



Експлуатація та випробування приладів АЕС

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>143 Атомна енергетика</i>
Освітня програма	<i>ОПП Атомні електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова, цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, весняний</i>
Об'єм дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС (120 годин), 36 годин лекції, 18 годин лабораторних, 66 годин самостійна робота</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., Хайрнасов Сергій Манісович, sergey.khairnasov@gmail.com Практичні / Семінарські: не передбачено Лабораторні: д.т.н. Хайрнасов Сергій Манісович, sergey.khairnasov@gmail.com
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua , https://do.ipk.kpi.ua/ ,

Програма навчальної дисципліни

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

Предмет навчальної дисципліни *прилади та датчики для вимірювання основних технологічних параметрів теплоенергетичного обладнання: температур, тисків, рівня, витрати технологічних середовищ, контролю якості води та пари, мас-спектрометрії*

Студенти отримують важливі для майбутнього інженера-енергетика знання в галузі теплотехнічних вимірювань та приладів, зокрема: ознайомляться з методиками теплотехнічних вимірювань; з принципами дії, будови, призначення та правил вибору; з перспективних напрямків розвитку теплотехнічного контролю.

У результаті студенти отримають ґрунтовні знання з основ, методів та засобів вимірювань; із забезпечення єдності вимірювань та способів досягнення достатньої їх точності; з державними актами та нормативно-технічними документами зі стандартизації; із структурою метрологічної служби України.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей:

- **ФК 02.** Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та ядерно-радіаційної безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу.
- **ФК 11.** Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробницт-

во, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання атомно-енергетичного комплексу.

○ **ФК 15.** Здатність виконувати роботи зі стандартизації, уніфікації та технічної підготовки до сертифікації технічних засобів, систем, процесів, устаткування й матеріалів, організувати метрологічне забезпечення теплотехнологічних процесів з використанням типових методів контролю якості продукції у галузі атомної енергетики.

Програмними результатами навчання є:

- **ПРН 01.** Знання і розуміння математики, фізики, хімії та інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях в галузі.
- **ПРН 09.** Знати, розуміти і застосовувати нормативні документи, стандарти інженерної практики і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань.
- **ПРН 012.** Знати і розуміти основні характеристики, сферу застосування та обмеження обладнання, матеріалів та інструментів, інженерних технологій і процесів, що використовуються при вирішенні професійних завдань.

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

Для засвоєння матеріалу дисципліни необхідні знання з фізики, гідрогазодинаміки, тепломасообміну та технічної термодинаміки. Дисципліни, які базуються на результатах навчання з даної дисципліни: переддипломна практика.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Основи метрології

Тема 1.1 Основні поняття та визначення в області метрології.

Тема 1.2 Вимірювання та засоби вимірювань.

РОЗДІЛ 2. Похибки вимірювань та метрологічний нагляд

Тема 2.1 Похибки вимірювань та засобів вимірювань.

Тема 2.2 Метрологічний нагляд за станом та застосуванням засобів вимірювання

Тема 2.3 Законодавча метрологія і стандартизація

РОЗДІЛ 3. Основні відомості про теплотехнічні вимірювання

Тема 3.1 Загальні відомості про вимірювання температур

Тема 3.2 Термометри рідинні та манометричні

Тема 3.3 Дилатометричні, біметалеві та термоелектричні термометри

Тема 3.4 Термоперетворювачі опору та безконтактні термометри

Тема 3.5 Вимірювання тиску, розрідження, різниці тисків

Тема 3.6 Вимірювання рівню

Тема 3.7 Вимірювання витрати газу, рідини та пари

РОЗДІЛ 4. Аналіз складу та властивостей речовин

Тема 4.1 Аналіз якості води, пари і конденсату

Тема 4.2 Мас-спектрометрія

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Метрологія і стандартизація в енергетиці: навч. посібник / А.І. Туяхов, В.І. Ілющенко, С.М. Саф'янц [та ін.]. – Донецьк: Норд, 2012. – 308 с.
2. Основи стандартизації, метрології та управління якістю: навч. посібник / Н.О. Машта, О.П. Бенчук, Г.П. Бенчук [та ін.]. – Рівне: О. Зень, 2015. – 388 с.
3. Вимірювання в енергетиці: навч. посібник / В.І. Ілющенко, А.І. Туяхов, С.М. Саф'янц. – Донецьк, 2007. – 340 с.
4. Мас-спектрометрія: підручник / О.В. Іщенко, С.В. Гайдай, О.А. Беда. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2018. – 244 с.

