

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи
з дисципліни

«РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОХВИЛЬ»

для студентів 5 курсу заочної форми навчання
за напрямком «Гідрометеорологія»

Одеса 2010

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи
з дисципліни

«РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОХВИЛЬ»

для студентів 5 курсу заочної форми навчання
за напрямком «Гідрометеорологія»

ЗАТВЕРДЖЕНО

На засіданні робочої групи заочної
та післядипломної освіти

Одеса 2010

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з дисципліни «Розповсюдження радіохвиль» для студентів 5-го курсу заочного факультету за напрямом «Гідрометеорологія» / Лімонов О. С. - Одеса, ОДЕКУ, 2010 р. - 18 с.

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з дисципліни «Розповсюдження радіохвиль» для студентів 5-го курсу заочного факультету за напрямом «Гідрометеорологія».

Укладач: доцент Лімонов О. С.

Підп. до друку
Тираж

Формат
Замов.

Папір друк.

Надруковано з готового оригінал-макету

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул.. Львівська, 15

Зміст

ПЕРЕДМОВА.....	4
ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	5
ВСТУП.....	6
Програма лекційного курсу.....	6
Програма практичних занять.....	7
1 САМОСТІЙНА РОБОТА.....	8
1.1 Загальні запитання розповсюдження радіохвиль.....	8
1.2 Розповсюдження радіохвиль різних діапазонів.....	8
1.3 Розповсюдження радіохвиль в різних сферах.....	9
1.4 Рефракція електромагнітних хвиль в атмосфері.....	9
1.5 Розповсюдження електромагнітних хвиль в іоносфері.....	10
1.6 Вплив хвилеводних властивостей іоносфери на радіолокаційний сигнал.....	10
1.7 Вплив хвилеводних властивостей тропосфери на радіолокаційний сигнал.....	11
2 КОНТРОЛЬНА РОБОТА.....	12
3 ВАРІАНТИ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ.....	16

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна “Розповсюдження радіохвиль” належить до циклу вибіркових дисциплін підготовки фахівців за спеціальністю 7.070601 “Метеорологія”, спеціалізацією “Радіолокація і радіометеорологія”.

Метою курсу “Розповсюдження радіохвиль” є підготовка фахівців, які володіють глибокими теоретичними знаннями та практичними навичками в розрахунку зон виявлення метеорологічних радіолокаторів (МРЛ).

Задачами є вивчення законів розповсюдження електромагнітних хвиль в різних шарах атмосфери.

Кількість навчальних годин визначається освітньо-професійною програмою і освітньо-кваліфікаційною характеристикою.

Дисципліна є базовою для вивчення метеорологічної радіолокаційної техніки.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні

знати:

- умови розповсюдження радіохвиль різних діапазонів в поглинальних середовищах;
- вплив тропосфери на розповсюдження радіохвиль;
- атмосферну рефракцію;
- тропосферний, іоносферний і вільно розповсюджені радіохвилі (ультракороткого хвильового) УКХ діапазона;
- розповсюдження радіохвиль в іоносфері;
- вплив умов розповсюдження радіохвиль на роботу радіонавігаційних пристроїв;
- вплив хвильоводних властивостей тропосфери на радіолокаційний сигнал;

вміти:

- розрахувати зону виявлення МРЛ;
- розрахувати максимальну дальність радіозв'язку;
- розраховувати вплив рефракції на дальність радіолокації;
- розраховувати зони Френеля;
- розраховувати напруженість електричного поля земної хвилі при її розповсюдженні над сушею та морем.

Вивчення дисципліни “Розповсюдження радіохвиль” базується на дисциплінах “Вища математика”, “Фізика”, “Фізика атмосфери”, “Методи дистанційного зондування навколишнього середовища”, “Супутниковий моніторинг”. В свою чергу дисципліна є основою для курсів “Метеорологічна радіолокаційна техніка”, “Надійність та експлуатація систем радіолокаційної метеорології”, “Оптичні та теплові локаційні системи”.

Для вивчення дисципліни і написання контрольної роботи пропонується наступна література.

ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна:

1. Марков Г. Т., Петров Б. Н., Грудинская Г. П. Электродинамика и распространение радиоволн. Учеб. пособ. для ВУЗов. – М.: Сов. радио, 1979. – 375 с.
2. Долуханов М. П. Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972. – 336 с.
3. Черный Ф. Б. Распространение радиоволн. – М.: Сов. радио, 1972. – 362 с.
4. Грудинская Г. П. Распространение радиоволн. – М.: Высшая школа, 1967. – 344 с.
5. Шерedyкo Е. Ю. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. – М.: «Связь», 1976. – 180 с.
6. Чернышов В. П., Шейнман Д. И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. – М.: Радио и связь, 1989. – 236 с.
7. Вельміскін Д. І. та інші. Розповсюдження радіохвиль. Конспект лекцій. – Одеса, 2007. – 67 с.

Додаткова:

8. Черенкова Е. Л., Чернышов О. В. Распространение радиоволн: Учеб. пособ. для ВУЗов связи. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.
9. Сборник задач по курсу “Электродинамика и распространение радиоволн” / Под ред. Баскакова С. И. – М.: Высшая школа, 1981. – 280 с.
10. Чернышов В. П. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. – М.: Радио и связь, 1982. – 144 с.
11. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни “Розповсюдження радіохвиль”, авт. Вельміскін Д. І. – Одеса, 2006. – 30 с.

АВТОР РОЗРОБКИ

Укладач: Лімонов Олександр Сергійович, доцент, кандидат технічних наук.

Вступ

Основні етапи розвитку дисципліни. Завдання і структура дисципліни. Практична значимість дисципліни. Методичне забезпечення дисципліни, тобто наявність підручників, методичних вказівок.

Програма лекційного курсу

№	Найменування теми та її зміст	Кількість годин
1	Загальні питання розповсюдження радіохвиль. Основні співвідношення. Розсіювання радіомагнітних хвиль. Формула Релея. Абсолютно відбиваюча частинка. Резонанс. Електричні параметри тропосфери. Електричні параметри іоносфери [1 – 7].	2
2	Розповсюдження радіохвиль різних діапазонів. Розповсюдження сантиметрових, дециметрових і метрових хвиль. Розповсюдження декаметрових хвиль [1 – 7].	2
3	Розповсюдження радіохвиль в різних сферах. Розповсюдження радіохвиль в поглинальних середовищах. Простір, який ефективно приймає участь в передачі енергії. Профіль траси. Азимут і відстань між пунктами радіозв'язку по земній поверхні. Розповсюдження радіохвиль в однорідних і неоднорідних сферах [1 – 7].	4
4	Рефракція електромагнітних хвиль в атмосфері. Рівняння променя. Радіус кривизни променя. Еквівалентний радіус Землі. Види рефракції. Послаблення електромагнітних хвиль. Відбиття і розсіювання електромагнітних хвиль шорсткою поверхнею [1 – 7].	4
5	Розповсюдження електромагнітних хвиль в іоносфері. Індекс рефракції. Критична частота. Розповсюдження надвисокочастотних радіохвиль [1 – 7].	2
6	Вплив умов розповсюдження радіохвиль на роботу радіонавігаційних пристроїв. Дальність дії радіолінії. Вплив атмосфери на точність радіонавігаційних	4

	вимірювань. Вплив параметрів ґрунту на точність радіонавігаційних вимірювань. Помилка берегової рефракції. Дифракція радіохвиль навколо Землі [1 – 7].	
7	Вплив хвильоводних властивостей тропосфери на радіолокаційний сигнал. Хвильоводна властивість тропосфери. Фізика і ймовірність утворення тропосферних хвильоводів. Рішення задачі дифракції радіохвиль навколо Землі при наявності тропосферного хвильовода [1 – 7].	2
	Всього:	20

Програма практичних занять

№	Найменування теми та її зміст	Кількість годин
1	Розрахунок максимальної дальності радіолокації [5, 6, 10].	2
2	Розрахунок множника Землі [5, 6, 10].	2
3	Визначення напруженості електричного поля земної хвилі при її розповсюдженні над морем [5, 6, 10].	2
	Всього:	6

1 САМОСТІЙНА РОБОТА

1.1 Загальні запитання розповсюдження радіохвиль (12 годин)

Область простору, суттєва для розповсюдження електромагнітних хвиль. Дифракція Френеля. Дифракція Фраунгофера. Розсіювання електромагнітних хвиль. Реальні випромінювачі радіохвиль. Максимальна дальність дії зв'язку. Максимальна дальність дії радіолокації. Вторинні джерела електромагнітних хвиль [1 – 7].

