверов, Р.А. Дем'яненко, О.І. Єгоров, І.А. Опенько, О.М. Цвях, М.В. Ковальов (за загальною редакцією В.С. Староверова) – Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2022. – 320 с.
10. Сферична астрономія: навч. посіб. / Ф. Д. Заблоцький, С. Г. Савчук, Ю. О. Лук'яненко та ін. Львів: Львівська політехніка, 2019. 152 с. ISBN 966-941-353-6.
11. Черняга П.Г., Бялик І.М., Янчук Р.М. Супутникова геодезія: навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 221 с.
12. Шумаков Ф.Т. Супутникова геодезія: конспект лекцій. – Харків, ХНАМГ, 2009.

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 доступу: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N236.pdf>
2. Araszkiwicz, A., Nykiel, G. and Baldysz, 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., Araszkiwicz, 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 Araszkiwicz, 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 Kroszczyński, 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., Węzka, 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 occurrence. *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., Kaplon, 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., Kaplon, 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.

**Автор програми,
д.е.н., доц., професор кафедри
геодезії та картографії**

Іван ОПЕНЬКО