

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи студентів
та виконання контрольної роботи
з дисципліни “Фізика атмосфери”
для студентів III курсу
заочної форми навчання

Напрямок підготовки – *“Гідрометеорологія”*

“Затверджено”

на засіданні робочої групи методичної ради
“Заочна та післядипломна освіта”

“Узгоджено”

Декан заочного факультету
_____ Волошина О. В.

“Затверджено”

на засіданні кафедри
“Фізики атмосфери та кліматології”
протокол № _____ від _____ 2014 р.
Зав. кафедрою _____ С.М.Степаненко

Одеса 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи студентів
та виконання контрольної роботи
з дисципліни “Фізика атмосфери”
для студентів III курсу
заочної форми навчання

Напрямок підготовки – *“Гідрометеорологія”*

Одеса 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи студентів
та виконання контрольної роботи
з дисципліни “Фізика атмосфери”
для студентів III курсу
заочної форми навчання

Напрямок підготовки – *“Гідрометеорологія”*

Затверджено
На засіданні робочої
групи методичної ради
“Заочна та післядипломна освіта”

Одеса 2014

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з дисципліни "Фізика атмосфери" для студентів III курсу заочної форми навчання за напрямом "Гідрометеорологія", /Укладачі: к.г.н., доц. Волошина О.В., к.г.н., доц. Борисова С.В. – Одеса, ОДЕКУ, 2014. – 26 с.

ЗМІСТ

I	Загальна частина	5
II	Організація самостійної роботи студентів	7
2.1	Рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу	7
2.1.1	Склад та будова атмосфери	7
2.1.2	Метеорологічні величини	7
2.1.3	Рівняння стану атмосферного повітря	7
2.1.4	Основи статички атмосфери	9
2.1.5	Основи термодинаміки атмосфери	11
2.1.6	Промениста енергія в атмосфері	13
2.2	Рекомендації по виконанню контрольної роботи	15
III	Організація контролю знань та вмінь студентів	21

I. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Фізика атмосфери – це фундаментальна природничо-наукова дисципліна для напрямку підготовки “гідрометеорологія”. В ній вивчаються фізичні закономірності атмосферних процесів во взаємодії з процесами, які протікають на поверхні нашої планети. Фізика атмосфери базується на таких дисциплінах, як фізика, геофізика, загальна та колоїдна хімія, вища математика, астрономія. В свою чергу вона є підґрунтям при вивченні спеціальних дисциплін: динамічної та синоптичної метеорології, кліматології, методів зондування навколишнього середовища, фізики хмар, тощо. Фізика атмосфери розділяється на ряд самостійних розділів, таких як статика атмосфери, термодинаміка атмосфери, промениста енергія в атмосфері, тепловий стан атмосфери і підстильної поверхні, вода в атмосфері, динаміка атмосфери, атмосферна оптика, атмосферна електрика, тощо.

Вивчення дисципліни для студентів заочної (дистанційної) форми навчання складається з двох видів навчальних занять (установчі лекції на початку вивчення та лекційні і практичні заняття – на приканці) та самостійної роботи студента по засвоєнню теоретичного курсу і виконанню контрольної роботи та курсової роботи або реферату.

Контроль самостійної роботи студента заочної (дистанційної) форми навчання здійснюється шляхом перевірки контрольної роботи, яка надсилається студентом у встановлені строки викладачу в електронному вигляді, перевірки та захисту курсової роботи, опитів та розв’язання задач на практичних заняттях та на заходах підсумкового контролю, передбачені навчальним планом. Поточний та підсумковий контроль побудовано за кредитно-модульною системою організації навчання.

Загальна кількість змістовних модулів (ЗМ) з дисципліни «Фізика атмосфери» для студентів III курсу заочної форми навчання складає: теоретичних модулів – 2 (ЗМ–Л); практичних модулів (ЗМ–П) – 2.

Згідно з діючою програмою і розподілом навчального часу, студенти третього курсу заочної форми навчання вивчають розділи, які перелічені нижче і для самостійного вивчення яких розроблені дані методичні вказівки.

Для самостійного вивчення дисципліни рекомендовано користуватися навчальною літературою та методичними вказівками, які є в бібліотеці університету та на кафедрі фізики атмосфери та кліматології в електронному вигляді.

Основна література

1. Школьнік С.П. «Фізика атмосфери» – Київ – КНТ, 2007. – 506 с.
2. Волошина Ж.В., Волошина О.В. «Фізика атмосфери (задачі і вправи)» – Київ – КНТ, 2007. – 252 с.

3. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 751с.
4. Борисова С.В. Озон в атмосфере – Київ-Ізмаїл: СМІЛ, 2001. – 130 с.
5. Борисова С.В. Конспект з фізики атмосфери. Одеса: «ТЄС», 2007. – 100с.
6. Задачник по общей метеорологии. Под ред. В.Г.Морачевского. – Л.; Гидрометеиздат, 1984. – 312с.
7. Психрометрические таблицы. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 270с.
8. Атлас облаков. Под ред. А.Х.Хргиана, Н.Н. Новожилова. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 201с.

Додаткова література

1. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – С-П.: Гидрометеиздат, 2000. – 777с.
2. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – том 1 – 240с., том 2 – 319с.
3. . Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 3, часть 1. Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 300с.
4. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів по вивченню дисципліни «Фізика атмосфери» – Одеса, 2008. – 57с.
5. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів III курсу денної та заочної форми навчання над курсовою роботою з дисципліни "Фізика атмосфери" за напрямком «Гідрометеорологія» /доц. Волошина О.В., доц.. Волошин В.Г. – Одеса, ОДЕКУ, 2011. – 32с.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати** про загальні властивості атмосферних процесів, склад та будову атмосфери, всі метеорологічні величини, які описують фізичний стан атмосфери. Спираючись на знання отримані в курсі “Фізика”, необхідно навчитися використовувати відомі фізичні закони стосовно атмосфери: рівняння стану, рівняння статички, рівняння руху, принципи термодинаміки, закони випромінювання.

