



РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА І ДОЗИМЕТРИЧНИЙ КОНТРОЛЬ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>Атомна енергетика</i>
Освітня програма	<i>Атомні електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, 7-й семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,0 кредитів ЄКТС; 120 годин, з них лекції – 36, практичні – 18, лабораторні роботи – 9, СРС –57.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор технічних наук, професор, академік НАН України, Носовський А.В. Практичні / Семінарські: кандидат фіз-мат наук, Бондар Б.М., borys.bondar@gmail.com Лабораторні: кандидат фіз-мат наук, Бондар Б.М., borys.bondar@gmail.com</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Проектування, експлуатація та подальше зняття з експлуатації будь-яких ядерно-фізичних об'єктів завжди супроводжуються питаннями радіаційної безпеки. Предметом вивчення курсу є дозиметрія полів іонізуючого випромінювання та захист від нього, нормативно-правова документація регулювання діяльності з використанням ДІВ. Курс дає змогу вивчити основні розрахунково-аналітичні та нормативно-правові аспекти діяльності в сфері ядерної та радіаційної безпеки. Такі знання є необхідними як для науково-технічної, так і адміністративної роботи, що пов'язана з джерелами іонізуючого випромінювання.

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

ЗК 3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК 2. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та ядерно-радіаційної безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу.

ФК 7. Здатність досліджувати та визначати проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з питаннями законодавства, охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в галузі атомної енергетики.

ФК 10. Здатність використовувати аналітичні та експериментальні методи, а також методи моделювання для вирішення професійних завдань.

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

ПР 4. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні проблеми атомної енергетики; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

ПР 9. Знати, розуміти і застосовувати нормативні документи, стандарти інженерної практики і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань.

ПР 13. Розуміти нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) наслідки інженерної практики

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

Дисципліна базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Атомна та квантова фізика», «Ядерна та нейтронна фізика».

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Основні поняття та закони

Тема 1.1. Радіоактивність.

Тема 1.2 Взаємодія іонізуючих випромінювань із речовиною.

Тема 1.3 Біологічна дія іонізуючих випромінювань.

Тема 1.4 Нормування іонізуючих випромінювань.

РОЗДІЛ 2. Радіаційний захист та безпека

Тема 2.1 Джерела іонізуючих випромінювань на АЕС.

Тема 2.2. Принципи, методи та засоби радіаційного захисту.

Тема 2.3. Захист від іонізуючих випромінювань на АЕС.

РОЗДІЛ 3. Радіаційний контроль

Тема 3.1. Системи радіаційного контролю.

Тема 3.2. Прилади радіаційного контролю.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни:

1) Базова:

- А.В. Носовський, Б.М. Бондар «Дозиметрія та захист від іонізуючого випромінювання: підручник». Київ: Фенікс, 2020. – 408с. – (Серія «Безпека атомних станцій»).
- Ключников О.О., Носовський А.В. Основи дозиметрії іонізуючих випромінювань: Навчальний посібник. – К.: Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, 2007. - 256с. – (Безпека атомних станцій).
- Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.1998 р. за №15/98-ВР;
- Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97, Київ -1997.

- Основні санітарні правила і норми України ОСПУ-2005, Наказ МОЗ №54 від 02.02.2005;
- Носовський А.В., Васильченко В.М., Павленко А.О. та ін. Поводження з радіоактивними відходами: [Монографія]. За ред. А.В. Носовського. – К.: Техніка, 2007. – 368 с.
- Бази даних по масових коефіцієнтах ослаблення та поглинання енергії
<https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients>.

2) Додаткова:

- Носовський А.В., Васильченко В.Н., Павленко А.А., Письменный Е.Н., Широков С.В. Введение в безопасность ядерных технологий. Уч. пособие. Под ред. А.В. Носовского. – К.: Техніка, 2006. – 360 с.
- Носовський А.В., Васильченко В.Н., Ключников А.А., Пристер Б.С. Авария на Чернобыльской АЭС: опыт преодоления, извлеченные уроки. Под ред. А.В. Носовского. - К.: Техніка, 2006. – 264 с.+ цв.вкл. на 32 с. – (Серия «Безопасность атомных станций»).
- Носовський А.В., Васильченко В.Н., Ключников А.А., Яценко Я.В. Снятие с эксплуатации ядерных энергетических установок. Под ред. А.В. Носовского.- К.: Техніка, 2005. – 288 с. – (Серия «Безопасность атомных станций»).
- В.Ф. Козлов «Справочник по радиационной безопасности», Энергоатомиздат, М. – 1991;
- бази даних по перерізах взаємодії гамма-квантів з атомами
<https://www.nist.gov/pml/xcom-photon-cross-sections-database>;
- Иванов В.И. Курс дозиметри. – М: Атомиздат. 1978 – 392с.
- Носовський А.В., Богорад В.И., Васильченко В.Н., Ключников А.А., Литвинская Т.В., Слепченко А.Ю. Радиационная безопасность и защита на атомных электрических станциях: Монография. Под ред. А.В. Носовского. – Х.: Оберіг, 2008. – 356 с. – (Серия «Безопасность атомных станций»).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для опанування навчальної дисципліни застосовуються:

1. Пояснювально-ілюстративний та інформаційно-рецептивний метод – студенти одержують знання на лекціях та з навчальної і навчально-методичної літератури.

Лекції:

1. Предмет і мета дисципліни. Місце дисципліни у підготовці інженерів. Сучасні методи дослідження. Введення до курсу. Програма курсу. Роз'яснення щодо вивчення курсу, виконання контрольних і лабораторних робіт, проведенню заліку. Рекомендації з використання літературних джерел за курсом.

2. Явище радіоактивності. Види радіоактивності. Природний радіаційний фон. Види та джерела іонізуючих випромінювань. Схеми радіаційного розпаду. Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду.

3. Основні дозиметричні величини. Міжнародна система одиниць. Активність радіонукліда. Характеристики поля випромінювання. Дозові характеристики поля випромінювання. Зважувальні коефіцієнти випромінювання. Співвідношення між одиницями радіоактивних величин.

4. Механізми втрати енергії зарядженими частинками. Взаємодія заряджених частинок із речовиною. Взаємодія електромагнітного випромінювання з речовиною. Закон радіоактивного ослаблення. Схеми взаємодій електромагнітного випромінювання з речовиною. Коефіцієнти ослаблення випромінювання.

5. Взаємодія нейтронів із речовиною. Розбивка нейтронів за енергіями. Пружне розсіювання. Радіаційне захоплення з випускненням фотону. Радіаційне захоплення з випускненням зарядженої частинки. Непружне розсіювання. Поділ ядер.

6. Фонове опромінення людини. Дія випромінювань на організм. Зовнішнє, внутрішнє, місцеве, дрібне, гостре, хронічне та контактне опромінення. Процеси, що відбуваються в біологічних тканинах. Гострі ефекти та віддалені наслідки опромінення. Променева хвороба. Різні теорії радіаційного впливу. Рівні індивідуального радіаційного ризику.

7. Етапи встановлення безпечних лімітів опромінення. Міжнародні правила та рекомендації. Національні правила та норми. Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97. Основні дозові ліміти. Допустимі та контрольні рівні. Позитивні ефекти опромінення. Подальший розвиток системи нормування.

8. Активна зона ядерного реактора. Теплоносій та обладнання першого контуру. Інші джерела іонізуючих випромінювань на АЕС. Скиди та викиди АЕС в навколишнє середовище.

9. Фундаментальні принципи безпеки. Культура безпеки. Основні принципи радіаційного захисту. Методи забезпечення радіаційного захисту. Засоби забезпечення радіаційного захисту.

10. Радіаційна безпека та радіаційний захист. Організація радіаційного захисту на АЕС. Технічні та організаційні засоби радіаційного захисту.

11. Організація робіт з джерелами іонізуючих випромінювань. Правила роботи із закритими та відкритими джерелами іонізуючих випромінювань. Поводження з радіоактивними відходами.

12. Організація радіаційного захисту при аваріях на АЕС. Класифікація аварій і аварійних ситуацій. Оцінка радіаційної обстановки. Аварійне планування. Рівні втручання. Дії персоналу АЕС при аваріях. Аварійна дозиметрія.

13. Модульна контрольна робота.

