

# Випадкові процеси

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова (нормативна) (цикл професійної підготовки)</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Загальна кількість: 60 годин; 2 кредити ECTS Лекційних занять: 36 год. Практичних занять: 18 год. Самостійна робота студентів: 6 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, поточний контроль, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i><a href="http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses">http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.ф.-м.н., доцент Ніщенко Ірина Іванівна, <a href="mailto:irynan@gmail.com">irynan@gmail.com</a> Практичні заняття: к.ф.-м.н., доцент Ніщенко Ірина Іванівна, <a href="mailto:irynan@gmail.com">irynan@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i>Платформа Classroom  <a href="https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb">https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb</a></i>

### 2. Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Теорія випадкових процесів завершує цикл ймовірнісних дисциплін - теорії ймовірностей та математичної статистики. Специфіка курсу випадкових процесів полягає в тому, що тут вивчаються випадкові явища, характеристики яких змінюються з часом. При моделюванні динамічних систем з випадковими збуреннями виникають дифузійні та марковські процеси, а в теорії сигналів – стаціонарні процеси. Дослідження цих нових об'єктів опирається на вже розроблений математичний апарат теорії ймовірностей, функціонального аналізу та теорії функцій комплексної змінної. Впродовж вивчення курсу студенти опановують методи роботи з математичними моделями випадкових явищ зі змінними ймовірнісними характеристиками; засвоюють основні математичні закони та поняття, що описують такі явища. Серед них різні варіанти ергодичної теореми,

спектральний розклад стаціонарних процесів, рівняння Чепмена-Колмогорова для перехідних ймовірностей марковського процесу, зображення розв'язків параболічних рівнянь за допомогою дифузійних процесів. Курс пов'язано з такими дисциплінами, як рівняння математичної фізики, загальна фізика, математична теорія кодування та іншими, де досліджуються змінні в часі математичні моделі.

Метою вивчення теорії випадкових процесів є засвоєння студентами поняття випадкового процесу, основних методів аналізу випадкових процесів, основних принципів побудови математичних моделей фізичних процесів.

В результаті вивчення курсу студент: вмітиме знаходити основні ймовірнісні характеристики (скінченно-вимірні розподіли, функцію математичного сподівання, коваріаційну функцію) випадкового процесу; знатиме, як змінюються основні ймовірнісні характеристики випадкового процесу при дії на нього диференціальних та інтегральних перетворень; вмітиме записувати спектральне зображення стаціонарного в широкому сенсі процесу та його коваріаційної функції; зможе аналізувати властивості ланцюга Маркова за його перехідними ймовірностями, знаходити стаціонарний розподіл ланцюга Маркова; обчислювати основні характеристики процесів масового обслуговування (середні довжину черги та час очікування обслуговування); вмітиме записувати пряме та обернене диференціальні рівняння для дифузійних процесів.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Випадкові процеси» мають демонструвати такі результати навчання:

### **Фахові компетентності СВО**

ФК 5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК 7 Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

ФК 10 Здатність розуміти та застосовувати апарат спеціальних розділів математики для розв'язання проблем прикладної фізики, моделювати фізичні процеси і системи, використовуючи статистичні та стохастичні методи, комп'ютерну графіку та представляти результати моделювання.

### **Програмні результати навчання**

ПРН 2 Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

ПРН 16 Знання методів аналізу випадкових процесів, теорії ймовірності і математичної статистики, прикладних програм і методів обчислень, методів розв'язання рівнянь математичної фізики, теорії функції комплексної змінної, тензорного аналізу для розуміння сучасних фізичних теорій і розв'язання проблем прикладної фізики та моделювання процесів, що відбуваються в фізичних системах.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дослідження випадкових процесів опирається на математичний апарат теорії ймовірностей, функціонального аналізу та теорії функцій комплексної змінної. Курс пов'язано з такими дисциплінами, як статистична радіофізика та оптика, статистична фізика, рівняння математичної фізики, де досліджуються змінні в часі математичні моделі.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### ***Розділ 1. Основні поняття та означення. Типи випадкових процесів.***

Тема 1.1. Випадковий процес. Характеристики випадкового процесу.

Тема 1.2. Деякі типи випадкових процесів.

### ***Розділ 2 Елементи стохастичного аналізу***

Тема 2.1. Неперервність, диференційовність, інтегровність випадкового процесу.

Тема 2.2. Лінійні перетворення випадкових процесів.

### ***Розділ 3 Спектральна теорія стаціонарних випадкових процесів***

Тема 3.1. Стаціонарні в широкому сенсі випадкові процеси. Спектральне зображення коваріаційної функції.