Додаткова література:

1. Теплотехнічні виміри : навчальний посібник / І.О. П. Арестов.- Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. - 176 с.
2. Вимірювання і контроль у будівництві та виробництві будівельних матеріалів і конструкцій: навч. посібник / М.Р. Щеглюк, Я.П. Юсик. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006 – 492 с.
3. Метрологія: конспект лекцій / укладачі: Л.С. Патрева, І.В. Каницька. - Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет, 2021 – 106 с.
4. Теплотехнічні вимірювання та прилади: конспект лекцій / укладач: Глущенко О.Л. – Дніпро-дзержинськ: ДДТУ, 2012 – 126 с.

Інформаційні ресурси:

1. Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського – <http://login.kpi.ua>
2. Науково-технічна бібліотека КПІ ім. Ігоря Сікорського

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено лекційні та лабораторні заняття

Лекційні заняття:

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
РОЗДІЛ 1. Основи метрології	
1.	Тема 1.1. Основні поняття та визначення в області метрології. Лекція 1. Предмет та завдання дисципліни, зв'язок з іншими дисциплінами. Наукові основи метрології. Терміни та визначення. СРС: Метрологічне забезпечення, основи, мета та основні завдання.
2.	Лекція 2. Системи одиниць. Міжнародна система одиниць. Визначення основних і додаткових величин. Переваги і недоліки системи СІ.
3.	Тема 1.2 Вимірювання та засоби вимірювань Лекція 3. Вимірювання. Методи вимірювання. Їх класифікація. СРС: Поняття еталону. Первинний, спеціальний та вторинний еталон.
4.	Лекція 4. Засоби вимірювань. Їх класифікація. Метрологічні характеристики засобів вимірювання. СРС: Класифікація засобів вимірювання по метрологічному призначенню: еталоні, зразкові, робочі.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
РОЗДІЛ 2. Похибки вимірювань та метрологічний нагляд	
5.	<p style="text-align: center;">Тема 2.1. Похибки вимірювань та засобів вимірювань</p> <p>Лекція 5. Похибки засобів вимірювань та їх класифікація. Якісні характеристики засобів вимірювання. Статичні та динамічні похибки. Способи виключення систематичних похибок.</p> <p>СРС: Математичний метод визначення грубих похибок.</p>
6.	<p style="text-align: center;">Тема 2.2. Метрологічний нагляд за станом та застосуванням засобів вимірювання</p> <p>Лекція 6. Структура національної метрологічної служби. Оцінка відповідності засобів вимірювальної техніки.</p> <p>СРС: Державна та відомча метрологічні служби, їх функції.</p>
7.	<p>Лекція 7. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація і порядок проведення. Види документації по повірці.</p> <p>СРС: Порядок проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації.</p>
8.	<p style="text-align: center;">Тема 2.3 Законодавча метрологія і стандартизація</p> <p>Лекція 8. Стандартизація, її сутність та основні напрямки. Основні визначення стандартизації. Роль стандартизації в розвитку народного господарства України. Принципи та методи стандартизації. Критерії та види стандартів.</p> <p>СРС: Міжнародна стандартизація. Зв'язок державної системи стандартизації з міжнародними та регіональними системами стандартизації.</p>
РОЗДІЛ 3. Основні відомості про теплотехнічні вимірювання	
9.	<p style="text-align: center;">Тема 3.1 Загальні відомості про вимірювання температур</p> <p>Лекція 9. Основні відомості про температуру та температурні шкали.</p> <p>Модульна контрольна робота. Частина I</p>
10.	<p style="text-align: center;">Тема 3.2 Термометри рідинні та манометричні</p> <p>Лекція 10. Вимірювання температур. Термометри рідинні та манометричні.</p> <p>СРС: Ртутні скляні термометри, їх переваги та недоліки. Класифікація скляних рідинних термометрів за призначенням і областю використання.</p>