14. Види радіаційного контролю. Програма радіаційного контролю. Три види радіаційного моніторингу робочих місць. Індивідуальний моніторинг людини. Методи вимірювання радіоактивних газів та аерозолів.

15. Класифікація приладів радіаційного контролю. Стаціонарні системи радіаційного контролю. Система контролю герметичності оболонок ядерного палива.

16. Переносні прилади радіаційного контролю. Фотопліночні дозиметри. Термолюмінесцентні та фотоліумінесцентні дозиметри. Дозиметри електроні, кишенькові, персональні сигнальні, нейтроні, сцинтиляційні та напівпровідникові.

17. Прилади внутрішнього радіаційного контролю. Лічильники випромінювання людини. Прилади радіаційного контролю навколишнього середовища. Забезпечення якості радіаційного контролю.

18. Залік.

2. Репродуктивний метод - організовується діяльність студентів за кількарізним відтворенням засвоєних знань, для цього використовуються різноманітні вправи, лабораторні, практичні роботи, програмований контроль, і різні форми самоконтролю.

Практичні заняття:

1. Закон радіоактивного розпаду. Активність, стала розпаду – 11 задач.
2. Основні дозиметричні величини – 7 задач.
3. Характеристики поля випромінювання – 6 задач.
4. Доза від нейтронного випромінювання – 4 задачі.
5. Захист від випромінювання – 4 задачі.
6. Розрахунок захисту реакторної установки – 2 задачі.

Загалом – 36 задач.

Лабораторні заняття:

1. Виконання л/р №1 «Закономірності флуктуацій при реєстрації ядерного випромінювання»
2. Виконання л/р №2 «Вивчення поглинання γ -випромінювання за допомогою сцинтиляційного лічильника»
3. Виконання л/р №3 «Сцинтиляційний гамма-спектрометр»
4. Виконання л/р №4 «Визначення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання»
5. Захист л/р №1 «Закономірності флуктуацій при реєстрації ядерного випромінювання»
6. Захист л/р №2 «Вивчення поглинання γ -випромінювання за допомогою сцинтиляційного лічильника»
7. Захист л/р №3 «Сцинтиляційний гамма-спектрометр»
8. Захист л/р №4 «Визначення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання»

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Студенти проводять підготовку до лекцій, практичних та лабораторних занять шляхом:

- вивчення матеріалу, викладеного на попередній лекції та практичному занятті;
- розв'язування задач, які були задані для домашньої роботи на практичному занятті;
- виконання розрахунків за даними, отриманими на лабораторних роботах;
- вивчення матеріалу, аналізу розрахунків та формулювання висновків при виконанні лабораторної роботи.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Норми етичної поведінки

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>

Відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних занять та консультацій не оцінюється. Однак, студентам рекомендується їх відвідувати, оскільки на них викладається теоретичний та практичний матеріал, розвиваються навички, необхідні для виконання практичних завдань та успішного написання КР, виконання РР та самостійних робіт.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно "Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, "Положення про організацію навчального процесу”).

Дотримання положень «Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського» (розділи 2 та 3)

Співпраця студентів у розв'язанні проблемних завдань дозволена, але відповіді кожний студент захищає самостійно. Взаємодія студентів під час іспиту категорично забороняється і будь-яка така діяльність буде вважатися порушенням академічної доброчесності згідно принципів університету щодо академічної доброчесності.

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

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, захист РР, написання МКР, СРС.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр (на 8 та 14 тижнях) з метою підвищення якості навчання студентів та моніторингу виконання графіку освітнього процесу студентами

Атестація студентів проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50% від максимально можливого на час атестації, студент вважається атестованим. В іншому випадку в атестаційній відомості виставляється «не атестовано». Також не атестується студент у разі невиконання або не захисту хоча б однієї з частин РР, термін подання якої був до тижня проведення атестації, або не написав на позитивну оцінку всі, заплановані на цей час, частини КР.

Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів (PCO).

Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали ($R=100$), з них 50 балів складає стартова шкала ($R_C=50$) та 50 балів - залікова шкала ($R_E=50$).

Стартовий рейтинг R_C студента складається з балів R_K , що студент отримує протягом семестру з кожного контрольного заходу:

– модульний контроль (МК, ваговий бал – 26). МК проводиться у вигляді КР. КР може бути поділена на декілька КР (частин). Максимальна кількість балів в сумі за всі КР складає – 26 балів. Кількість КР, їх структура та критерії оцінювання завдань доводяться до студентів завчасно.