Методичні вказівки мають мету допомогти студентам засвоїти матеріал, звернути увагу на вузлові питання, закріпити знання, отримані при роботі з підручником, придбати необхідні практичні навички по рішення задач: **вміти** розраховувати густину сухого та вологого повітря, приводити атмосферний тиск до рівня моря, оцінювати термічну стійкість атмосферного повітря різними засобами, вміти визначати форму, види та різновиди хмар за морфологічною класифікацією, використовуючи Атлас хмар; розраховувати потоки променистої енергії та радіаційний баланс підстильної поверхні; розраховувати потоки теплової енергії в атмосфері та ґрунті.

II. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

2.1 Рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу

Рекомендовано наступний порядок вивчення матеріалу.

По-перше, необхідно ознайомитися з програмою, яка окреслює коло питань, що необхідно вивчити. Опісля треба звернутися до рекомендованих підручників і навчальних посібників.

При роботі з підручником необхідно скласти конспект, дати відповіді на питання для самоперевірки. Після цього можна приступити до виконання контрольної роботи. Зразки розв'язання всіх типових задач розміщені у кожному розділі.

2.1.1 Склад та будова атмосфери

Вивчення дисципліни “Фізика атмосфери” необхідно починати зі знайомства зі складом та будовою атмосфери [1. стр. 7-39]. Необхідно обов'язково засвоїти основні зведення та положення.

2.1.2 Метеорологічні величини

Метеорологічні величини – кількісні характеристики фізичного стану атмосфери. До основних метеорологічних величин відносяться атмосферний тиск, температура і вологість повітря, вітер, хмарність, видимість і ін. Студент повинен засвоїти всі перелічені нижче поняття, знати розмірності всіх метеорологічних величин у міжнародній системі одиниць (СІ), навчитися розв'язувати задачі, грамотно використовувати розмірності. [1, стр. 47-51; 2, стр.30-34].

2.1.3 Рівняння стану атмосферного повітря

Рівняння стану сухого повітря – це форма рівняння ідеального газу, пристосована до сухого повітря [1, стр.40-46; 2,стр.43-49].

Рівняння стану ідеального газу вивчалось в дисципліні “Фізика”. Воно має вигляд

$$PV = R^*T. \quad (2.1)$$

де V – питомий об'єм ($V = 1/\rho$),

R^* – універсальна газова стала

ρ – густина повітря.

Рівняння стану сухого повітря зберігає сенс і форму рівняння для ідеального газу, але в нього входить нова стала – питома газова стала сухого повітря $R_C = 287,05$ Дж/(кг·К)

$$PV = R_C T. \quad (2.2)$$

Використовуючи густину ρ_C , можна записати рівняння стану сухого повітря у вигляді

$$P = \rho_C R_C T. \quad (2.3)$$

Рівняння стану вологого повітря. Вологе повітря – це механічна суміш сухого повітря і водяної пари. До температури 40°C фізичні властивості водяної пари мало відрізняються від властивостей ідеального газу.

$$PV = R_C T (1 + 0,608S). \quad (2.4)$$

Множник $(1 + 0,608S)$ відносять до температури і вводять теоретичну *віртуальну температуру*

$$T_B = T (1 + 0,608S), \quad \text{або} \quad T_B = T (1 + 0,378 e/P). \quad (2.5)$$

Віртуальна температура вологого повітря завжди більша за молекулярну температуру при однакових атмосферному тиску і температурі. Рівняння стану вологого повітря можна записати у вигляді

$$PV = R_C T_B. \quad (2.6)$$

Рівняння стану дозволяє розрахувати густину повітря. Для того, щоб сухе повітря мало таку ж густину, як вологе за однакових умов, його температура повинна дорівнювати віртуальній. Використання віртуальної температури дозволяє значно спростувати розв'язання багатьох задач фізики атмосфери, де необхідно враховувати вологість повітря.

Приклади розв'язання задач

Задача 1. Температура повітря $t_C = -3,1^\circ\text{C}$, показання змоченого термометру аспіраційного психрометра $t_{3M} = -5,5^\circ\text{C}$. Атмосферний тиск $P=1000,0$ гПа. Визначити за допомогою психрометричних таблиць парціальний тиск водяної пари – e , відносну вологість – f , дефіцит насичення – d ; розрахувати абсолютну вологість – a і масову частку водяної пари – S .

Розв'язання. За психрометричними таблицями, визначимо парціальний тиск водяної пари без врахування аспірації:

$$e_1 = 2,16 \text{ гПа.}$$

Визначимо виправлення до e_1 для аспіраційного психрометра при $P=1000,0$ гПа і $\Delta t = t_C - t_{3M} = 2,4^\circ\text{C}$. Виправлення

$$\Delta e = 0,33 \text{ гПа.}$$

Виправлена величина парціального тиску $e = 2,16 + 0,33 = 2,49$ гПа.

Використовуємо табл.2 Психрометричних таблиць, за значеннями $t = -3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $e = 2,49\text{ гПа}$ знаходимо:

$$f = 51\%, \quad d = 2,37\text{ гПа.}$$

Величини a і S розраховуємо за формулами:

$$a = 0,8e/(1 + \alpha t); \quad S = 0,622 e/(P - e).$$

Остаточо: $a = 0,8 \cdot 2,49 / (1 - 0,004 \cdot 3,1) = 2,01\text{ г/м}^3$.

$$S = 0,622 \cdot 2,49 / (1000,0 - 2,49) = 1,55\text{ г/кг}$$

Задача 2. Визначить густину вологого повітря при атмосферному тиску $P = 1000,0\text{ гПа}$, температурі повітря $t_C = 30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і температурі змоченого термометра станційного психрометру $t_{3M} = 28,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Порівняйте її з густиною сухого повітря за тих самих умов.

Розв'язання. Використовуємо психрометричні таблиці і знаходимо парціальний тиск водяної пари: $e = 36,2\text{ гПа}$.

З рівняння стану вологого повітря $P = \rho_B T_B R$, густина вологого повітря

$$\rho_B = 1000,0 \cdot 10^2 / [287,05 \cdot 303,15 \cdot (1 + 0,378 \cdot 36,2 / 1000,0)] = 1,135\text{ кг/м}^3$$

Густина сухого повітря за тих же умов:

$$\rho_C = 1000,0 \cdot 10^2 / (287,05 \cdot 303,15) = 1,149\text{ кг/м}^3.$$

Відповідь: Густина вологого повітря менш густини сухого повітря.