Тема 3.2. Спектральне зображення стаціонарного в широкому сенсі процесу.

### ***Розділ 4 Ланцюги Маркова***

Тема 4.1. Означення та властивості ланцюга Маркова. Класифікація станів.

Тема 4.2. Ергодичність. Існування стаціонарного розподілу.

Тема 4.3. Ланцюги Маркова з неперервним часом.

### ***Розділ 5 Марковські процеси з неперервним часом. Дифузійні процеси.***

Тема 5.1 Марковські процеси з неперервним часом.

Тема 5.2. Дифузійні процеси.

Поточний контроль: модульна контрольна робота, що складається з двох частин,

Семестровий контроль: залік.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Скороход А.В. Лекції з теорії випадкових процесів // Навч.посібник. - К.: Либідь, 1990. - 168 с. ( pdf додається )
2. Випадкові процеси [Електронний ресурс] : збірник задач до проведення практичних занять / НТУУ «КПІ» ; уклад. А. А. Дороговцев, І. І. Ніщенко. – Електронні текстові дані (1 файл: 579 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/1978>

### Допоміжна література

1. Вентцель Н.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Москва: «Высшая школа», 2000. (pdf додається )
2. Булинский А.В., Ширяев А.Н. Теория случайных процессов. -- М: Физматлит, 2003.
3. Дороговцев А.Я., Сильвестров Д.С., Скороход А.В., Ядренко М.И. Теория ймовірностей. - Київ: Вища школа, 1980.

## 3. Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Розподіл годин у семестрі

Семестр	Всього годин	Розподіл годин за видами занять			Кількість МКР	Семестрова атестація
		Лекції	Практичні заняття	СРС		
7	2/60	36	18	6	1	залік

#### Розділ 1. Тема 1.1

**Лекція 1.** Основні поняття та означення.

Означення випадкового процесу. Випадкові процеси в фізиці, приклади.

Характеристики випадкових процесів: скінченновимірні розподіли, функція середнього, коваріаційна функція, автокореляційний час процесу, характеристичний функціонал. Теорема Колмогорова про скінченновимірні розподіли та приклади її застосування.

Література: [1,§1]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на

платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

#### Розділ 1. Тема 1.2

**Лекція 2.** Деякі типи випадкових процесів.

Стаціонарні випадкові процеси, гауссові процеси, процеси з незалежними приростами, марковські процеси.

Література: [1,§2]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

### ***Розділ 1. Тема 1.2***

***Лекція 3.*** Процес Пуассона.

Еквівалентні означення. Скінченновимірні розподіли. Траєкторії процесу Пуассона. Властивості процесу. Приклади застосування.

Література: [2,§2.1]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

### ***Розділ 1. Тема 1.2***

***Лекція 4.*** Вінерів процес. Щільність скінченновимірних розподілів вінерового процесу; коваріаційна функція вінерового процесу. Опис дифузії частинок речовини рівнянням теплопровідності.

Література: [1,§27,28]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

### ***Розділ 2. Тема 1.1***

***Лекція 5.*** Поняття неперервності та збіжності випадкового процесу.

Види збіжності та неперервності випадкових процесів. Диференціювання та інтегрування випадкових процесів. Необхідні й достатні умови неперервності, диференційовності, інтегровності випадкового процесу.

Література: [1,§14]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

### ***Розділ 2. Тема 1.2***

**Лекція 6.** Лінійні перетворення випадкових процесів.

Дія лінійного оператора на випадковий процес. Ергодичні відносно математичного сподівання випадкові процеси. Критерій ергодичності відносно математичного сподівання. Достатня умова ергодичності відносно математичного сподівання.

### **Розділ 3. Тема 1.1**

**Лекція 7.** Спектральна теорія стаціонарних процесів.

Стаціонарні в широкому сенсі випадкові процеси, приклади. Теореми Бохнера та Герглотца про спектральне зображення коваріаційної функції стаціонарного в широкому сенсі процесу. Спектральна функція та спектральна щільність стаціонарного в широкому сенсі процесу.

Література: [1, §16]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

### **Розділ 3. Тема 1.2**

**Лекція 8.** Стохастичний інтеграл.

Означення процесу з ортогональними приростами. Структурна функція процесу з ортогональними приростами. Означення стохастичного інтегралу за процесом з ортогональними приростами. Приклади. Властивості.

Література: [1, §15]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

### **Розділ 3. Тема 1.2**

**Лекція 9.** Спектральне зображення стаціонарного в широкому сенсі процесу.

Теорема про спектральне зображення стаціонарного в широкому сенсі процесу.

