



Теплотехнічні вимірювання

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 «Теплоенергетика»
Освітня програма	«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна та вечірня)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ECTS, 120 годин (18 лекц., 9 лаб. робіт., 66 год. с.р.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/експрес-опитування на лекціях, МКР, ДКР
Розклад занять	Згідно rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц., Сірий Олександр Анатолійович, 097-926-50-52 oasiryi@gmail.com Лабораторні роботи: к.т.н., ст. викл., Шелешей Тетяна Вікторівна, +380 98 902 64 66
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Google classroom): https://classroom.google.com/u/4/w/OTc4NzYyOTYwMzBa/t/all Матеріали ресурсу доступні в системі ЕК (Електронний кампус)

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Теплотехнічні вимірювання» входить до нормативної складової освітньої програми підготовки бакалаврів «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій». У структурно-логічній схемі навчання зазначена дисципліна розміщена у третьому семестрі другого року навчання студентів. Дисципліни, що її забезпечують, це «Фізика» і «Основи електротехніки та електроніки». Дисципліна забезпечує такі освітні компоненти: «Автоматизовані системи управління теплоенергетичними процесами».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей.

- ЗК 3 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 4 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 6 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 9 Здатність приймати обґрунтовані рішення
- ФК 2 Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем.
- ФК 7 Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики.

- ФК 8 Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.
- ФК 11 Здатність забезпечувати якість в теплоенергетичній галузі.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

- ПРН 2 Знати і розуміти інженерні науки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки у сфері теплоенергетики.
- ПРН 3 Розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Теплоенергетика».
- ПРН 4 Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.
- ПРН 6 Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання у теплоенергетиці; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.
- ПРН 7 Розробляти і проектувати складні вироби в теплоенергетичній галузі, процеси і системи, що задовольняють встановлені вимоги, які можуть включати обізнаність про технічні й нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти.
- ПРН 8 Застосовувати передові досягнення електричної інженерії та суміжних галузей при проектуванні об'єктів і процесів теплоенергетики.

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

Забезпечується: «Фізика», «Основи електротехніки та електроніки».

Забезпечує: «Автоматизовані системи управління теплоенергетичними процесами».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні відомості про теплотехнічні вимірювання

Тема 1. Основні відомості про теплотехнічні вимірювання на ТЕС та АЕС.

Розділ 2. Вимірювання температур

Тема 2.1. Загальні відомості про вимірювання температур

Тема 2.2. Термометри розширення.

Тема 2.3. Термоелектричні перетворювачі та вторинні. припади до них.

Тема 2.4. Термоперетворювачі опору та методи вимірювання опору.

Тема 2.5. Особливості вимірювання температури на АЕС.

Тема 2.6. Безконтактні методи вимірювання температури.

Тема 2.7. Похибки вимірювання температури за реальних умов.

Розділ 3. Вимірювання тиску, витрати та рівню

Тема 3.1. Вимірювання тиску, різниці тисків

Тема 3.2. Вимірювальні перетворювачі та системи дистанційної передачі показань.

Тема 3.3. Вимірювання рівню.

Розділ 4. Вимірювання витрат рідин, газів та пари.

Тема 4.1. Вимірювання витрат за перепадом тиску на звужуючому пристрої.

Тема 4.2. Витратоміри сталого перепаду, електричні, тахометричні та ультразвукові.

Тема 4.3. Градування приймачів повітряного тиску. Вимірювання швидкості та витрати повітря.

Розділ 5. Аналіз складу та властивостей речовин.

Тема 5.1. Аналіз складу газів.

Тема 5.2. Контроль якості води та пари.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы. Энергия 1978.- 702 с..
2. Теплотехнические измерения и приборы. / Г. М Иванова , Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков.- 2 е изд. перераб. и доп.- М.:Изд-во МЭИ, 2005. – 460 с..
3. Лукінюк М.В. Теплотехнічні вимірювання та прилади :Навч.посіб.- К.: НТУУ «КПІ»,2007.-436 с.
4. Ілющенко В.І.,Туяхов А.І., Сафьянц С.М. Вимірювання в енергетиці.2007.-340 с.
5. Прантенко В.В. Измерение технологических параметров на АЭС, Учебное пособие, УТЦ ОП АРС, Славутич, 2015 -164с.
6. Судаков А. В. Техника и методы физических измерений. Ядерные реакторы АЭС: учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 195 с.
7. Погосов А.Ю. Метрологическое обеспечение эксплуатации АЭС, О: Наука и техника, 2016. – 204 с.
8. Королев С.А., Михеев В.П. Датчики и детекторы физико-энергетических установок: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 232 с.
9. В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, Авдеева А.А. Теплотехнические испытания котельных установок. 1991, 416 с.

Допоміжна

1. Лысыков Б. В., Прозоров В. К. Реакторная термометрия. – М.: Атомиздат, 1980.- 199 с.
2. Гордов А. Н., Жигало О. М., Иванова А. Г. Основы температурных измерений. Энергоатомиздат, 1992. - 304 с..
3. Теплотехнічні вимірювання та прилади: метод. рек. до самост. роботи студ. за напрямами підготов. 6.050601 «Теплоенергетика», 6.050603 «Атомна енергетика», 6.050604 «Енергомашинобудування» / Уклад. О.В. Георгієв, Л.І.Федорченко, Д.П.Печерський.- К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 40 с.
4. Градування приймачів повітряного тиску. Вимірювання швидкості та витрати повітря [Електронний ресурс]: навч. посіб. для лабор. робіт студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» /Укладачі: М.З. Абдулін, О.А. Сірий, Д.З. Пакош, О.О. Кобилянська; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,6 мБайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 65 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42394>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Опанування навчальної дисципліни базується на попередньому опрацюванні матеріалу кожної лекції, що надсилається викладачем заздалегідь, з подальшим опитуванням і детальним розглядом окремих питань під час проведення лекції або зустрічі при дистанційному режимі навчання. Крім того, в рамках проведення лабораторних занять, студентами набуваються базові навички проведення основних теплотехнічних вимірювань, методик та приладів. У якості

закріплення матеріалу передбачено виконання модульних контрольних робіт та індивідуальної домашньої контрольної роботи.