Завдання і питання для самоперевірки

1. Атмосферний тиск 1000 гПа. Переведить цю величину у мм рт ст.
2. Дайте визначення усіх характеристик вологості повітря.
3. Який газовий склад повітря біля поверхні землі?
4. Який газовий склад повітря на висотах більших за 100 км.
5. Запишіть рівняння стану сухого повітря.
6. Запишіть рівняння стану вологого повітря.
7. Поясніть сенс віртуальної температури
8. Які основні властивості тропосфери.
9. Які основні властивості стратосфери.
10. Які основні властивості мезосфери та термосфери.

2.1.4 Основи статички атмосфери

Для вивчення цього розділу використайте відповідні розділи з рекомендованих підручників [1, стр 72-87; 2, стр.74-88].

Приклади розв'язання задач

Задача 1. Визначити атмосферний тиск в ізотермічній атмосфері на висоті 8000 м. Атмосферний тиск біля поверхні землі $P_0 = 1013,2$ гПа, температура $t = 0,0$ °С.

Розв'язання. Використовуємо барометричну формулу ізотермічної атмосфери, з якої

$$\Delta z = R_C T [\ln (P_0/P_Z)]/g.$$

З формули Лапласа

$$\Delta z = 18400 (1 + \alpha t) \cdot \lg(P_0/P_Z).$$

$$\lg (1013,2 / P_Z) = 8000/18400 = 0,4348,$$

$$1013,2/P_Z = 2,72; \quad P_Z = 372,5 \text{ гПа}.$$

Відповідь: $P_Z = 372,5$ гПа

Задача 2. На екваторі на двох метеорологічних станціях, що знаходяться на різних висотах, в один і той же термін спостережень виміряно:

Висота	t °С	P гПа	f %
Z ₁	22,0	973,5	56
Z ₂	16,9	931,4	50

Визначити перевищення висот $\Delta Z = Z_2 - Z_1$, з помилкою не перевищуватиме за 3%.

Розв'язання. Використаємо повну барометричну формулу Лапласа без урахування залежності сили тяжіння від висоти. В умовах тропосфери помилка розрахунку висоти не 3 %.

$$Z_2 - Z_1 = 18400 (1 + \alpha t) (1 + 0,378 e/P) (1 + a_1 \cos 2\varphi) \lg (P_1/P_2)$$

$$t = (t_1 + t_2)/2; \quad t = (22,0 + 16,9)/2 = 19,4 \text{ °С.}$$

$$e = f \cdot E/100; \quad e_1 = 56 \cdot 26,4/100 = 14,8 \text{ гПа}, \quad e_2 = 50 \cdot 19,3/100 = 9,7 \text{ гПа.}$$

Середній парціальний тиск водяної пари $e = 12,25$ гПа, середній атмосферний тиск $P = 952,4$ гПа; $e/P = 0,0128$; $\alpha = 0,004$, $a_1 = 0,00264$. Величини тиску насичення водяної пари знаходимо в психрометричних таблицях за температурами.

$$Z_2 - Z_1 = 18400 (1 + 0,004 \cdot 19,4) (1 + 0,378 \cdot 0,0128) \cdot (1 + 0,00264) \lg (973,5/931,4) = 397,8 \text{ м}$$

Завдання і питання для самоперевірки

1. Як змінюється атмосферний тиск за висотою?
2. Де швидче знижується тиск: при під'йомі на 1 км від землі чи при під'йомі від 2 до 3 км ?

3. Як змінюється атмосферний тиск за висотою в однорідній атмосфері і чому дорівнює її висота ?
4. Як змінюється атмосферний тиск за висотою в ізотермічній атмосфері і чому дорівнює її висота ?
5. Як змінюється атмосферний тиск за висотою в політропній атмосфері і чому дорівнює її висота ?
6. Які величини входять в повну барометричну формулу ?
7. Як можна спростити барометричну формулу Лапласа ?
8. Як змінюється з висотою густина повітря в ізотермічній атмосфері ?
9. За яким законом змінюється з висотою густина повітря в політропній атмосфері ?

2.1.5 Основи термодинаміки атмосфери

Основні положення цього розділу треба вивчити за підручниками [1, стр. 135-173, 2, стр. 94-117].

Приклади розв'язання задач

Задача 1. Якої температури набуває об'єм повітря, який на початковому рівні мав температуру $17,0^{\circ}\text{C}$, якщо він піднімався з рівня $900,0$ гПа до рівня $800,0$ гПа?

Розв'язання. Необхідно використати рівняння Пуасона.

$$T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{0,286}; \quad T_2/290 = (800/900)^{0,286}.$$

Відповідь: $T_2 = 285,9$ К

Задача 2. Визначити температуру, яку буде мати частинка повітря з ненасиченою парою при температурі $2,7^{\circ}\text{C}$, якщо тиск адіабатично зменшиться від $970,0$ гПа до $822,0$ гПа.

Розв'язання. Ненасичена частка поводить себе як суха, і можна використати рівняння Пуасона або скористатися аерологічною діаграмою. Для цього треба на АД знайти точку з координатами $t_1 = 2,7^{\circ}\text{C}$ і $P_1 = 970,0$ гПа. Від цієї точки необхідно провести угору суху адіабату до рівня P_2 . Абсциса точки з ординатою $P_2 = 822,0$ гПа є температурою повітря на цьому рівні. Відповідь: $t_2 = -10,0^{\circ}\text{C}$.

Задача 3. Визначити потенціальну температуру повітря, молекулярна температура якого $6,0^{\circ}\text{C}$; атмосферний тиск 820 гПа.

Розв'язання. Потенціальну температуру можна розрахувати за формулою або визначити по АД. Використаємо АД. Знайдемо на АД точку з координатами $t = 6,0^{\circ}\text{C}$ і $P = 820$ гПа. Від цієї точки перемістимося вздовж сухої адіабати до рівня $P_2 = 1000$ гПа. Абсциса цієї точки і буде потенціальною температурою θ . Відповідь: $\theta = 295,3$ К.

Задача 4. При зондуванні атмосфери отримано:

P гПа	1000	890	800	710	600	560
t °С	15,1	2,0	-6,0	-13,0	-20,7	-20,7

Визначить по АД тиск на рівні конвекції (на рівні вирівнювання температур) і висоту цього рівня для одиничного об'єму сухого повітря, який почав свій підйом:

а) без перегріву відносно оточуючого повітря; б) з перегрівом на початковому рівні на 5 °С.