Література: [1, §16]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

### **Розділ 3. Тема 1.2**

**Лекція 10.** Лінійні перетворення стаціонарних в широкому сенсі процесів.

Література: [1, §16, 17]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>  
Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

#### ***Розділ 4. Тема 1.1***

***Лекція 11.*** Ланцюги Маркова: означення, приклади. Матриця перехідних ймовірностей. Рівняння Чепмена-Колмогорова. Класифікація станів на суттєві та несуттєві.

Література: [1, §19, 22]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>  
Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

#### ***Розділ 4. Тема 1.1***

***Лекція 12.*** Ланцюги Маркова: розбиття на циклічні підкласи, поняття рекурентності, критерій рекурентності. Ергодична теорема для аперіодичного рекурентного ланцюга Маркова.

Література: [1, §22]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>  
Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

#### ***Розділ 4. Тема 1.2***

***Лекція 13.*** Ергодичні ланцюги Маркова. Критерій ергодичності скінченного однорідного ланцюга Маркова. Поняття інваріантного розподілу ланцюга Маркова. Індивідуальна ергодична теорема та її наслідки.

Література: [1, §22]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>  
Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

#### ***Розділ 4. Тема 1.3***

***Лекція 14.*** Ланцюги Маркова з неперервним часом.

Означення ланцюга Маркова з неперервним часом, приклади. Пряма та обернена система диференціальних рівнянь Колмогорова. Процес народження і загибелі.

Література: [1, §23]



Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>  
Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

#### ***Розділ 4. Тема 1.3***

***Лекція 14.*** Елементи теорії масового обслуговування.

Процеси масового обслуговування (основні поняття). Основні принципи побудови марковських моделей систем масового обслуговування. Найпростіший потік. Час очікування і обслуговування. Стаціонарний режим функціонування систем масового обслуговування.

Література: [1, §21,23]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>  
Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

#### ***Розділ 4. Тема 1.3***

***Лекція 16.*** Гіллясті процеси.

Означення гіллястого процесу, приклади. Твірна функція гіллястого процесу, диференціальні рівняння для твірної функції. Середня кількість нащадків у  $n$ -му поколінні. Ймовірність виродження гіллястого процесу.

Література: [1, §24]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>  
Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

#### ***Розділ 5. Тема 1.1***

***Лекція 17.*** Марковські процеси.

Марковські процеси: означення та приклади. Перехідна функція марковського процесу. Рівняння Чепмена-Колмогорова. Означення та властивості напівгрупи операторів, пов'язаної з однорідним марківським процесом. Інфінітезимальний оператор напівгрупи, приклади. Зв'язок інфінітезимального оператора з перехідною функцією марковського процесу.

Література: [1, §19]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>  
Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.



## **Розділ 5. Тема 1.2**

### **Лекція 18.** Дифузійні процеси.

Означення дифузійного процесу, приклади: вінерів процес, процес Орнштейна-Уленбека. Інфінітезимальний оператор дифузійного процесу. Пряме (рівняння Фоккера-Планка) та обернене рівняння Колмогорова.

Література: [1, §29]

Конспект лекції та задачі до практичного заняття та самостійної роботи на платформі Classroom <https://classroom.google.com/c/MTUwNTAzMjYzNDg4?cjc=sqd34zb>

Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу лекції. Розв'язування задач.

### **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота передбачає опрацювання матеріалу лекцій, розв'язування задач, підготовку до модульної та залікової контрольних робіт.

Самостійна робота передбачає опрацювання матеріалу лекцій, розв'язування задач, виконання розрахункової роботи, підготовку до модульної контрольної роботи та іспиту.

### **Вивчення теоретичного матеріалу**

При вивченні теоретичного матеріалу студент повинен користуватись конспектом лекцій, підручниками, які вказані в основному списку літератури. Для більш поглибленого засвоєння матеріалу рекомендується вивчати окремі теми за підручниками з додаткового списку.

Вивчаючи матеріал, потрібно переходити до наступних питань тільки після правильного та глибокого засвоєння попереднього матеріалу. Особливу увагу необхідно звернути на означення основних понять. Основним та дієвим критерієм перевірки правильності розуміння теми студентом є здатність його чи її розв'язувати задачі, котрі можуть обиратися серед запропонованих в вказаних в основному чи додатковому списках підручниках та посібниках задач та вправ для самоперевірки.

Вивчивши певне означення, студент повинен детально розібрати наведені приклади, які ілюструють це означення, вміти будувати свої аналогічні приклади, тобто вміти будувати математичні об'єкти, які задовольняють умови вивченого означення і об'єкти, які не задовольняють ці умови.