11.	<p style="text-align: center;">Тема 3.3 Дилатометричні, біметалеві та термоелектричні термометри</p> <p>Лекція 11. Дилатометричні та біметалеві термометри, їх конструкції та принцип дії. Термоелектричні термометри (термопари), їх конструкція та принцип дії, особливості приєднання до вимірювальних приладів та з'єднання між собою, основні типи термопар, основні умови та вимоги до вимірювання температури термопарами. Конструкція стандартного термопарного датчика. Особливості вимірювання термопарами: температури газових потоків та поверхні твердих тіл, температури в активній зоні енергетичного ядерного реактора.</p> <p>СРС: Методи компенсації температури холодного спаю (вільних кінців) термопари.</p>
12.	<p style="text-align: center;">Тема 3.4 Термоперетворювачі опору та безконтактні термометри</p> <p>Лекція 12. Загальні відомості про термоперетворювачі опору (ТПО): типи ТПО (дротяні та напівпровідникові), метрологічні характеристики, конструкція. Пірометри випромінювання. Оптичні та радіаційні пірометри. Фотоелектричні та кольорові пірометри. Тепловізори.</p>
13.	<p style="text-align: center;">Тема 3.5 Вимірювання тиску, розрідження, різниці тисків</p> <p>Лекція 13. Одиниці тиску. Деформаційні манометри: пружинні, мембранні, сильфонні.</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	Принцип роботи, типи, технічні характеристики. Електричні прилади для вимірювання тиску, різниці тисків, тензорометричні прилади. Диференційні манометри, їх конструкція, типи, основні технічні характеристики. П'єзоелектричні манометри. Перетворювачі з магнітною та електросиловою компенсацією. Нормуючі перетворювачі. Індукційні та диференційно-трансформаторні схеми теплопередачі, вторинні прилади з ДТП. СРС: Рідинні манометри: U-подібний, чашковий, з похилою трубкою.
14.	Тема 3.6 Вимірювання рівню Лекція 14. Загальні відомості про вимірювання рівню. Схеми вимірювання рівню рідин за допомогою дифманометрів. Введення корекції по тиску та густині. Вимірювання рівню у конденсаторі турбіни. Візуальні, гідростатичні, електричні, акустичні, рівнеміри.
15.	Тема 3.7 Вимірювання витрати газу, рідини та пари Лекція 15. Поняття витрати та кількості рідини. Класифікація витратомірів. Основи теорії вимірювання витрати за перепадом тиску на звужуючому пристрої. Робочі формули витрати. Стандартні та нестандартні пристрої. Оцінка похибки вимірювання витрати. Вимірювання витрати за допомогою дифманометра (ДМ). Схеми підключення ДМ до звужуючого пристрою при вимірюванні витрати рідин, газів та пари. Тахометричні та кулькові електромагнітні витратоміри, витратоміри сталого перепаду тиску. Перспективні типи витратомірів. СРС: Вивід рівняння витрати за перепадом тиску на звужуючих пристроях. СРС: Ультразвукові витратоміри. Галузь використання.
РОЗДІЛ 4. Аналіз складу та властивостей речовин	
16.	Тема 4.1 Аналіз якості води, пари і конденсату Лекція 16. Електрохімічний аналіз якості води та пари. Електродні та безелектродні кондуктометри. Оптичний метод аналізу рідини. Методи визначення концентрації кисню та водню у воді СРС: Принцип дії та вимірювальні схеми рН-метрів. Промислові типи рН-метрів.
17.	Тема 4.2 Мас-спектрометрія Лекція 17. Принцип дії методу мас-спектрометрії. Загальна структура та основні характеристики мас-спектрометру. Статичний мас-спектрометр. Основні типи динамічних мас-спектрометрів. СРС: Омегатрон. Модульна контрольна робота, II частина
18.	ЗАЛІК