Розв'язання. а) Наносимо на АД за координатами (P , t) криву розподілу температури з висотою – криву температурної стратифікації. Від точки з координатами $P = 1000$ гПа і $t = 15,1$ °С проводимо суху адиабату до перетинання з кривою температурної стратифікації. Рівень, де відбулося перетинання – це рівень вирівнювання температур. Цей рівень приймається за рівень розвитку конвекції. Відповідь: 2980 м.

б) У поверхні землі об'єм перегріт, тому суху адиабату, яка є кривою стану частки, починаємо з точки, координати якої $t = 15,1 + 5 = 20,1$ °С і $P = 1000$ гПа. Проводимо її до перетинання з побудованою кривою температурної стратифікації. Рівень перетинання – це рівень розвитку конвекції. Відповідь: 4010 м.

Задача 5. Визначити стан термічної стійкості шарів атмосфери по відношенню до вертикального переміщення сухого повітря і повітря з насиченою парою, прийняв умовно, що вологоадіабатичний градієнт дорівнює 0,6 °/100 м.

H м	000	500	1000	1500	2000
t °С	24,5	18,7	15,9	16,3	13,7

Розв'язання. Розрахуємо для кожного шару вертикальний температурний градієнт і будемо порівнювати його із сухоадіабатичним і вологоадіабатичним градієнтами.

Шар 500-000 м: $\gamma = (24,5 - 18,7) \text{ } ^\circ\text{C} / 500 \text{ м} = 1,14 \text{ } ^\circ / 100 \text{ м}$:

$\gamma > \gamma_a = 1 \text{ } ^\circ\text{C} / 100 \text{ м}$ – сухонестійка стратифікація

$\gamma > \gamma_B = 0,6 \text{ } ^\circ\text{C} / 100 \text{ м}$ – вологонестійка стратифікація

Шар 1000-500 м: $\gamma = (18,7 - 15,9) \text{ } ^\circ\text{C} / 500 \text{ м} = 0,56 \text{ } ^\circ\text{C} / 100 \text{ м}$:

$\gamma < \gamma_a = 1 \text{ } ^\circ / 100 \text{ м}$ – сухостійка стратифікація

$\gamma < \gamma_B = 0,6 \text{ } ^\circ / 100 \text{ м}$ – вологостійка стратифікація

Запитання для самоперевірки

1. Які характеристики пов'язані у рівнянні Пуассона?
2. Як змінюється потенціальна температура повітря з ненасиченою водяною парою, яке адіабатично опускається?
3. Як змінюється масова частка водяної пари в повітрі з насиченою водяною парою при адіабатичному підйомі?
4. Що характеризує крива температурної стратифікації?
5. Чому вологоадіабатичний градієнт менший за сухий?
6. Як стратифікован шар атмосфери, в якому вертикальний градієнт температури менший за вологоадіабатичний?
7. Які існують типи температурної стратифікації?
8. Чи буде змінюватися масова частка водяної пари при підйомі повітря до рівня конденсації?
9. Який об'єм повітря нагріється більше при адіабатичному опусканні: вологий з насиченою парою чи сухий?
10. Яка зміна псевдопотенціальної температури з висотою спостерігається при вологоадіабатичному процесі?
11. Як використовують аерологічну діаграму для визначення типу температурної стратифікації?

2.1.6 Промениста енергія в атмосфері

Для вивчення основних положень розділу використайте відповідні розділи підручників [1, стр 191–236, 258–283, 332–333, 342–362]. Вивчення починайте з кількісних характеристик променевої енергії.

Приклади розв'язання задач

Задача 1. При висоті Сонця $h = 30^\circ$ потік прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню $I = 0,90 \text{ кВт/м}^2$, потік розсіяної радіації $i = 0,08 \text{ кВт/м}^2$, температура повітря $t = 15,5^\circ\text{C}$, температура ґрунту $t_{\text{Г}} = 21,1^\circ\text{C}$, парціальний тиск водяної пари $e = 9,0 \text{ гПа}$. Альбеда $A = 0,2$, відносна випромінююча здатність поверхні $\delta = 0,98$. Визначити коефіцієнт прозорості p , сумарну радіацію Q , відбиту радіацію R_K , поглинену радіацію (B_K), ефективне випромінювання E_0 , радіаційний баланс B_0 .

Розв'язання.

$$p = (I/I_0)^{0,5}; p = (0,90/1,37)^{0,5} = 0,81;$$

$$Q = I' + i; I' = I \sin h; Q = 0,90 \cdot 0,5 + 0,08 = 0,53 \text{ кВт/м}^2;$$

$$R_K = Q A; R_K = 0,53 \cdot 0,20 = 0,11 \text{ кВт/м}^2;$$

$$B_K = Q (1 - A); B_K = 0,53 \cdot 0,8 = 0,424 \text{ кВт/м}^2;$$

$$E_0 = E_3 - E_A; E_3 = \delta \sigma (T_3)^4;$$

$E_A = \sigma (T_A)^4 (0,61 + 0,05 e^{0,5})$ – полумпірична формула Брента для розрахунку атмосферного випромінювання при ясному небі [3].

$$E_3 = 0,98 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} (2,94)^4 \cdot 10^8 = 0,42 \text{ кВт/м}^2;$$

$$E_A = 5,67 \cdot 10^{-8} (2,885)^4 \cdot 10^8 (0,61 + 0,05 \cdot 9^{0,5}) = 0,30 \text{ кВт/м}^2;$$

$$E_0 = 0,42 - 0,30 = 0,12 \text{ кВт/м}^2$$

$$B_0 = Q (1 - A) - E_0; \quad B_0 = 0,42 - 0,12 = 0,30 \text{ кВт/м}^2.$$

Питання для самоперевірки

1. Яка температура випромінювання фотосфери Сонця?
2. Що таке сонячна стала і чому вона дорівнює?
3. Поясніть фізичний сенс закону Буге, оптичної маси і оптичної товщини атмосфери.
4. Що таке коефіцієнт прозорості атмосфери?
5. Які основні висновки теорії молекулярного розсіювання?
6. Поясніть характер розсіювання на крупних частинках.
7. Які атмосферні гази поглинають сонячну радіацію?
8. Який спектральний склад сонячної радіації на верхній межі атмосфери?
9. Яка короткохвильова радіація проходить крізь атмосферу?
10. Які довгохвильові променеві потоки проходять крізь атмосферу?
11. Що таке повний радіаційний баланс земної поверхні?
12. Які фактори впливають на радіаційний баланс земної поверхні?
13. Якою функцією описується добовий та річний хід радіаційного балансу?