При вивченні теорем необхідно звертати увагу на те, що формулювання кожної теореми складається з припущень та тверджень, які студент повинен чітко

уяснити. Всі припущення повинні обов'язково використовуватись в доведенні. Корисно складати схеми доведення складних теорем, розбиваючи доведення на окремі кроки. Важливо вміти приводити приклади ситуацій, що ілюструють важливість наявності тих чи інших умов в формулюванні теореми. Цьому сприяє розбір прикладів математичних об'єктів, які мають або не мають властивостей, вказаних у припущеннях та твердженнях теорем.

Після вивчення теоретичного матеріалу студент повинен знати всі формулювання та формули та знати, в яких ситуаціях їх слід застосовувати.

### **Розв'язування задач**

Критерієм глибокого засвоєння студентом теоретичного матеріалу є вміння розв'язувати типові задачі. Після кожного практичного заняття студенти отримують домашнє завдання, в якому пропонується виконати набір вправ, які впорядковані за принципом “від простого до складного”.

При розв'язанні задач необхідно обґрунтовувати кожен етап розв'язання, спираючись на теоретичні положення курсу. Якщо студент бачить декілька способів розв'язання задачі, то він повинен їх порівняти і вибрати серед них найраціональніший. При розв'язанні складної задачі корисно скласти короткий план розв'язку. У випадку застосування тієї чи іншої теореми необхідно ретельно перевірити виконання всіх умов теореми.

Письмове оформлення розв'язання задачі має надзвичайно велике значення. Всі записи повинні бути виконані чітко, охайно, в певному порядку. Це привчає студента не тільки до необхідного в роботі порядку, але й допоможе уникнути численних описок і помилок, які часто виникають через неухважність, безсистемність та безладність записів.

Де це можливо, розв'язання всіх задач повинно доводитись “до числа”. У випадку, коли отримана відповідь не співпадає з еталонною, потрібно ще раз переглянути розв'язання задачі та знайти помилку.

Якщо у процесі роботи над вивченням теоретичного матеріалу чи при розв'язання задач у студента виникають питання, які він не може з'ясувати самостійно (неясність термінів, формулювань теорем, властивостей, окремих задач), то йому чи їй необхідно звернутись до викладача за допомогою.

### **Підготовка до модульних контрольних робіт**

З метою здійснення контролю за рівнем засвоєння матеріалу курсу студентам пропонуються модульні контрольні роботи, задачі яких складені із з урахуванням важливості тих чи інших розділів при подальшому вивченні даного курсу. Всі задачі є типовими для вказаних розділів, вони сприяють повторенню та закріпленню вивченого матеріалу.

Для розв'язання даних контрольних робіт студентам достатньо знати означення, формули, теореми, властивості, ознаки, передбачені навчальною програмою, а також вміти виконувати найпростіші тотожні перетворення, спрощення та обчислення. Запис розв'язання задач повинен бути чітким, конкретним, містити логічні судження та пояснення, необхідні посилання на математичні факти, з яких випливає те чи інше твердження, з обов'язковим обґрунтуванням можливості застосування факту саме в даній ситуації.

Розв'язки задач обчислювального характеру мають бути доведені до числової відповіді і обов'язково перевірені на коректність: ймовірність не може перевищувати одиницю, число конфігурацій, що задовольняють певну умову, не може бути дробовим тощо. Слід використовувати загальноприйняті позначення, а при введенні власних — пояснювати їх та давати означення. Варто звертати увагу на повноту використання даних задач.

При використанні всіх методичних вказівок студент зможе глибоко опанувати всі розділи кредитного модуля “Випадкові процеси”, підвищити рівень своєї математичної культури, необхідної для свідомого та творчого застосування набутих знань, умінь та навичок при вивченні нових дисциплін, передбачених навчальними планами.

Вміння студента плідно і самостійно застосовувати апарат теорії випадкових процесів гарантує формування його професійних компетенцій, високу конкурентоспроможність та затребуваність на ринку праці.

#### **4. Політика та контроль**

##### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

- Студентам рекомендовано відвідувати як лекційні, так і практичні заняття.
- Виконання домашніх завдань є обов'язковим. На перевірку роботи слід подавати у вказаний термін. Студент, який не подав роботу на перевірку чи подав роботу пізніше призначеного терміну, отримує за неї 0 балів.