Запитання для самоперевірки

1. Що впливає в реальних умовах на поширення радіохвиль?
2. Як Земля впливає на поширення радіохвиль?
3. Яка частина атмосфери найбільше впливає на радіозв'язок?
4. Яка частина атмосфери найбільше впливає на радіолокацію?
5. Що таке явище атмосферної рефракції?
6. Що таке явище дифракції?
7. У чому суть дифракції Френеля?
8. У чому суть дифракції Фраунгофера?
9. У чому суть закону розсіювання Релея?
10. Що таке коефіцієнт спрямованої дії реального випромінювача?
11. Від яких параметрів залежить максимальна дальність радіозв'язку?
12. Від яких параметрів залежить максимальна дальність радіолокації?

1.2 Розповсюдження радіохвиль різних діапазонів (12 годин)

Запитання для самоперевірки

1. Які хвилі є гектометровими?
2. Які хвилі є кілометровими?
3. Як поширюються поверхневі радіочастотні хвилі?
4. Як поширюються іоносферні радіочастотні хвилі?
5. Як поширюються прямі радіочастотні хвилі?
6. Що таке дальність прямої видимості?
7. З яких шарів складається іоносфера?
8. Які радіочастоти відбиваються від іоносферних шарів?
9. Чому в телебаченні використовуються дуже високі антени?
10. На яких частотах радіосигнали поширюються в основному наземним шляхом?
11. Що означає математичне формулювання принципу Гюйгенса-Френеля?

12. У чому полягає принцип Гюйгенса – Френеля?

1.3 Розповсюдження радіохвиль в різних сферах (10 годин)

Запитання для самоперевірки

1. Як сформулювати закони відбиття радіохвиль на межі розділу повітря – земля?
2. Що таке кут підвищення?
3. Що таке коефіцієнт заломлення?
4. Що таке дзеркальне відбиття?
5. Що таке дифузійне відбиття?
6. Чому дорівнюють допустимі нерівності при дзеркальному відбитті?
7. Як допустимі нерівності залежать від довжини хвилі і кута підвищення?
8. З яких шарів складається атмосфера?
9. Як впливає тропосфера на поширення радіохвиль?
10. Яка частина атмосфери є основною для поширення радіохвиль?
11. Яка частина простору є основною при відбитті радіохвиль?
12. Яка частина атмосфери є основною при відбитті радіохвиль?

1.4 Рефракція електромагнітних хвиль в атмосфері (14 годин)

Запитання для самоперевірки

1. Які радіочастоти складають земні радіохвилі УКХ діапазону?
2. По яких основних шляхах поширюються земні радіохвилі?
3. Що таке інтерференційний район поширення?
4. Що таке дифракційний район поширення?
5. Що таке фактор поширення радіохвиль?
6. Як змінюється потужність прийнятого радіолокаційного сигналу з урахуванням фактора поширення?
7. Як знаходяться максимуми напруженості поля на вході приймача радіолокатора відповідно до фактора поширення?
8. Як знаходяться мінімуми напруженості поля на вході приймача радіолокатора відповідно до фактора поширення?
9. Як представити рівняння радіолокації з урахуванням фактора поширення?
10. Що таке рефрактивність?
11. Що таке еквівалентний радіус Землі?
12. Що таке завмирання сигналу?
13. Які основні причини завмирання сигналів?

14. Які основні положення визначають порядок побудови профілю трас радіорелейних ліній зв'язку прямої видимості?

15. Які УКХ радіохвилі вільно поширюються в тропосфері та іоносфері?

16. Який діапазон радіохвиль використовується в системах космічного зв'язку?

1.5 Розповсюдження електромагнітних хвиль в іоносфері (12 годин)

Запитання для самоперевірки

1. Що таке експотенціальна залежність рефрактивності від висоти?
2. На яких кутах місця істотна тропосферна рефракція?
3. Що таке нормальна атмосферна рефракція?
4. За яких умов виникає суперрефракція?
5. За яких умов виникає каталізація або хвилеводне поширення радіохвиль?
6. Що таке поверхневий канал суперрефракції?
7. Що таке піднятий канал суперрефракції?
8. Який ефект каталізації є головним?
9. Яка причина розсіяного поширення радіохвиль в реальних середовищах?
10. Як визначається характеристика спрямованості розсіяного екраном поля?
11. Причини іоносферного розсіювання радіохвиль.
12. Причини розсіювання радіохвиль у тропосфері.
13. Як впливають метеорні сліди на розсіювання радіохвиль?