2.2 Рекомендації по виконанню контрольної роботи

Загальні поради по виконанню контрольної роботи.

Уважно розгляньте методичні вказівки. Зміст окремих розділів викладен згідно з програмою лекційного курсу. Методичні вказівки допоможуть Вам зорієнтуватися в теоретичному матеріалі курсу, засвоїти основні положення, розв'язати задачі при виконанні завдань. Запитання для самоперевірки і приклади розв'язання задач наведені в кінці кожного розділу.

Після ретельного вивчення відповідних розділів підручника і рекомендованої літератури студент виконує контрольну роботу, яка включає чотири завдання. Важливою умовою успішного виконання контрольної роботи є уважне вивчення завдань. Контрольна робота складається з чотирьох завдань: двох теоретичних і двох практичних, згідно кількості змістовних модулів. Номер варіанта контрольної роботи (КР) відповідає останній цифрі номеру залікової книжки.

Контрольна робота повинна бути написана розбірливим чітким почерком, без виправлень та скорочень або набрана у редакторі Word (кегель 12; відстані між рядками – один інтервал; поля сторінок: 25мм), сторінки нумеруються. Формули набираються в редакторі формул і мають такі параметри: Full =12, Subscript/Superscript =10, Sub-Subscript/Superscript =8, Symbol =12, Sub-Symbol =10, з м і н н і набираються курсивом, шрифтом Times New Roman. Для зауважень викладача мають залишатися поля.

Відповіді на теоретичні питання повинні бути повними і обґрунтованими. Обов'язкове посилання на використані літературні та інші джерела, перелік яких надається у кінці роботи. У список використаної літератури вносяться праці, з яких запозичуються цитати, думки, довідкові дані, на які робиться посилання. Джерела в списку літератури потрібно розташовувати згідно порядку посилань в тексті. Посилання в тексті на джерела потрібно розташовувати у квадратних дужках, порядковий номер згідно з списком літератури.

При рішенні задач необхідно користуватися задачками, довідниками і прикладами розв'язання задач, які наведені в даних методичних вказівках. Необхідно пояснювати хід розв'язання, правильно використовувати розмірність параметрів, де це потрібно, проводити порівняння результатів, отриманих для різних умов, щоб був зрозумілим їх фізичний зміст.

При виникненні необхідності проконсультуватися з викладачем студент може

- зустрітися з викладачем на кафедрі фізики атмосфери і кліматології за адресою вул. Львівська 15, ком. 301;
- надіслати лист за електронною адресою на кафедру geophys@ogmi.farlep.odessa.ua або на електронну пошту викладачу.

При перевірці самостійної роботи в міжсесійний період використовуються елементи дистанційної форми контролю, тобто у таблиці 1 наведені терміни контролю вивчення дисципліни за блоками змістовних модулів:

Таблиця 1 – Терміни перевірки контрольної роботи в міжсесійний період.

Змістовний модуль	Блок	Строк контролю
1. Склад, будова, основні статичні та термодинамічні параметри атмосфери.	1. Розрахунки температури за різними шкалами, характеристик вологості та виправлень до відліку барометру. Завдання: 1.1, 2.1	1-5 жовтня
	2. Розрахунки густини повітря і віртуальної температури. Розрахунки зміни тиску за барометричними формулами, баричного ступеня та вертикального градієнта тиску Завдання: 1.2, 2.2 Завдання:	1-5 листопада
	3. Визначення термодинамічних параметрів атмосферного повітря за аерологічною діаграмою. Визначення типу температурної стратифікації повітря за методом частинки. Завдання: 1.3, 2.3	1-5 грудня
2. Промениста енергія в атмосфері.	4. Розрахунки припливу сонячної радіації до підстильної поверхні в ідеальній та каламутній атмосфері. Визначення коефіцієнту прозорості і фактору каламутності. Завдання: 3.1, 4.1	1-5 лютого
	6. Побудова та аналіз графіків добового та річного ходу променистих потоків в атмосфері Завдання: 3.2, 4.2	1-5 березня
	7. Розрахунки радіаційного балансу. Завдання: Визначення добових та річних сум. Побудова та аналіз графіків добового та річного ходу радіаційного балансу. Завдання: 3.3, 4.3	1-5 квітня

Завдання I

№
варіанта

- 0 1.1. Чому основні гази атмосфери можна розглядати як ідеальні гази?
1.2. Які висновки можна зробити, аналізуючи основне рівняння статистики?
1.3. Рівняння першого принципу термодинаміки.
- 1 1.1. Які шкали виміру температури використовуються в метеорології?
1.2. Як враховується вологість повітря в барометричних формулах?
1.3. Який процес відбувається без обміну теплом з оточуючим середовищем?
- 2 1.1. Які одиниці вимірювання атмосферного тиску?
1.2. Що таке “однорідна” атмосфера, як змінюються в ній з висотою атмосферний тиск і температура?
1.3. Що таке “температурна стратифікація” і які існують типи температурної стратифікації сухого повітря?
- 3 1.1. За яким принципом атмосфера поділяється на шари?
1.2. Що таке “ізотермічна” атмосфера і як в ній змінюються з висотою атмосферний тиск і температура?
1.3. Що таке вологоадіабатичний процес?
- 4 1.1. Яку роль відіграє в атмосфері озон?
1.2. Що таке “політропна” атмосфера і як змінюються в ній з висотою атмосферний тиск і температура?
1.3. Яка основна властивість потенціальної температури?
- 5 1.1. Як визначаються характеристики вологості повітря?
1.2. Що таке “вертикальний баричний градієнт” і “вертикальний баричний ступінь”?
1.3. Що таке енергія нестійкості? При якій енергії нестійкості існують умови для розвитку конвекції?
- 6 1.1. Як розрізняється дефіцит насичення над льодом і над водою при одній і тій же негативній температурі?
1.2. В якій атмосфері швидше змінюється з висотою тиск: в теплій чи в холодній?
1.3. Що таке псевдоадіабатичний процес?
- 7 1.1. У яких межах змінюється відносна вологість. Поясніть фізичний стан атмосфери при цих значеннях.
1.2. Яке рівняння описує вертикальний розподіл тиску в реальній атмосфері?
1.3. Що таке вологоадіабатичний градієнт і чим він відрізняється від сухоадіабатичного?

