



# Динаміка ядерних реакторів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	143 Атомна енергетика
Освітня програма	ОНП Атомна енергетика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	ІІ курс, осінній семестр
Об'єм дисципліни	7 кредитів ЄКТС (210 годин), 14 годин лекції, 4 години практичних занять, 47 годин індивідуальних занять, 145 CPC
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен, модульна контрольна робота
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	українська
Інформація про керівника курсу / викла- дачів	Лектор: д.т.н., Борисенко Володимир Іванович, vi7borysenko@gmail.com Практичні: д.т.н., Борисенко Володимир Іванович, vi7borysenko@gmail.com Лабораторні: не передбачено
Розміщення курсу	<a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a> , <a href="https://do.ipo.kpi.ua/">https://do.ipo.kpi.ua/</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Предмет навчальної дисципліни методи розрахунків динаміки ядерних реакторів

Основними завданнями вивчення дисципліни «Динаміка ядерних реакторів» є засвоєння основних методів розрахунку зміни кінетичних параметрів ядерних реакторів, у тому числі:

- особливості розрахунку різних типів реакторів;
- кінетика реактору з запізнілими нейtronами;
- методі визначення реактивності;
- визначення реактивності для ядерних реакторів зі зворотними зв'язками;
- динаміка імпульсних реакторів;
- умови стійкості реакторів.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які аспірант набуде після вивчення дисципліни:

Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягти наукових результатів, які створюють нові знання у галузі атомної енергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з атомної енергетики та суміжних галузей. ФК1

Здатність формулювати наукову проблему (задачу), що має теоретичне та практичне значення в галузі атомної енергетики, визначати шляхи її вирішення із залученням сучасних теоретичних та експериментальних методів та інформаційних технологій ФК5

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп’ютерного моделювання, наявні літературні дані. ПРН 3

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

Для засвоєння матеріалу дисципліни необхідні знання з ядерної та нейтронної фізики, фізики ядерних реакторів. Дисципліна є базовою для виконання дисертаційної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

- ТЕМА 1. Кінетика нейtronів в ядерному реакторі.  
ТЕМА 2. Нейtronи, що запізнюються, та їх ядра – попередники.  
ТЕМА 3. Рівняння обернених годин.  
ТЕМА 4. Визначення кінетичних параметрів ядерного реактора  
ТЕМА 5. Кінетика реактора зі зворотними зв'язками.  
ТЕМА 6. Теорія стійкості ядерного реактора.

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

### Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. Верхівкер Г.П., Кравченко В.П. Основи розрахунку та конструювання ядерних енергетичних реакторів. – Одеса: ТЕС, 2008. – 396 с.
2. Физические основы кинетики ядерных реакторов./ Кипин Дж. Р. - М.: Атомиздат, 1967. - 428 с
3. Борисенко В.І. Динаміка ядерних реакторів [Текст] : навч. посіб. для аспірантів спеціальності 143 Атомна енергетика (ОНП Атомна енергетика)/ В.І.Борисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 166 с.
4. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов. Бартоломей Г.Г. и др.-М. Энергоатомиздат. 1989. – 512 с.

### Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література.

5. Физика ядерных реакторов. С.В.Широков, 1998. – 288 с.
6. ВВЭР-1000: физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность /А.М.Афров, С.А.Андрушечко, В.Ф.Украинцев и др.- М.: Университетская книга, Логос, 2006.-488 с.
7. Ядерные энергетические реакторы. С.В.Широков, 1997. – 280 с.
8. Теория ядерных реакторов. Фейнберг С.М. и др.М.: Атомиздат, 1978. – 400 с.
9. Динамика ядерных реакторов. / В.Ф.Колесов, П.А. Леппик, С.П.Павлов и др.-М.: Энергоатомиздат, 1990. – 518 с.

## **Навчальний контент**

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

### Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
<b>ТЕМА 1 Кінетика нейtronів в ядерному реакторі.</b>	
1.	<b>Лекція 1.</b> Миттєві нейtronи. Фізика поділу и кінетика реактора. Нейtronний баланс. <i>CPC:</i> Вивчення матеріалу лекції. Вивчити: Фізичні особливості реакції поділу. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. <i>Рекомендована література:</i> [2, 3, 4, 5, 8, 9]
2.	<b>Матеріал для індивідуального заняття 1, 2.</b> Характеристики продуктів поділу. Розподіл енергій, мас та зарядів продуктів поділу. Миттєві нейtronи, та гама-кванти. Основні характеристики продуктів поділу. <i>Рекомендована література:</i> [1- 5]