Лабораторні заняття:

№ з/п	Назва лабораторної роботи
1.	Виготовлення трьохелектродної термопари та визначення її постійної часу
2.	Тарування приладу для безконтактного вимірювання температури
3.	Метрологічна атестація інформаційно-вимірювальної системи
4.	Повірка вимірювача температури методом безпосереднього звірення
5.	Тарування витратоміру
6.	Тарування термоелектричного індикатору рівня

№ з/п	Назва лабораторної роботи
7.	Налаштування вимірювальної системи з бездротовим передаванням даних
8.	Обробка результатів вимірювань графоаналітичним методом
9.	Захист лабораторних робіт

6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів полягає у: засвоєнні лекційного матеріалу; виконанні самостійних робіт вказаних в таблиці в п.5 відповідно до запланованих навчальних занять; підготовці до виконання та захисту лабораторних робіт; обробці даних, отриманих в результаті виконання лабораторних робіт; підготовці до модульної контрольної роботи (МКР) та заліку.

№ з/п	Назва теми заняття	Кількість годин СРС
1.	Метрологічне забезпечення, основи, мета та основні завдання.	1
2.	Поняття еталону. Первинний, спеціальний та вторинний еталон.	2
3.	Класифікація засобів вимірювання по метрологічному призначенню: еталоні, зразкові, робочі.	2
4.	Математичний метод визначення грубих похибок.	2
5.	Державна та відомча метрологічні служби, їх функції.	1
6.	Порядок проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації.	2
7.	Міжнародна стандартизація. Зв'язок державної системи стандартизації з міжнародними та регіональними системами стандартизації.	2
8.	Ртутні скляні термометри, їх переваги та недоліки. Класифікація скляних рідинних термометрів за призначенням і областю використання.	2
9.	Методи компенсації температури холодного спаю (вільних кінців) термопар.	2
10.	Рідинні манометри: U-подібний, чашковий, з похилою трубкою.	2
11.	Вивід рівняння витрати за перепадом тиску на звужуючих пристроях.	2
12.	Ультразвукові витратоміри. Галузь використання.	2
13.	Принцип дії та вимірювальні схеми рН-метрів. Промислові типи рН-метрів.	2
14.	Омегатрон.	2
15.	Підготовка до виконання та захисту лабораторних робіт; обробка даних, отриманих в результаті виконання лабораторних робіт.	24
16.	Підготовка до МКР.	8
17.	Підготовка до заліку.	8
Всього		66

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 та консультацій не оцінюється. Однак, студентам рекомендується їх відвідувати, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, необхідний для виконання лабораторних 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 заліку 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)

Види контролю знань студента з дисципліни:

- захист лабораторних робіт;
- виконання МКР (дві частини);
- відповідь на заліку;
- опитування.

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

- 1) виконання та захист лабораторних робіт;
- 2) дві контрольні роботи (одна МКР поділяється на дві годинні контрольні роботи);
- 3) виконання завдань, що виносяться на самостійну роботу
- 4) відповідь на заліку.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні роботи.

Ваговий бал кожної лабораторної роботи— 4. Максимальна кількість балів студента за вісім лабораторних робіт: $r_{\text{лаб}} = 4 \text{ бали} \times 8 = \mathbf{32 \text{ бали}}$.

Критерії оцінювання:

Оцінка за захист звіту з лабораторної роботи складається з двох частин: **4 бали** студент отримує за допуск до виконання лабораторної роботи і **4 бали** за умови правильно оформленого протоколу, вірної обробки даних і своєчасного захисту роботи; за умови невиконання (зниження) показника хоча б з однієї позиції – **(-1) бал**.