1.6 Вплив хвилеводних властивостей іоносфери на радіолокаційний сигнал (12 годин)

Запитання для самоперевірки

1. Як впливає рельєф місцевості на пряме поширення радіохвиль?
2. Чому плоска відбиваюча поверхня створює в кутньомісцевій площині пелюсткову структуру?
3. Який кут називається кутом Брюстера?
4. Розходження яких коефіцієнтів є причиною розходження діаграм спрямованості для хвиль вертикальної і горизонтальної поляризації?
5. Чому в радіолокаторах в основному використовуються радіохвилі з горизонтальною поляризацією?

6. Чому дорівнює коефіцієнт відбиття для хвилі з горизонтальною поляризацією від дзеркальної поверхні, такої, як море?
7. Яке вираження описує відносну діелектричну проникність іоносфери?
8. Яке вираження описує коефіцієнт заломлення іоносфери?
9. Яке вираження описує провідність іоносфери?
10. Яке вираження описує умова відбиття радіохвиль від іоносфери?
11. На яких частотах відбувається відбиття від іоносфери?
12. Що таке максимальна частота відбиття іоносфери?
13. Який діапазон радіохвиль завжди відбивається від іоносфери?

1.7 Вплив хвилеводних властивостей тропосфери на радіолокаційний сигнал (12 годин)

Запитання для самоперевірки

1. Як змінюється дальність виявлення радіолокатора з хвилеводним поширенням?
2. Як змінюється дальність виявлення радіолокатора при субрефракції?
3. Що таке радіолокаційна дірка?
4. Що таке атмосферний канал поширення радіолокаційного сигналу?
5. Яке вираження визначає максимальну довжину хвилі, яка може поширюватися в поверхневому каналі?
6. Які умови є причиною каталізації радіохвиль над Землею?
7. Яка причина каталізації над землею і морем?
8. Які параметри атмосфери змінюються тільки з висотою?
9. Чому неможливо точно спрогнозувати поведінку радіолокаційних сигналів при невідомих параметрах середовища?
10. Яке вираження описує коефіцієнт відбиття від морської поверхні?
11. За яких умов теоретичні дані про коефіцієнт відбиття не підтверджуються експериментом?
12. Що таке рефрактивність?
13. Які метеорологічні параметри враховуються при оцінці рефрактивності?
14. Які значення вимірюваних величин дає апроксимація $4/3$ радіуса Землі?
15. На яких висотах і в яких областях Землі індекс апроксимації радіуса Землі лежить між $6/5$ і $4/3$?

2 КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Завдання контрольної роботи складаються з 10-ти запитань з основних розділів курсу і 10-ти завдань у кожному з 10-ти варіантів. Практичні завдання також складаються в 10-тьох варіантах по 10 у кожному.

Критерії оцінки. Якщо студент відповів на всі теоретичні запитання і вирішив усі 10 задач, контрольна робота оцінюється «відмінно».

Якщо студент відповів на 8 теоретичних запитань і вирішив 8 задач, робота оцінюється «добре».

Якщо студент відповів на 6 теоретичних запитань і вирішив 6 задач, робота оцінюється «задовільно».

Отримавши за контрольну роботу позитивну оцінку («5», «4», «3»), студент допускається до складання іспиту.

Номер варіанта відповідає номерам задач у кожному з 10-ти завдань.

Варіант 1

1. Що таке явище дифракції?
2. З яких шарів складається іоносфера?
3. Що таке дифузійне відбиття?
4. Що таке рефрактивність?
5. Яка частина атмосфери є основною при відбитті радіохвиль?
6. Що таке завмирання сигналу?
7. Що таке експотенціальна залежність рефрактивності від висоти?
8. Що таке кут Брюстера?
9. Який ефект каталізації хвиль є головним?
10. Чому в радіолокаторах використовуються в основному радіохвилі з горизонтальною поляризацією?

Варіант 2

1. Які радіохвилі є гектометровими?
2. Від яких параметрів залежить максимальна дальність радіозв'язку?
3. Що таке явище атмосферної рефракції?
4. Що таке піднятий канал суперрефракції?
5. Чому відрізняються діаграми спрямованості для хвиль вертикальної і горизонтальної поляризації?
6. Що таке максимальна частота відбиття іоносфери?
7. Як змінюється дальність виявлення радіолокатора з хвилеводним поширенням?
8. На яких кутах істотна тропосферна рефракція?
9. Що таке еквівалентний радіус Землі?
10. Які радіохвилі є кілометровими?