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
<b>ТЕМА 2 Нейтрони, що запізнюються, та їх ядра - попередники</b>	
3.	<p><b>Лекція 2.</b> Нейтрони, що запізнюються.</p> <p>Експериментальне визначення характеристик нейtronів , що запізнюються. Енергетичні спектри нейtronів, що запізнюються.</p> <p>CPC: Вивчення матеріалу лекції. Вивчити: основні характеристики нейtronів, що запізнюються. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Розв'язок задач домашнього завдання.</p> <p>Рекомендована література: [2, 3-6, 8]</p>
4.	<p><b>Матеріал для індивідуального заняття 3, 4, 5.</b></p> <p>Запізніле гамма-випромінення, та фотонейтрони.</p> <p>Енергетичні спектри запізнілого гамма-випромінення. Характеристики фотонейтронів.</p> <p>Рекомендована література: [2]</p>
<b>ТЕМА 3 Рівняння обернених годин.</b>	
5.	<p><b>Лекція 3.</b> Зв'язок між реактивністю та періодом реактора.</p> <p>Водяній сповільнювач нейtronів. Бериліевий сповільнювач. Важководний сповільнювач.</p> <p>CPC: Вивчення матеріалу лекції. Вивчити: параметри фотонейтронів для різних сповільнювачів. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Розв'язок задач домашнього завдання.</p> <p>Рекомендована література: [2-6]</p>
6.	<p><b>Матеріал для індивідуального заняття 6, 7, 8.</b></p> <p>Зв'язок між реактивністю та періодом реактора для складних систем.</p> <p>Зв'язок між реактивністю та періодом реактора для систем з циркуляцією палива..</p> <p>Рекомендована література: [2, 3-6]</p>
<b>ТЕМА 4 Визначення кінетичних параметрів ядерного реактора.</b>	
7.	<p><b>Лекція 4.</b> Статистичні методи визначення реактивності.</p> <p>Визначення коефіцієнта розмноження нейtronів. Критичність реактора. Метод заміщення.</p> <p>CPC: Вивчення матеріалу лекції. Вивчити: статистичні методи визначення реактивності. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Розв'язок задач домашнього завдання.</p> <p>Рекомендована література [2]</p>
8.	<p><b>Матеріал для індивідуального заняття 9, 10, 11.</b></p> <p>Динамічні методи визначення реактивності.</p> <p>Асимптотичний період. Методи збурення реактивності. Метод россі- альфа.</p> <p>Динамічні методи визначення реактивності.</p> <p>Рекомендована література [2]</p>
<b>ТЕМА 5 Кінетика реактора зі зворотними зв'язками .</b>	
9.	<p><b>Лекція 5.</b> Ефекти реактивності.</p> <p>Температурні ефекти. Коефіцієнти реактивності.</p> <p>CPC: Вивчення матеріалу лекції. Вивчити: Ефекти реактивності в ядерних реакторах. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Розв'язок задач домашнього завдання.</p> <p>Рекомендована література [2, 3-6, 8]</p>
10.	<p><b>Матеріал для індивідуального заняття 12, 13, 14, 15.</b></p> <p>Кінетика реактора зі зворотними зв'язками.</p> <p>Рівняння кінетика реактора зі зворотними зв'язками. Поведінка ядерного реактора зі зворотними зв'язками.</p> <p>Рівняння кінетики реактора зі зворотними зв'язками.</p> <p>Рекомендована література [2-8]</p>
<b>ТЕМА 6 Теорія стійкості ядерного реактора.</b>	

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
11.	<p><b>Лекція 6.</b> Питання нелінійної динаміки. Властивості рівнянь кінетика реактора зі зворотними зв'язками. Вибухові нестійкості. <i>CPC:</i> Вивчення матеріалу лекції. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Розв'язок задач домашнього завдання. <i>Рекомендована література</i> [2, 3]</p>
12.	<p><b>Матеріал для індивідуального заняття 16, 17, 18.</b> Просторова стійкість ядерного реактора.. Аналіз стійкості енергетичних реакторів. ВВЕР. РВПК. Киплячий реактор. <i>Рекомендована література</i> [2, 3]</p>
13.	<p><b>Лекція 7.</b> <b>Модульна контрольна робота.</b></p>