2. Модульна контрольна робота.

Проводиться дві частини МКР. Завдання на кожну частину МКР складається з двох теоретичних питань. Ваговий бал кожного питання — 10. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_{\text{МКР}} = 2 \times 10 + 2 \times 10 = \mathbf{40 \text{ балів}}$.

Критерії оцінювання:

10 балів — повна вірна відповідь на завдання; **8..9 бали** — відповідь має несуттєві помилки; **5..7 бали** — неповна відповідь; **3..4 бали** — неповна відповідь з несуттєвими недоліками; **0...2 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, не зараховано.

3. Завдання, що винесено на самостійну роботу

Кожне вчасно виконане завдання оцінюється в 2 бали.

Максимальна кількість балів студента за 14 завдань (завдання СРС видаються після лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень): $r_{\text{СРС}} = 2 \text{ бали} \times 14 = \mathbf{28 \text{ балів}}$.

Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

2 бали — повно, вірно і вчасно виконане завдання; за умови невиконання (зниження) показника хоча б з однієї позиції – **(-0,5) бали**.

4. Залікова робота

Залікова робота складається з чотирьох теоретичних питань (по 10 балів). Тобто, максимальна кількість балів за виконану залікову роботу становить **40 балів**.

Критерії оцінювання:

Кожне питання залікової роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – **10 балів**;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – **8...9 балів**;
- неповна відповідь, з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – **4...7 балів**;
- незадовільна відповідь, або її відсутність (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше **3 балів**.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

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

$$R_C = r_{\text{лаб}} + r_{\text{МКР}} + r_{\text{СРС}}$$

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

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_C = 32+40+28 = 100$ балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування самостійних робіт, захист всіх лабораторних робіт і семестровий рейтинг не менше 25 балів.

Якщо в продовж семестру студент отримав більше 60 балів, він має право отримати оцінку «автоматом» згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою (див. нижче).

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хочуть підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому застосовується «жорстка» РСО: до балів за лабораторні роботи ($r_{\text{лаб}}$) та виконання завдань СРС ($r_{\text{СРС}}$) додаються бали за залікову роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 25 балів або не виконали умов допуску на залік, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Залікова складова R_3 шкали дорівнює: **$R_3 = 40$ балів** (не враховуються бали за МКР)

Таким чином, максимальна кількість балів при здачі заліку (не враховуються бали за МКР) за рейтинговою шкалою з дисципліни складає:

$$R_D = R_C + R_3 = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

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)

1. Дистанційне навчання:

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус», служби Telegram. 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. 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.

3. Для студентів 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.

В умовах дистанційного режиму навчання та/або навчання в умовах правового режиму воєнного стану можливе проведення МКР та залікової роботи у вигляді тестування на платформі дистанційного навчання «Сікорський».

Перелік питань, які виносяться на залік

1. Основні поняття та визначення метрології.
2. Метрологічне забезпечення.
3. Система одиниць.
4. Міжнародна система одиниць. Її переваги та недоліки.
5. Міжнародна система одиниць. Визначення основних і додаткових величин.
6. Вимірювання фізичних величин. Області та види вимірювань.
7. Класифікація вимірювань фізичних величин.
8. Метод вимірювання.
9. Поняття еталону.
10. Класифікація засобів вимірювань: міра, вимірювальний перетворювач, вимірювальний прилад.
11. Класифікація засобів вимірювань: вимірювальний комплекс, вимірювальна інформаційна система.
12. Показники якості засобів вимірювання.
13. Метрологічні характеристики засобів вимірювань.
14. Похибки вимірювань, визначення, їх класифікація.
15. Похибки засобів вимірювання.
16. Загальна класифікація систематичних похибок.
17. Теоретичні похибки або похибки методу вимірювання.
18. Виключення систематичних похибок.
19. Структура національної метрологічної служби.
20. Наукові метрологічні центри, їх основні функції.
21. Оцінка відповідності засобів вимірювальної техніки.
22. Повірка засобів вимірювальної техніки.
23. Повірочна лабораторія. Визначення. Критерії. Функції.
24. Стандартизація. Визначення. Основні принципи.
25. Функції та методи стандартизації.
26. Параметрична стандартизація.
27. Уніфікація продукції.
28. Агрегування.
29. Національна система стандартів в Україні.
30. Державний контроль і нагляд за дотриманням вимог державних стандартів.
31. Температурні шкали.
32. Вимірювання температури за допомогою ТЕП (термопар).
33. Принцип дії ТЕП (термопар), градувальна характеристика.
34. Основні типи ТЕП (термопар) та їх характеристики.
35. Похибки ТЕП (термопар) від коливання температури вільних кінців та способи їх уникнення.
36. Особливості вимірювання температур в активній зоні енергетичного ядерного реактора за допомогою ТЕП (термопар).