– розрахункова робота та її захист (РР+ЗРР, ваговий бал – 18). РР виконується студентом в позааудиторний час (8 балів). Захист РР оцінюється в 10 балів.

– експрес-контроль (ЕК, ваговий бал – 6). Робота на лекційних та практичних заняттях і самостійної роботи в позааудиторний час.

Сума вагових балів R_K з кожного контрольного заходу дорівнює розміру стартової шкали $R_C = \sum_K R_K = 50$. Значення стартової рейтингової оцінки R_C доводиться до студентів на останньому занятті.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за МКР (16 балів), зарахування РР 11 (балів), семестровий рейтинг не менше 27 балів.

Студенти, які набрали протягом семестру менше 27 балів, зобов'язані до початку залікової сесії підвищити його, усунувши поточні заборгованості, що призвели до цього, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Залікова робота (ваговий бал - 50) проводиться відповідно до навчального плану у вигляді семестрового заліку в терміни, встановлені графіком навчального процесу та в обсязі навчального матеріалу, визначеному робочою програмою дисципліни. Форма проведення семестрового контролю – комбінована, зміст і структура залікових білетів (контрольних завдань) та критерії оцінювання визначаються рішенням кафедри. На консультації доводяться до відома студентів правила проведення заліку, критерії оцінювання, стартові рейтинги, а також зазначається, хто не допущений до заліку і з якої причини. На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу.

Для більш об'єктивної оцінки рівня підготовки студента екзаменаторові надається право задавати додаткові питання в межах навчальної програми.

Після оцінювання відповідей студента на заліку (виконання залікової контрольної роботи та відповідей на додаткові питання) викладач підраховує суму R_E балів з залікової роботи. Рейтинг R_E вважається позитивним, якщо студент отримав не менше $0,6R_E = 0,6 \cdot 50 = 30$ балів. Якщо студент отримав оцінку меншу 30 балів, то залікова робота оцінюється в 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти 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://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf).

Студенти 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)

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).

1. Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

– передбачає проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

– кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);

– у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

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

– сертифікатів проходження дистанційних чи он-лайн 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 теоретичних питань до модульної контрольної роботи

1. Радіоактивність, типи радіоактивності, закон радіоактивного розпаду.
2. Визначення, виведення і застосування закону радіоактивного розпаду.
3. Методи обчислення експозиційної дози виходячи з характеристик гамма-випромінювачів
4. Виведення чисельного зв'язку між експозиційною дозою і поглинутою дозою в повітрі.
5. Обчислення поглиненої, еквівалентної та ефективної дози виходячи з характеристик джерела іонізуючого випромінювання.
6. Обчислення дози працівників в заданих умовах опромінення.

Додаток 2

Список теоретичних питань до залікової роботи

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Іонізуюче випромінювання. Типи та основні властивості.
2. Параметри випромінювання: енергія, потік, густина потоку частинок.
3. Методи реєстрації іонізуючого випромінювання.
4. Джерела іонізуючого випромінювання. Відкриті та закриті ДІВ.
5. Експозиційна та поглинута доза: визначення, одиниці вимірювання.
6. Еквівалентна та ефективна доза: визначення, одиниці вимірювання.
7. Зважувальний коефіцієнт якості випромінювання. Колективна доза.
8. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною. Проникаюча здатність.
9. Біологічний вплив іонізуючого випромінювання. Вільні радикали.
10. Захист від різних типів випромінювання. Основні властивості.
11. Пробіг α -, β -частинок в речовині. Закон послаблення γ -випромінювання.
12. Радіаційна безпека та 3 типи радіаційного захисту.
13. Радіаційний контроль та індивідуальний дозиметричний контроль.
14. Категорії опромінюваних осіб. Ліміти доз опромінення.
15. Три принципи радіаційної безпеки. Регулювання діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

професор кафедри АЕС і ІТФ, доктор технічних наук, академік НАН України, Носовський А.В.
ст. викладач кафедри АЕС і ІТФ, кандидат фіз-мат наук, Бондар Б.М.

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30.06. 2022 р.)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30. 06. 2022 р)