Варіант 3

1. Чому в телебаченні використовуються дуже високі антени?
2. Що в реальних умовах впливає на поширення радіохвиль?
3. Яким виразом описується коефіцієнт відбиття від морської поверхні?
4. Що таке радіолокаційна дірка?
5. Що таке рефрактивність?
6. Чому дорівнює коефіцієнт відбиття для хвиль з горизонтальною поляризацією від дзеркальної поверхні?
7. Що таке поверхневий канал суперрефракції?
8. Як поширюються поверхневі радіочастотні хвилі?
9. У чому суть закону розсіювання Релея?
10. З яких шарів складається іоносфера?

Варіант 4

1. У чому суть принципу Гюйгенса-Френеля?
2. У чому суть дифракції Фраунгофера?
3. За яких умов виникає суперрефракція?
4. Як впливає рельєф місцевості на пряме поширення радіохвиль?
5. Як сформулювати закони відбиття радіохвиль на межі розділу повітря-земля?
6. Які радіочастоти включають земні хвилі УКХ діапазону?
7. Як змінюється дальність виявлення радіолокатора при субрефракції?
8. Чому плоска відбиваюча поверхня створює в кутньомісцевій площині пелюсткову структуру?
9. Що таке атмосферна рефракція?
10. Як поширюються іоносферні радіочастотні хвилі?

Варіант 5

1. Що впливає в реальних умовах на поширення радіохвиль?
2. Як поширюються поверхневі радіохвилі?
3. При яких умовах виникає каталізація або хвилеводне поширення радіохвиль?
4. Який вираз описує відносну діелектричну проникність іоносфери?
5. Що таке кут підвищення?
6. По яких основних шляхах поширюються земні радіохвилі?
7. Які основні причини завмирання сигналів?
8. Що таке атмосферний канал поширення сигналів?

9. Яка причина каталізації над Землею?
10. Як знаходяться максимуми напруженості поля на вході приймача радіолокатора відповідно до фактора поширення (множника Землі)?

Варіант 6

1. Як Земля впливає на поширення радіохвиль?
2. Як поширюються прямі радіохвилі?
3. Що таке коефіцієнт заломлення?
4. Що таке інтерференційний район поширення?
5. Яка причина розсіяного поширення радіохвиль в реальних середовищах?
6. Який вираз описує коефіцієнт заломлення іоносфери?
7. Як визначається максимальна довжина хвилі, яка ще може поширюватися в поверхневому каналі?
8. На яких частотах радіохвилі поширюються в основному наземним шляхом?
9. Що таке явище дифракції?
10. Як впливає тропосфера на поширення радіохвиль?

Варіант 7

1. Яка частина атмосфери в основному впливає на радіолокацію?
2. Які радіочастоти відбиваються від іоносферних шарів?
3. Що таке дзеркальне відбиття?
4. Що таке дифракційний район поширення?
5. Як визначається характеристика спрямованості розсіяного поля?
6. Який вираз описує провідність іоносфери?
7. При яких умовах виникає каталізація радіохвиль над Землею?
8. Який діапазон радіохвиль використовується в системах космічного зв'язку?
9. Що таке фактор поширення (множник Землі) радіохвиль?
10. Яка частина простору є основною при відбитті радіохвиль?

Варіант 8

1. Яка частина атмосфери найбільше впливає на радіозв'язок?
2. Що таке дальність прямої видимості?
3. З яких шарів складається атмосфера?
4. Як змінюється потужність прийнятого радіолокаційного сигналу з урахуванням фактора поширення (множника Землі)?
5. Які принципи розсіювання хвиль у тропосфері?
6. На яких частотах відбувається відбиття радіохвиль від іоносфери?

7. Які параметри атмосфери змінюються тільки з висотою?
8. Які значення по точності вимірюваних величин дає апроксимація $4/3$ радіуса Землі?
9. Причини іоносферного розсіювання радіохвиль.
10. Який кут називається кутом Брюстера?

Варіант 9

1. Від яких параметрів залежить максимальна дальність радіолокації?
2. Що означає математичне формулювання принципу Гюйгенса-Френеля?
3. Чому дорівнюють допустимі нерівності при дзеркальному відбитті?
4. Як знаходяться мінімуми напруженості поля на вході приймача радіолокатора відповідно до фактора поширення (множника Землі)?
5. Причини розсіювання радіохвиль у тропосфері.
6. На яких частотах відбувається відбиття хвиль від іоносфери?
7. Які метеорологічні параметри враховуються при оцінці рефрактивності?
8. Як змінюється дальність виявлення радіолокатора при надрефракції?
9. Який вираз описує провідність іоносфери?
10. З яких шарів складається іоносфера?