37. Особливості вимірювання температур газових потоків. Схема термопарного датчика для таких вимірювань.
38. Особливості вимірювання температури поверхні твердих тіл за допомогою термопар.
39. Термометри розширення: дилатометричні термометри. Біметалеві термометри. Конструкція. Принцип роботи. Область використання.
40. Включення вимірювального приладу у ланцюг ТЕП (термопари). Термобатарея та диференціальна термопара.
41. Вимоги до конструкційних елементів термопар. Конструкція стандартної термопари.
42. Конструкція кабельних термопар, їх переваги.
43. Термометри опору: принцип дії, конструкція, основні типи.
44. Безконтактні термометри: принцип дії, основні типи, переваги та недоліки.
45. Фотоелектричні пірометри: схема, принцип дії, діапазон використання.
46. Пірометри спектрального відношення: схема, принцип дії, діапазон використання.
47. Пірометри повного випромінювання (радіаційні): схема, принцип дії, діапазон використання.
48. Яскравісний пірометр (зі зникаючою ниткою): схема, принцип дії, діапазон використання.
49. Тиск та одиниці його вимірювання. Класифікація манометрів.
50. Електричні манометри: електричного опору, п'єзOMETричний, тензOMETричний – схеми, принцип дії, діапазони використання.
51. Термопарний та іонізаційний вакуумметри: схеми, принцип дії, діапазони використання.
52. Вимірювальні перетворювачі тиску: основні типи, їх схеми та принципи дії.
53. Схема дистанційної передачі тиску з використанням диференційно-трансформаторних перетворювачів.
54. Схема дистанційної передачі показань тиску з використанням феродинамічних перетворювачів.
55. Диференціальні манометри: дзвонові та кільцеві - схеми, принцип дії, діапазони використання.
56. Диференціальні манометри: поплавцеві, мембранні, сильфонні - схеми, принцип дії, діапазони використання.
57. Вимірювання тиску за допомогою мембранних та сильфонних манометрів.
58. Класифікація рівнемірів. Гідростатичний рівнемір: схема, принцип дії, основне робоче рівняння, джерела похибок, область застосування.
59. Вимірювання рівня в конденсаторі турбіни.
60. Поплавковий та буйковий рівнеміри: схеми, принцип дії, основні рівняння, переваги та недоліки, діапазони використання.
61. Ємнісний та індуктивний рівнеміри: схеми, принцип дії, основні рівняння, переваги та недоліки, діапазони використання.
62. Акустичний рівнемір: схема, принцип дії, основні рівняння, переваги та недоліки, діапазони використання.
63. Поняття витрати та кількості речовини. Класифікація витратомірів.
64. Вимірювання витрати рідин, газів та пари за перепадом тиску у звужуючому пристрою.
65. Основні типи та конструкції стандартних звужуючих пристроїв.
66. Вивід рівняння витрати для звужуючого пристрою (діафрагми).
67. Витратомір постійного перепаду тиску (ротаметр): конструкція, принцип дії, діапазон застосування, переваги та недоліки.
68. Ультразвукові витратоміри: конструкції, принцип дії, області застосування.
69. Рідинні манометри: принцип дії, конструкція, діапазони та область використання.
70. Безконтактні методи вимірювання витрат. Електромагнітні витратоміри з постійним та перемінним магнітним полем. Використання на АЕС.
71. Класифікація пружинних манометрів. Манометри з трубчатими пружинами. Область використання.
72. Тахометричні витратоміри. Типи. Конструкція. Область використання.