- Виконання кожної з двох частин модульної контрольної роботи є обов'язковим. Студент, який не подав на перевірку контрольну роботу або подав пізніше призначеного терміну, отримує за неї 0 балів.
- Студент, що отримав 0 балів за якусь з завдань, матиме змогу в кінці семестру захистити відповідні роботи, розв'язавши по дві типові задачі з теми роботи у обмежений, спеціально відведений для цього час.
- Студент, який отримав за контрольну роботу 0 балів, може покращити оцінку при умові написання додаткової контрольної роботи в кінці семестру на позитивну оцінку.
- Залікову контрольну роботу студенти пишуть на останньому практичному занятті за розкладом.

#### **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що отримуються протягом семестру за:

1. модульну контрольну роботу, що складається з двох частин (R11, R12)
2. десять домашніх робіт (R2),
3. роботу на практичних заняттях (R3).
4. залікову контрольну роботу (R4).

### **Система рейтингових балів та критерії оцінювання**

#### *1. Домашня робота*

*При вчасній подачі роботи*

- |   |             |
|---|-------------|
| ● Повне виконання                               | 10 балів    |
| ● Неповне виконання (не менше 75%),             | 8 - 9 балів |
| ● Неповне виконання (менше 75%, але більше 60%) | 6 - 7 балів |
| ● Виконання менше, ніж на 60%                   | 0 балів     |

*При поданні роботи пізніше призначеного терміну робота оцінюється в 0 балів.*

Максимальна кількість балів за самостійну домашню роботу – 10 балів.

Максимальна кількість балів за виконання десяти самостійних домашніх робіт складає 100 балів. В семестровий рейтинг бали R2 входять з ваговим коефіцієнтом 0,3 і складають максимально 30 балів.

#### *2. Модульна контрольна робота (перша та друга частини)*

- |   |             |
|---|-------------|
| ● Повне виконання                               | 10 балів    |
| ● Неповне виконання (не менше 75%) ,            | 8 - 9 балів |
| ● Неповне виконання (менше 75%, але більше 60%) | 6 - 7 балів |
| ● Виконання менше, ніж на 60%                   | 0 балів     |

Максимальна кількість балів за першу/другу частини модульної контрольної роботи – 10 балів. Максимальний сумарний рейтинг за виконання двох частин модульної контрольної роботи складає 20 балів.

### 3. Робота на практичному занятті (експрес-контроль)

- |   |             |
|---|-------------|
| 1. Правильні відповіді на контрольні питання та завдання за темою практичного заняття               | 0.6 — 1 бал |
| 2. Відсутність правильних відповідей на контрольні питання та завдання за темою практичного заняття | 0 балів     |

Максимальна кількість балів за вісім практичних занять – 8 балів.

*Залікова контрольна робота* складається з чотирьох завдань. Кожне завдання оцінюється за десятибальною шкалою:

- |   |           |
|---|-----------|
| 3. виконання завдання (розв'язок) у повному обсязі, правильна відповідь                           | 10 балів  |
| 4. розв'язок з незначною кількістю неprincipових неточностей або описок                           | 8-9 балів |
| 5. хід розв'язку правильний, відповідь невірна з причини несуттєвих помилок                       | 6-8 балів |
| 6. часткове виконання, є помилки, неповне обґрунтування або неправильна відповідь                 | 3-5 балів |
| 7. хід розв'язку неправильний, відповідь невірна, але у виконанні присутнє деяке розуміння задачі | 1-2 бали  |
| 8. завдання не виконане або виконане з грубими помилками, немає обґрунтування відповіді           | 0 балів.  |

**Рейтинговий бал студента за семестр визначається як сума  $R=(R11+R12)+R2*0,3+R3+R4$ . Максимальний рейтинговий бал студента за семестр складає 100 балів.**

### Календарний контроль

За результатами навчання за перші 7 тижнів семестру студент може отримати максимум  $10+30*0,3+3=23$  балів (3 практичних заняття, 3 поданих на перевірку завдань, перша частина модульної контрольної роботи). Студент отримує оцінку “атестовано”, якщо його поточний рейтинг складає не менше 13 балів (не менше 60% від максимумо можливомо балу).

За результатами навчання за перші 14 тижнів семестру студент може отримати максимум  $20+60*0,3+6=44$  бали (6 практичних занять, 6 поданих на перевірку завдань, перша та друга частини модульної контрольної роботи). Студент отримує

оцінку “атестовано”, якщо його поточний рейтинг складає не менше 27 балів (не менше 60% від максимально можливого балу).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено:** доцент, к.ф.-м.н. Ніщенко Ірина Іванівна

**Ухвалено** кафедрою ММЗІ (протокол № 2 від 04.09.2020р.)

**Затверджено** Вченою Радою ФТІ (протокол № 7/1 від 07.09.2020 р.)