Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра космічної радіофізики

“**ЗАТВЕРДЖУЮ**”

Проректор з науково-
педагогічної роботи

_____

“_____”_____2019__ р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Космічна погода

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _другий (магістерський)_____
/

галузь знань _____10 – Природничі науки_____
(шифр і назва)

спеціальність _____105 Прикладна фізика та наноматеріали_____
(шифр і назва)

освітня програма ____Радіофізика і електроніка_____
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни_____за вибором_____
(обов’язкова / за вибором)

факультет __радіофізики, біомедичної електроніки та комп’ютерних систем_____

2019 / 2020 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

"_21_" _червня_ 2019 року, протокол № _6_

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:
Розуменко В. Т., канд. фіз. - мат. наук, доцент, доцент
(автор, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Програму схвалено на засіданні кафедри
космічної радіофізики

Протокол від "6" червня 2019 року № 12

Завідувач кафедри космічної радіофізики

_____ ____Тирнов О. Ф.___
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем
назва факультету, навчально-наукового інституту

Протокол від "17" червня 2019 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

_____ ___Чорногор Л. Ф.___
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни "Космічна погода" складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

другого (магістерського) рівня вищої освіти
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напряму) 105 Прикладна фізика та наноматеріали

спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни –
опанувати основні методи прогнозу космічної погоди.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни –
законспектувати основні теоретичні положення методів прогнозу космічної погоди та розв'язати запропоновані задачі.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
3-й	-й
Лекції	
36 год. (проведення індивідуальних занять)	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
84 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання –

- знати методи прогнозу космічної погоди;
- вміти сформулювати основні етапи прогнозу космічної погоди за наявних результатів вимірювань.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Фільтри Кальмана
Тема 1. Фільтр Кальмана — узагальнення фільтра Вінера.
Тема 2. Фільтр Кальмана — узагальнення лінійної оцінки, яка забезпечує мінімальну середньо-квадратичну похибку.
Тема 3. Динамічі моделі процесів.
Тема 4. Скалярний фільтр Кальмана.
Тема 5. Порівняння фільтрів Кальмана і Вінера.
Тема 6. Векторний фільтр Кальмана.
Тема 7. Узагальнення векторного фільтра Кальмана на випадок нелінійних рівнянь стану та спостережень.
Тема 8. Приклади обробки сигналів.

Розділ 2. Модель іоносфери, яка створена на основі фільтра Гауса-Маркова-Кальмана, і використовує вимірювання її довільних параметрів.
Тема 9. Основні параметри моделі фільтра Гауса-Маркова для збурень в густині іоносфери та похибок вимірювань.
Тема 10. Вираз для повної електронної густини в кожному вузлі.
Тема 11. Складові матриці L перерахунків збурень в густині іоносфери за один крок асиміляції у часі: матриця L_1, що зміщує збурення у полі густина за кожний крок у магнітній системі координат, що синхронізована з Сонцем, та L_2 релаксаційна матриця.
Тема 12. Переваги використання географічної системи координат.
Тема 13. Фільтр Гауса-Маркова для матриці других моментів похибок P^{t+1}.
Тема 14. Джерела даних для моделі іоносфери, що використовує вимірювання її довільних параметрів.
Тема 15. Контроль якості спостережень.
Тема 16. Співвідношення між вимірюваннями повного електронного вмісту на похилих трасах і збуреннями електронної концентрації.
Тема 17. Співвідношення між вимірюваннями ультрафіолетового випромінювання стовпа іоносфери і збуреннями електронної концентрації
Тема 18. Модель фонової іоносфери в фільтрі Кальмана.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Фільтри Кальмана												
Разом за розділом 1	54	14				40						
Розділ 2. Модель іоносфери, яка створена на основі фільтра Гауса-Маркова-Кальмана, і використовує вимірювання її довільних параметрів												
Разом за розділом 2	66	22				44						
Усього годин	120	36				84						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Фільтри Кальмана	
2	Модель іоносфери на основі фільтра Гауса-Маркова-Кальмана	
	Разом	

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Характеристика узагальненого фільтра Кальмана для оцінювання стану складу термосфери.	4
2	Початкова умова для вектора стану, $\hat{x}_{k-1}$, фільтра Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
3	Характеристика матриці других моментів, P_{k-1}, похибок у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
4	Моделі для матриці, $\Phi_{k,\,k-1}$, яка використовується для перерахунку оціненого стану, $\hat{x}_{k-1}$, та матриці других моментів похибок, P_{k-1}, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
5	Вираз для перерахунку стану, $\hat{x}_{k-1}$, від часу, $k-1$, коли він був останній раз оцінений, до часу наступного вимірювання, k, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
6	Вираз для перерахунку матриці других моментів похибок, P_{k-1}, від часу, $k-1$, коли вона була останній раз оцінена, до часу наступного вимірювання, k, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
7	Конкретний вид лініарезованого моделі для перерахунків у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери, $\Phi_{k,\,k-1}$, за допомогою процеса Гауса-Маркова.	4
8	Переваги лініарезованої моделі для перерахунків у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери, $\Phi_{k,\,k-1}$, за допомогою процеса Гауса-Маркова.	4
9	Вираз для перерахунку вектору стану, $\hat{x}_{k-1}$, в вектор стану, $\bar{x}_k$, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери та його матриця, $\Phi_{k,\,k-1}$.	4
10	Структура матриць похибок, $\Phi_{k,\,k-1}$ та Q, які використовується для перерахунку матриці других моментів похибок, P_{k-1}, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
11	Конкретний вид матриці похибок, Q, яка використовується для перерахунку матриці других моментів похибок, P_{k-1}, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
12	Аналіз залежності матриці похибок, Q, яка використовується для перерахунку матриці других моментів похибок, P_{k-1}, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери, від κ і τ.	4
13	Оцінка недиагональних елементів матриці похибок, Q, яка використовується для перерахунку матриці других моментів	4