- 8 1.1. Який газовий склад повітря біля поверхні землі.
 1.2. Які практичні задачі вирішують за допомогою барометричних формул?
 1.3. Рівняння сухої адіабати (рівняння Пуасона).
- 9 1.1. Як і чому зміниться відносна вологість, якщо при тій же температурі парціальний тиск водяної пари збільшиться (зменшиться)?
 1.2. В яких одиницях вимірюються вертикальний і горизонтальний градієнти тиску в атмосфері?
 1.3. Як записується рівняння першого принципу термодинаміки для вологоадіабатичного процесу?

Завдання II

2.1 По показниках сухого t $^{\circ}\text{C}$ і змоченого $t_{\text{зм}}$, $^{\circ}\text{C}$ термометрів станційного психрометра, атмосферному тиску P , гПа на станції знайти точку роси, парціальний тиск водяної пари, відносну вологість і дефіцит насичення за допомогою психометричних таблиць. Розрахувати абсолютну вологість, масову частку водяної пари і масове відношення водяної пари. Поясніть їх фізичну суть. Висловити температуру сухого термометра за термодинамічною шкалою Кельвина та шкалою Фаренгейта.

2.2 Визначить густину сухого і вологого повітря, віртуальну температуру за даними температури t $^{\circ}\text{C}$; атмосферного тиску P гПа; відносної вологості $f\%$. Порівняйте густину сухого і вологого повітря і поясніть як і чому вони відрізняються. Поясніть фізичний сенс введення віртуальної температури. Поясніть, як впливає вологість повітря на величину віртуального додатку, використовуючи власні приклади для відносно сухого, дуже сухого, дуже теплого і дуже холодного повітря.

2.3 На станції, яка знаходиться на висоті H , м, атмосферний тиск P , гПа, температура t $^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $f\%$. На рівні станції розрахуйте віртуальну температуру, вертикальний градієнт тиску, баричний ступінь. Приведіть атмосферний тиск до рівня моря за допомогою барометричної формули політропної атмосфери. Проаналізуйте отримані результати.

Таблиця 2 – Варіанти вихідних даних

№ варіанта	t $^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{зм}}$ $^{\circ}\text{C}$	P , гПа	H м
0	4,8	0,6	963	250
1	2,5	1,8	1000	80
2	34,2	26,5	1030	25
3	-30,0	-38,2	500	5100
4	21,4	11,9	1005	80
5	-3,8	-6,7	700	2980
6	11,4	6,8	1012	150

7	32,4	22,5	1025	110
8	-15,5	-19,6	850	1250
9	0,8	-6,1	930	360

Завдання III

№
варіанта

- 0 3.1. Що таке пряма, розсіяна та сумарна сонячна радіація?
3.2. Які якості повинна мати ідеальна атмосфера?
3.3. Який знак мають довгохвильовий баланс підстильної поверхні та її ефективне випромінювання влітку вдень?
- 1 3.1. Які тела називають сірими і яким коефіцієнтом враховується сірість діяльного шару?
3.2. Що таке “сонячна стала”?
3.3. На якій широті 22 грудня спостерігаються найбільші теоретичні суми припливу сонячної радіації ?
- 2 3.1. Що таке поглинена короткохвильова сонячна радіація?
3.2. Від чого залежить приплив сонячної радіації на верхню границю атмосфери?
3.3. Якою аналітичною функцією описують добовий хід повного радіаційного балансу підстильної (земної) поверхні?
- 3 3.1. Які природні поверхні і чому мають найбільші і найменші альbedo?
3.2. Який добовий хід прямої, розсіяної та сумарної радіації?
3.3 В які моменти доби повний радіаційний баланс підстильної поверхні дорівнює нулю?
- 4 3.1. Які властивості має монохроматичний потік сонячної радіації?
3.2. Що таке інтегральний коефіцієнт прозорості і як він змінюється при зменшенні висоти Сонця?
3.3. Що таке витратна частина радіаційного балансу підстильної поверхні, з яких потоків вона складається?
- 5 3.1. Що таке спектральний і інтегральний потоки радіації?
3.2. Що впливає на добовий хід ефективного випромінювання при безхмарному небі?
3.3. Що таке “радіаційний баланс атмосфери”?
- 6 3.1. Закони випромінювання (Кірхгофа, Стефана-Больцмана, Віна)
3.2. Як впливає хмарність на приплив розсіяною сонячної радіації?
3.3. Чому зміщується оптичний центр у спектрі сонячного променя при його проходженні крізь атмосферу?
- 7 3.1. Закон Планка. Що таке “крива Планка”?
3.2. Яка частина атмосферного випромінювання називається зустрічним випромінюванням? Яку роль воно відіграє у тепловому режимі діяльної поверхні?

- 3.3. Що таке “короткохвильовий радіаційний баланс підстильної поверхні”?
- 8 3.1. На які діапазони розподіляють електромагнітне випромінювання Сонця за ознакою його впливу на людину?
3.2. Які атмосферні гази поглинають сонячну радіацію в атмосфері?
3.3. Який добовий хід радіаційного балансу підстильної поверхні?
- 9 3.1. Як розподіляється енергія сонячної радіації між ультрафіолетовим, видимим і інфрачервоним діапазонами?
3.2. Що таке “розсіяння” сонячної радіації в атмосфері?
3.3. З чого складається радіаційний баланс системи земля- атмосфера?

Завдання IV

При спостереженнях у ясний день у пункті на широті 56° півн. ш. отримані наступні дані про променисті потоки: I – пряма радіація на перпендикулярну поверхню; i – розсіяна радіація; A – альbedo, R_0 – радіаційний баланс діяльного шару (Додаток таблиця 3).