### Практичні заняття

№	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань
<b>ТЕМА 3 Рівняння обернених годин.</b>	
1.	<p><b>Практичне заняття 1.</b> Зв'язок між реактивністю та періодом реактора. Водяній сповільнювач нейтронів. Бериліевий сповільнювач. Важководний сповільнювач. <i>CPC:</i> Визначити: параметри фотонейтронів для різних сповільнювачів. Розв'язок задач домашнього завдання.</p>
<b>ТЕМА 4 Визначення кінетичних параметрів ядерного реактора.</b>	
2.	<p><b>Індивідуальне заняття 1.</b> Статистичні методи визначення реактивності. Визначення коефіцієнта розмноження нейтронів. Критичність реактора. <i>CPC:</i> Розв'язок задач домашнього завдання.</p>
3.	<p><b>Індивідуальне заняття 2.</b> Динамічні методи визначення реактивності. Асимптотичний період. Методи збурення реактивності. Метод россі- альфа. Динамічні методи визначення реактивності. <i>CPC:</i> Розв'язок задач домашнього завдання.</p>
<b>ТЕМА 5 Кінетика реактора зі зворотними зв'язками .</b>	
4.	<p><b>Індивідуальне заняття 3.</b> Ефекти реактивності. Температурні ефекти. Коефіцієнти реактивності. <i>CPC:</i> Розв'язок задач домашнього завдання.</p>
5.	<p><b>Індивідуальне заняття 4.</b> Кінетика реактора зі зворотними зв'язками. Рівняння кінетики реактора зі зворотними зв'язками. Поведінка ядерного реактора зі зворотними зв'язками. Рівняння кінетики реактора зі зворотними зв'язками. <i>Рекомендована література</i> [2-8]</p>
6.	<p><b>Практичне заняття 2.</b> Захист завдань індивідуальних занять</p>

### **6. Самостійна робота аспіранта**

Дивись п.5.

#### **Політика та контроль**

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

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- обов'язкове відвідування лекцій, а також готовність відповідей при опитуванні;

- необхідне виконання таких вимог: активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення мобільних телефонів; відповідно до завдання викладача використання засобів зв’язку для пошуку інформації в Інтернеті;
- заохочувальні бали надаються у відповідності до «системи оцінювання результатів навчання», штрафні бали є засобом протидії plagiatu та несвоєчасному виконанню завдань;
- політика дедлайнів та перескладань полягає у виконанні поточних модульних робіт і реферату до початку сесії;
- політика щодо академічної добroчесності відповідає загальним положенням, прийнятим у «КПІ ім. Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>);
- політика навчальної дисципліни спрямована на розвиток індивідуальних здібностей в напрямку набуття компетентностей щодо розрахунково-експериментального визначення динамічних характеристик ядерних установок, питань ядерної безпеки ядерних установок, а також в напрямку розширення сфер застосування отриманих знань, умінь і досвіду.
- за бажанням аспірантів, допускається вивчення матеріалу за допомогою онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

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

### Види контролю знань аспірантів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях (експрес опитування);
- захист завдань індивідуальних занять;
- виконання МКР;
- відповідь на екзамені.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) експрес-опитування проводиться на лекційному занятті письмово;
- 2) виконання завдань СРС;
- 3) виконання та захист завдань індивідуальних занять;
- 4) виконання МКР;
- 5) відповідь на екзамені.

### Система рейтингових балів та критерії оцінювання

#### **1. Робота на заняттях (експрес опитування)**

Ваговий бал — 3, кількість опитувань 3. Максимальна кількість балів аспіранта:  $r_1=3$  бали  $\times 3 = 9$  балів.

*Критерії оцінювання:*

**3 бали** — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь містить несуттєві помилки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

#### **2. Виконання завдань СРС**

Ваговий бал — 1 (за кожне завдання). Максимальна кількість балів (завдання СРС видаються післяожної лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень):  $r_2=1$  бал  $\times 6 = 6$  балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов’язкове.

*Критерії оцінювання:*

**1 бал** — в повному об’ємі і вчасно надане завдання; **0 балів** — не вчасно надане завдання.

*Штрафні бали:*

– несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) — **1 бал**.

#### **3. Виконання і захист завдань індивідуальних занять**

Максимальна кількість балів за виконання завдань індивідуальних занять (18 лекційних і 4 практичних) 22 бали і за захист 3 бали, тобто сумарна кількість балів дорівнює  $r_3= 25$ . Виконання завдань індивідуальних занять обов’язкове.

**Критерії оцінювання (виконання):**

**1 бал** — в повному об'ємі і вчасно надане завдання; **0 балів** — не вчасно надане виконане завдання.

**Штрафні бали:**

- несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) — **1 бал**.