Варіант 10

1. Як допустимі нерівності зв'язані з кутом підвищення і довжиною хвилі?
2. Як змінюється потужність прийнятого радіолокаційного сигналу з урахуванням фактора поширення (множника Землі)?
3. Як впливають метеорні сліди на розсіювання радіохвиль?
4. Який діапазон радіохвиль завжди відбивається від іоносфери?
5. В яких областях Землі і на яких висотах індекс апроксимації радіуса Землі знаходиться між $6/5$ і $4/3$?
6. Чому неможливо точно спрогнозувати поведінку радіохвиль при невідомих параметрах середовища?
7. Які радіохвилі вільно поширюються в тропосфері й іоносфері?
8. Яка частина атмосфери найбільше впливає на радіолокацію?
9. Чому в телебаченні використовуються дуже високі антени?
10. У чому суть дифракції Френеля?

3 ВАРІАНТИ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ

Завдання 1

Визначити висоту допустимої нерівності на майданчику для радіолокаційної системи (РЛС) при розповсюдженні електромагнітної хвилі з частотою f і кутом піднесення θ . Вирішіть задачу при конкретних даних.

Таблиця 1 - Дані для завдання 1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f , МГц	50	100	150	200	300	500	1000	2000	3000	10000
θ , град.	10°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	60°	80°

Завдання 2

Визначити радіус майданчика для РЛС з висотою антени h і частотою випромінювання f .

Таблиця 2 – Дані для завдання 2

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f , МГц	100	200	300	500	1000	2500	3000	6000	9000	10000
h , м	2	4	6	8	10	12	3	5	9	3

Завдання 3

Електромагнітна хвиля горизонтальної поляризації відбивається від провідної Землі з кутом підвищення θ , відносна діелектрична проникність Землі E . Визначити комплексний коефіцієнт відбиття.

Завдання 4

Електромагнітна хвиля горизонтальної поляризації відбивається від діелектричного середовища з відносною діелектричною проникністю E і кутом підвищення θ . Визначити коефіцієнт відбиття R_r . Вирішити задачу при конкретних даних.

Таблиця 3 - Дані для завдання 4

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E, Φ	2,3	2,5	9	10	6,5	8	10	80	2,5	9
θ , град	10°	20°	25°	35°	50°	60°	15°	45°	30°	35°

Завдання 5

Розрахувати величини максимумів множника Землі для горизонтальної поляризації і їх напрям за умови, що Земля – ідеальний провідник, висота антени h_A , довжина хвилі випромінювання λ . Вирішити задачу при конкретних даних.

Таблиця 4 - Дані для завдання 5

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h , м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_A , м	1	3	10	6	8	9	12	15	30	20
λ , м	1	3	2	0,1	0,2	0,3	5	0,03	10	0,05

Завдання 6

Розрахувати напрями шумів множника Землі за умови, що Земля – напівпровідник, висота антени h_A , частота випромінювання f . Вирішити задачу при конкретних даних.

Таблиця 5 – Дані для завдання 6

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h , м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_A , м	1	3	10	6	8	9	12	15	30	20
f , МГц	300	100	150	200	500	900	1200	2000	3000	9000

Завдання 7

Розрахувати напрям максимумів множника Землі, якщо електромагнітна хвиля вертикальної поляризації відбивається від ідеально провідної Землі. Висота антени h_A , частота випромінювання f . Вирішити задачу при конкретних даних.

Таблиця 6 – Дані для завдання 7

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h , м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_A , м	1	10	6	3	5	9	8	12	15	30
f , МГц	300	100	150	200	500	900	1200	2000	3000	9000

Завдання 8

Розрахувати напрям мінімумів множника Землі, використовуючи дані таблиці 6.

Завдання 9

Розрахувати проміжні напрями θ_{np} множника Землі, якщо електромагнітна хвиля горизонтальної поляризації відбивається від Землі – діелектрика. Висота антени h_A , частота випромінювання f . Вирішити задачу при конкретних даних, використовуючи дані таблиці 4.

Завдання 10

Розрахувати кут повного заломлення (кут Брюстера) електромагнітної хвилі з вертикальною поляризацією, яка падає на Землю – діелектрик з відносною діелектричною проникністю ϵ . Вирішити задачу при конкретних даних.

Таблиця 7 – Дані для завдання 10

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ϵ , Ф	2	2,3	2,5	9	30	6	10	20	25	40