73. Схеми підключення дифманометру до звужуючого пристрою для вимірювання витрат різних середовищ в умовах експлуатації АЕС та ТЕС.
74. Електродні кондуктометричні аналізатори хімічного складу води: схеми, принцип дії, основні рівняння, переваги та недоліки, області застосування.
75. Безелектродні кондуктометри: схеми, принцип дії, основні рівняння, області застосування.
76. Вимірювання концентрації газів у воді та парі: основні методи, їх схеми, принцип дії.
77. Принцип дії та вимірювальні схеми рН-метрів. Промислові типи рН-метрів.
78. Фізичні основи методу мас-спектрометрії. Структура та основні характеристики та основні типи мас-спектрометрів.
79. Статичний мас-спектрометр: схема, принцип дії, основне рівняння, недоліки.
80. Часопролітний мас-спектрометр (хронотрон): схема, принцип дії, основне рівняння, переваги.
81. Радіочастотний мас-аналізатор та лінійний резонансний мас-аналізатор (фарвітрон): схеми, принцип дії, переваги та недоліки.
82. Спектрометр іон-циклотронного резонансу: схема, принцип дії, переваги.
83. Омегатрон: схема, принцип дії.

Перелік питань, до модульної контрольної роботи

1. Напрями метрології.
2. Час та терміни проведення метрологічного забезпечення на АЕС.
3. Дійсне значення фізичної величини.
4. Основні одиниці системи СІ.
5. Види вимірювань за принципом оцінювання похибки.
6. Шкала вимірювання температури.
7. Основні методи прямих вимірювань.
8. Класифікація технічних засобів.
9. Класифікація вимірювальних приладів за формою перетворення сигналу.
10. Варіація показань вимірювального приладу.
11. Основні складові похибок вимірювання.
12. Похибка вимірювальних пристроїв.
13. Зведена похибка.
14. Систематична похибка.
15. Основні наукові метрологічні центри України.
16. Повірка засобів вимірювання.
17. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки.
18. Методи повірки засобів вимірювання.
19. Організації, які мають право проводити повірку засобів вимірювальної техніки.
20. Складові Державної системи стандартів.
21. Еталонний засіб вимірювань, що застосовується для діапазону температур від 13,81К до 903,89К.
22. Вимірювальні засоби, що призначенні для вимірювання температур у діапазоні -200°C до 1500°C .
23. Манометричні термометри.
24. Основні умови функціонування термоелектричних термометрів.
25. Термоелектричний термометр з відкритим кінцем.
26. Схеми з'єднань термометрів опору.
27. Матеріали, що застосовуються для виготовлення чутливих елементів еталонних термометрів опору.
28. Термістори та їх використання.
29. Датчики температури, для яких використовується позначення «К» у відповідності до міжнародних стандартів.
30. Датчики, які найчастіше застосовуються на АЕС для вимірювання температур.
31. Типи пірометрів.
32. Оптичні пірометри.
23. Типи манометрів.
24. Конструкція манометру Бурдона.
25. Принцип дії сільфонних манометрів та їх застосування.
26. Контроль рівня теплоносія в реакторі.
27. Елементи конструкції витратомірів змінного перепаду тиску.

28. Вимірювання значення рН розчинів.
29. Основні елементи мас-спектрометру.
30. Складові рівня зв'язку з об'єктом управління АСУ ТП АЕС.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено *д.т.н. Хайрнасовим Сергієм Манісовичем*

Ухвалено кафедрою АЕ (протокол № 20 від 12. 06. 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 10 від 25. 06. 2024 р.)