	похибок, P_{k-1}, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	
14	Вираз для обчислення вектора оновлень, y_k, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
15	Рівняння спостережень та матриця спостережень, H_k, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
16	Вираз для обчислення виграшу Кальмана, K_k, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
17	Аналіз складових матриці других моментів похибок вимірювань, R_k, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	4
18	Вираз для корекції вектору стану, який отримано за модел'ю, $\bar{x}_k$, з допомогою вектора оновлень, y_k, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	6
19	Вираз для корекції матриці других моментів похибок, P_k, з допомогою виграшу Кальмана, K_k, у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.	6
20	Порівняння результатів отриманих з допомогою фільтра Кальмана та без фільтрації для оцінювання складу термосфери.	4
	Разом	84

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені

7. Методи контролю

Вибіркові опитування, перевірка домашніх завдань, перевірка виконання завдань для самостійної роботи, екзамен.

8. Схема нарахування балів

Умовою допуску до екзамену є виконання всіх домашніх завдань, завдань для самостійної роботи на позитивну оцінку.

Поточний контроль, самостійна робота				Екзамен	Сума
Виконання домашніх завдань	Результати опитування впродовж практичних занять	Оцінка за виконання самостійних завдань	Разом		
Розділ 1	Розділ 1	Розділ 1	60	40	100
20	20	20			

T1, T2 ... – теми розділів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. Kay, S. M., *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory*, Prentice Hall International Editions, U.S.A., 1993, XI, 595 pp.
2. L. Scherliess, R. W. Schunk, J. J. Sojka, D. C. Thompson, and L. Zhu, Utah State University Global Assimilation of Ionospheric Measurements Gauss-Markov Kalman filter model of the ionosphere: Model description and validation, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, A11315, doi:10.1029/2006JA011712, 2006.
3. Minter, C. F., T. J. Fuller-Rowell, and M. V. Codrescu (2004), Estimating the state of the thermospheric composition using Kalman filtering, *Space Weather*, 2, S04002, doi:10.1029/2003SW000006.

Допоміжна література

1. Gelb, A., *Applied Optimal Estimation*, Cambridge, Mass, MIT Press, 1974.
2. Thompson, D. C., L. Scherliess, J. J. Sojka, and R. W. Schunk (2006), The Utah State University Gauss-Markov Kalman filter of the ionosphere: The effect of slant TEC and electron density profile data on model fidelity, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys*., 68, 947– 958.
3. Schunk, R. W., L. Scherliess, J. J. Sojka, D. C. Thompson, and L. Zhu (2005), Ionospheric weather forecasting on the horizon, *Space Weather*, 3, S08007, doi:10.1029/2004SW000138.
4. Scherliess, L., R. W. Schunk, J. J. Sojka, and D. C. Thompson (2004), Development of a physics-based reduced state Kalman filter for the ionosphere, *Radio Sci*., 39, RS1S04, doi:10.1029/2002RS002797.
5. Codrescu, M. V., T. J. Fuller-Rowell, and C. F. Minter (2004), An ensemble-type Kalman filter for neutral thermospheric composition during geomagnetic storms, *Space Weather*, 2, S11002, doi:10.1029/2004SW000088.
6. Schunk, R. W., L. Scherliess, and J. J. Sojka (2003), Recent approaches to modeling ionospheric weather, *Adv. Space Res*., 31, 819– 828.
7. Keppenne, C. L., and M. M. Rienecker (2002), Initial testing of a massively parallel ensemble Kalman filter with the Poseidon Isopycnal Ocean General Circulation Model, *Mon. Weather Rev*., 130(12), 2951–2965.
8. Schunk, R. W., *Ionospheres: Physics, Plasma Physics and Chemistry*, 2nd edition, Cambridge University Press, 2009.
9. Мінаков А.О., Тирнов О. Ф., Статистична радіофізика (підручник з грифом МОН України "Затверджено як підручник для студентів вищих навчальних закладів"), Харків. "Факт".2003.528 с.

10. Посиланная на інформаційні ресурси в Інтернеті, відеолекції, інше методичне забезпечення

1. https://www.mathworks.com/help/control/ug/kalman-filtering.html
2. http://spaceweather.com/
3. Learn about Space Weather with the SUN SERIES
https://www.youtube.com/playlist?list=PLHSoxioQtwZcJj_9clLz7Bggso7qg2PDj
4. S0 News: Daily Solar/Earth Report
https://www.youtube.com/playlist?list=PLHSoxioQtwZeQaRnO5_9AJB2RmevUpuPT