4.1 Для усіх термінів знайдіть пряму радіацію на горизонтальну поверхню, сумарну радіацію, поглинену сонячну радіацію і довгохвильовий баланс.

4.2 Розрахуйте коефіцієнти прозорості у терміни 6 год. 30 хв. і 18 год. 30 хв., поясніть отримані результати.

4.3 Побудуйте і проаналізуйте графіки добового ходу прямої, розсіяної радіації та радіаційного балансу. Які основні особливості добового і річного ходу прямої та розсіяної сонячної радіації?

Розрахуйте добову суму радіаційного балансу.

III ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

3.1 Система контролю знань та вмінь студентів

Контроль знань та вмінь студентів, які навчаються за заочною формою, здійснюється за допомогою системи контрольних заходів. Вони складаються із заходів поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль з дисципліни «Фізика атмосфери» здійснюється на протязі навчального курсу за наступними формами:

- перевірка контрольної роботи, курсової роботи, реферату, які виконуються у міжсесійний період;
- перевірка знань та вмінь студента під час аудиторних занять протягом заліково-екзаменаційної сесії.

Сума міжсесійної (ОМ) та сесійної оцінки (ОЗЕ) становить загальну оцінку поточного контролю.

Підсумковий контроль здійснюється під час заліково-екзаменаційної сесії та має на меті встановлення рівня знань та вмінь, якими оволодів студент після вивчення навчальної дисципліни «Фізика атмосфери». Форма підсумкового контролю за III навчальний курс встановлюється навчальним планом – це залік.

Накопичувальний підсумковий контроль в університеті проводиться на основі накопиченої (інтегральної) суми балів, яку отримав студент по підсумках поточного контролю та підсумкового контролю (залік або екзамен).

3.2 Форми контролю знань та вмінь студентів

Поточний контроль здійснюється у формі оцінка виконання СРС та ІСР у міжсесійний період (ОМ), визначається:

3.2.1 Шляхом перевірки контрольної роботи.

Максимальна сума балів, яку можна одержати за контрольну роботу становить **100 балів**.

№	Розділ	Максимальна сума балів
1.	Теоретичне завдання №1	24 (3x8балів)
	Практичне завдання №2	26 (8+10+8)
	Теоретичне завдання №3	24 (3x8балів)
	Практичне завдання №2	26 (8+8+10)

Для зарахування контрольної роботи повинні бути виконані усі завдання не менш, ніж на 60% (60 балів).

Кожне теоретичне питання оцінюється по 24 балів. Тобто, студент повинен належним чином розкрити питання та набрати не менш 50% від максимально можливої суми, тобто 12 балів.

- глибоко розкриття питання, наведені приклади, використана додаткові джерела – 24 балів;
- обґрунтоване розкриття питання – 20 балів;
- тема розкрита неповно – 15 балів.

Кожне практичне завдання оцінюється по 26 балів. Тобто, студент повинен належним чином виконати практичне завдання та набрати не менш 50 % від максимально можливої суми, тобто 13 балів.

- вірно обраний алгоритм розв'язання, отримані правильні результати, використана розмірність – 26 балів;
- допущені помилки в розрахунках, – 20 балів;
- допущені помилки в розрахунках, невірно використана розмірність – 16 балів.

Студенти, які виконали контрольну роботу та отримали за результатами перевірки не менше ніж 60% мають допуск до заліку з дисципліни.

Студенти, які не отримали за контрольну роботу мінімальної кількості балів (> 60%), повинні виконати інший варіант контрольної роботи або виправити помилки попереднього варіанту та отримати відповідну кількість балів для допуску до екзамену або заліку.

3.2.2 Курсова робота оцінюється окремою оцінкою у балах і відсотках та входить у загальну оцінку виконання СРС у міжсесійний період.

Підсумкова оцінка виконання модулю з курсової роботи складається з двох частин:

I частина:

- термін представлення курсової роботи до захисту (на протязі семестру, перед початком заліково-екзаменаційної сесії, безпосередньо перед датою контролюючого заходу);
- відповідність змісту роботи її темі;
- оформлення курсової роботи згідно ДСТУ;

II частина:

- оцінка захисту курсової роботи (проекту).

3.2.3. Оцінка роботи студента при проведенні опитування на лекційних заняттях складає 15 балів та розв'язання задач на практичних заняттях під час заліково-екзаменаційної сесії складає 15 балів. Загальна максимальна оцінка оцінюється у 30 балів.

Підсумковий контроль з дисципліни «Фізика атмосфери» на III навчальному курсі є залік.

Якщо студент, який на дату контролюючого заходу не має заборгованості по виконанню міжсесійних та сесійних контролюючих заходів та має інтегральну суму балів з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, достатню для отримання позитивної оцінки, то викладач виставляє якісну оцінку у заліково-екзаменаційної відомості.

Якщо студент має інтегральну суму балів з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, недостатню для отримання позитивної оцін-

ки (менше 60%), то він має можливість скласти письмовий залік по тестових завданнях, що розроблені на кафедрі за процедурою, яка визначена у «Положенні про проведення підсумкового контролю знань студентів».

Накопичена підсумкова оцінка (ПО) засвоєння студентом заочної форми навчання навчальної дисципліни «Фізика атмосфери» розраховується для дисциплін, що закінчуються заліком та обов'язково включає оцінку залікової контрольної роботи за:

$$ПО = 0,75 \times [0,5 \times (ОЗЕ + ОМ)] + 0,25 \times ОЗКР \quad (2)$$

де ОЗЕ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС під час проведення аудиторних занять;

ОМ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС у міжсесійний період;

ОЗКР – оцінка залікової контрольної роботи.

Одержана накопичена підсумкова оцінка виставляється викладачем у відомість обліку успішності встановленого зразка.