**Критерії оцінювання (захист):**

**3 бали** — повна вірна відповідь на поставлені питання; **2 бали** — відповідь має несуттєві помилки;

**1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, захист не зараховано.

**Штрафні бали:**

- несвоєчасне представлення та/або захист реферату без поважної причини (хвороба) — **1 бал**.

**Захочувальні бали**

- участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозіумах — **5 балів**.

**4. Модульна контрольна робота (МКР)**

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює  $r_4 = 10$  балів.

**Критерії оцінювання:**

**10 балів** — повна вірна відповідь на завдання; **8...9 балів** — відповідь має несуттєві помилки; **5..7 бали** — неповна відповідь; **0...4 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

**5. Відповіді на екзамени**

Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 15 балів, а третє — 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання **15+15+20 = 50 балів**.

**Критерії оцінювання:**

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) — **13...15 (18...20) балів**;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) — **10...12 (14...17) балів**;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) — **7...9 (11...13) балів**;
- нездовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації та помилки) — менше **6 (10) балів**.

**Штрафні бали:**

- додаткове питання з тем лекційного курсу отримують аспіранти, які не брали участі у роботі певного заняття. Нездовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на **3 бали**.

**Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни ( $R_D$ ):**

Сума вагових балів контрольних заходів у семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_c = r_1 + r_2 + r_3 + r_4.$$

де  $r_i$  — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

**Максимально можливий стартовий рейтинг:**  $R_c = 9+6+25+10 = 50$  балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, виконання і захист завдань індивідуальних занять та стартовий рейтинг не менше  $0,5 \times R_c = 25$  балів.

Аспіранти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 25 балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова  $R_E$  шкали дорівнює:  **$R_E = 50$  балів**.

Таким чином, максимальна кількість балів за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_c + R_E = 50 + 50 = 100 \text{ балів}.$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100–бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Аспірантам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимального можливого (тобто  $R_c \geq 45$ ), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де  $R$  – оцінка за 100–бальною шкалою;

$R_i$  – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

$R_c$  – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

$R_D$  – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

#### **Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Аспіранти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: [https://osvita.kpi.ua/2020\\_7-170](https://osvita.kpi.ua/2020_7-170), [https://document.kpi.ua/files/2020\\_7-170.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf)).

Аспіранти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>).

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### **1. Дистанційне навчання:**

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

**2.** Для аспірантів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;

- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

## Додаток 1

### **Список питань на екзамен**

1. Фізика поділу и кінетика реактора.
2. Нейтронний баланс.
3. Розподіл енергій, мас та зарядів продуктів поділу.
4. Миттєві нейтрони, та гама-кванти.
5. Експериментальне визначення характеристик нейtronів, що запізнюються.
6. Енергетичні спектри нейtronів, що запізнюються.
7. Енергетичні спектри запізнілого гамма-випромінення.
8. Ефективність нейронів.
9. Цінність нейtronів.
10. Рівняння кінетики нейtronів в реакторі.
11. Методи рішень рівнянь кінетики нейtronів
12. Реактивність реактора.
13. Рівняння обернених годин.
14. Характеристики фотонейtronів - бериліевий сповільнювач.
15. Характеристики фотонейtronів - важководний сповільнювач.
16. Визначення коефіцієнта розмноження нейtronів.
17. Критичність реактора.
18. Методі заміщення.
19. Асимптотичний період.
20. Методи збурення реактивності.
21. Метод россі- альфа.
22. Температурні ефекти.
23. Коефіцієнти реактивності
24. Рівняння кінетика реактора зі зворотними зв'язками.
25. Поведінка ядерного реактора зі зворотними зв'язками
26. Властивості рівнянь кінетика реактора зі зворотними зв'язками.
27. Вибухові нестійкості
28. Аналіз стійкості енергетичних реакторів ВВЕР.
29. Аналіз стійкості енергетичних реакторів РВПК.
30. Аналіз стійкості енергетичних реакторів Киплячий реактор
31. Реактивність реактора
32. Поведінка реактора під час зміни реактивності
33. Зміна ізотопної складу в процесі роботи реактора
34. Нейтронно-ксенонові коливання
35. Відтворення ядерного палива
36. Дослідження простої моделі канального реактору
37. Особливості канальних графітових реакторів
38. Особливості реакторів на важкої воді.
39. Особливості реакторів на швидких нейтронах.

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

**Складено д.т.н., , Борисенком Володимиrom Івановичем**

**Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 21 від 23.06.2021 р.)**

**Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 11 від 24.06.2021 р.)**