Перехід від кількісної оцінки до якісної оцінки здійснюється відповідно до таблиці:

СУМА БАЛІВ	ОЦІНКА ECTS	ОЦІНКА ЗА НАЦІОНАЛЬНОЮ ШКАЛОЮ	
		екзамен	залік
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D		
60-63	E	задовільно	не зараховано
35-59	FX	незадовільно	
1-34	F		

Після вивчення дисципліни студент має засвоїти базові знання, він повинен знати:

- склад і будову атмосфери, фізичні властивості її окремих шарів;
- розподіл атмосферного тиску з висотою;
- термодинамічні процеси в атмосфері, що супроводжуються розвиненням вертикальних рухів;
- основні характеристики сонячного випромінювання, як основного джерела енергії для Землі;
- особливості впливу атмосфери на сонячну радіацію та її перетворення в атмосфері;
- поняття радіаційного балансу підстильної поверхні, атмосфери та системи «Земля– атмосфера»;

- особливості теплової взаємодії атмосфери з підстильною поверхнею, поняття теплового балансу;
- умови виникнення горизонтальних рухів в атмосфері;
- водний режим атмосфери: випаровування, конденсацію водяної пари в атмосфері і формування туманів, хмар та опадів;
- оптичні та електричні явища в атмосфері;
- атмосферну акустику.

ВМІТИ:

- розрахувати та аналізувати розподіл основних метеорологічних величин у просторі; проводити метеорологічний моніторинг атмосферного повітря;
- визначати напрям і розраховувати швидкість вітру у граничному шарі і вільній атмосфері;
- визначати термічну стійкість атмосферного повітря та умови розсіювання або накопичення забруднюючих речовин у приземному і граничному шарах атмосфери;
- вимірювати та розраховувати потоки сонячної радіації та радіаційний баланс підстильної поверхні та атмосфери;
- розрахувати та аналізувати складові теплового балансу атмосфери та підстильної поверхні;
- визначати умови утворення туманів, розвинення хмар вертикального розвитку і формування опадів;
- розраховувати випаровування з підстильної поверхні;
- розраховувати основні електричні характеристики атмосфери.

Таблиця 3 – Варіанти вихідних даних

№ дата	Термін, год. хв..	h_c	I кВт/м ²	D_i кВт/м ²	A	R_0 кВт/м ²	№ дата	Термін, год. хв.	h_c	I кВт/м ²	D_i кВт/м ²	A	R_0 кВт/м ²
1 9.05	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,02	5 23.05	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,01
	6 30	19 ⁰ 48'	0,62	0,09	0,16	0,19		6 30	22 ⁰ 24'	0,20	0,17	0,22	0,11
	9 30	40 18	0,84	0,09	0,15	0,43		9 30	43 18	0,19	0,10	0,19	0,47
	12 30	46 36	0,63	0,24	0,15	0,53		12 30	49 48	0,98	0,09	0,18	0,58
	15 30	32 12	0,77	0,11	0,16	0,31		15 30	35 00	0,89	0,08	0,20	0,03
	18 30	10 42	0,49	0,05	0,20	0,01		18 30	13 12	0,03	0,07	0,18	0,01
	0 30	–	0,00	0,00	–	0,02		0 30	–	0,00	0,00	–	–0,09
2 17.05	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,05	6 9.06	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,08
	6 30	21 24	0,61	0,10	0,20	0,17		6 30	24 06	0,68	0,10	0,24	0,19
	9 30	42 18	0,75	0,15	0,17	0,44		9 30	45 12	0,80	0,13	0,18	0,45
	12 30	48 42	0,80	0,21	0,16	0,59		12 30	52 18	0,87	0,13	0,17	0,54
	15 30	33 48	0,68	0,18	0,19	0,47		15 30	37 36	0,57	0,17	0,20	0,31
	18 30	12 12	0,45	0,06	0,22	0,03		18 30	15 36	0,46	0,07	0,2	0,09
	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,07		0 30	–	0,00	0,00	–	–0,06
3 18.05	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,07	7 11.06	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,06
	6 30	21 26	0,08	0,11	0,19	0,01		6 30	24 06	0,43	0,14	0,24	0,14
	9 30	42 30	0,61	0,18	0,15	0,43		9 30	45 12	0,59	0,27	0,19	0,40
	12 30	48 48	0,49	0,29	0,17	0,51		12 30	52 18	0,64	0,29	0,21	0,50
	15 30	34 00	0,52	0,24	0,20	0,34		15 30	37 36	0,61	0,17	0,22	0,33
	18 30	12 18	0,39	0,07	0,23	0,03		18 30	15 36	0,36	0,09	0,26	0,06
	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,07		0 30	–	0,00	0,00	–	–0,06

№ дата	Термін, год. хв..	h_c	I кВт/м ²	D_i кВт/м ²	A	R_0 кВт/м ²	№ дата	Термін, год.хв.	h_c	I кВт/м ²	D_i кВт/м ²	A	R_0 кВт/м ²
4 19.05	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,07	8 12.06	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,06
	6 30	21 42	0,62	0,09	0,22	0,19		6 30	24 12	0,46	0,13	0,24	0,16
	9 30	42 36	0,85	0,10	0,17	0,43		9 30	45 24	0,69	0,17	0,20	0,42
	12 30	49 00	0,90	0,10	0,18	0,52		12 30	52 30	0,77	0,17	0,21	0,52
	15 30	34 12	0,82	0,09	0,19	0,32		15 30	37 ⁰ 48'	0,64	0,24	0,22	0,37
	18 30	12 30	0,45	0,06	0,22	0,03		18 30	15 48	0,42	0,08	0,25	0,08
	0 30	–	0,00	0,00	–	–0,06		0 30	–	0,00	0,00	–	–0,03
	9 10.07	0 30	–	0,00	0,00	–		–0,06	13 27.07	0 30	–	0,00	0,00
6 30		22 ⁰ 42'	0,72	0,06	0,23	0,17	6 30	20 00		0,46	0,12	0,12	0,14
9 30		44 00	0,85	0,09	0,19	0,43	9 30	41 18		0,71	0,13	0,13	0,39
12 30		51 48	0,85	0,15	0,20	0,54	12 30	48 54		0,79	0,13	0,13	0,50
15 30		37 48	0,81	0,15	0,20	0,35	15 30	35 12		0,70	0,17	0,17	0,32
18 30		15 42	0,37	0,12	0,23	0,01	18 30	13 00		0,27	0,06	0,06	0,06
0 30		–	0,00	0,00	–	–0,04	0 30	–		0,00	0,00	–	–0,03

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи студентів
та виконання контрольної роботи
з дисципліни “Фізика атмосфери”
для студентів III курсу
заочної форми навчання

Укладач: к.г.н., доц. Волошина О.В., к.г.н., доц. Борисова С.В

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

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