Найменування розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні	СРС
Розділ 1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ НА ТЕС ТА АЕС				
Тема 1.1 Основні відомості про теплотехнічні вимірювання на ТЕС та АЕС	6	2		4
Разом за розділом 1	6	2		4
Розділ 2 ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУР.				
Тема 2.1 Загальні відомості про вимірювання температур	5	2		3
Тема 2.2 Термометри розширення.	6	4		2
Тема 2.3 Термоелектричні перетворювачі та прилади до них.	7	2	2	3
Тема 2.4 Термоперетворювачі опору та методи вимірювання опору.	5	2	2	1
Тема 2.5 Особливості вимірювання температури на АЕС	5	2		3
Тема 2.6 Похибки вимірювання температури за реальних умов.	6	2	2	2
Тема 2.7 Вимірювання температури за допомогою пірометрів випромінювання	10	4	2	4
Разом за розділом 2	61	18	8	20
Розділ 3 ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ, РОЗРІДЖЕННЯ,ВИТРАТИ ТА РІВНЮ				
Тема 3.1 Вимірювання тиску, розрідження, різності рівнів.	10	4	2	4
Тема 3.2 Вимірювальні перетворювачі та системи дистанційної передачі показань.	12	4	2	6

Найменування розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні	СРС
Тема 3.3 Вимірювання рівню	8	2		6
Модульна контрольна робота, частина I	4			4
Разом за розділом 3	34	10	4	20
Розділ 4 ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ТА ВИТРАТИ РІДИН, ГАЗІВ ТА ПАРИ.				
Тема 4.1 Вимірювання витрати за перепадом тиску на звужуючому пристрої.	9	2	2	5
Тема 4.2 Витратоміри сталого перепаду, електричні, тахометричні та ультразвукові	5	1	1	3
Тема 4.3 Градування приймачів повітряного тиску. Вимірювання швидкості та витрати повітря	5	1	1	3
Разом за розділом 4	19	4	4	11
Розділ 5 АНАЛІЗ СКЛАДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВИН.				
Тема 5.1 Аналіз складу газових середовищ на АЕС.	6	2		4
Тема 5.2 Контроль якості води та пари.	8	2	2	4
Домашня контрольна робота	3			3
Разом за розділом 5	17	4	2	11
Екзамен	5			5
Всього годин	120	36	18	66

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ НА ТЕС ТА АЕС	

1.	Тема 1.1 Основні відомості про теплотехнічні вимірювання на ТЕС та АЕС Предмет та завдання дисципліни . Структура курсу та зв'язок з іншими дисциплінами. Роль та завдання теплотехнічного контролю та вимірювань на електростанціях. Складання функціональних схем теплотехнічного контролю на АЕС. Інформаційно вимірювальні системи у складі АСУ ТП АЕС. Перспективні напрямки розвитку приладобудування. [2], с. 213-219.
Розділ 2 ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУР.	
2.	Тема 2.1. Загальні відомості про вимірювання температур Лекція 2 Загальні відомості про температуру. Класифікація засобів вимірювання температури та межі застосування промислових засобів вимірювання температури. Дидактичний матеріал: Плакат: „Межі застосування промислових засобів вимірювання температури”.[1], с. 65-75; [2], с. 16-18. Завдання до СРС. Практичні температурні шкали. [2], с. 16-18; [3], с. 8-12, 18-22.
3.	Тема 2.2 Термометри розширення. Лекція 3,4 Дилатометричні та біметалічні термометри, їх різновиди за призначенням. Манометричні термометри, типи, конструкція. Галузь застосування манометричних термометрів на електростанціях. Похибки, що виникають при вимірюванні ними та способи їх усунення. Дидактичний матеріал [3д], рис 3,4.[1], с. 75-83; [2д], с. 147-154. Завдання до СРС: Скляні рідинні термометри розширення, їх класифікація, типи, конструкція, внесення поправок до показань технічних та лабораторних термометрів. Область застосування РСТ на електростанціях.[2], с. 19-22; [1], с. 65-75.
4.	Тема 2.3 Термоелектричні перетворювачі та вторинні прилади до них. Лекція 5 Теплоелектричні перетворювачі (ТЕП): основи теорії термо-ЕРС, градувальна характеристика ТЕП. Питання практичного вимірювання температури за допомогою ТЕП. Типи ТЕП та їх конструкція. Реєстраційний потенціометр РП-160. Типи потенціометрів. [2], с. 2431; [2д], с. 326-344. Завдання до СРС: Вторинні прилади для вимірювання температур за допомогою ТЕП: магнітоелектричні мілівольтметри, схема підключення у ланцюг ТЕП. Компенсаційні дроти. Автоматичне введення поправки на температуру вільних кінців. [1], с. 120-140; [2], с. 35-32; [3], с. 100-104. .Компенсаційний метод вимірювання термо-ЕРС. Робота переносного та автоматичного потенціометрів. [1], с. 143, 144, 146-165; [2], с. 39-43.
5.	Тема 2.4 Термоперетворювачі опору та методи вимірювання опору. Лекція 6 Загальні відомості про термоперетворювачі опору (ТПО): типи ТПО (дротяні та напівпровідникові), метрологічні характеристики, конструкція.[1], с. 188-207; [2], с. 43-48, Завдання до СРС: Вимірювальні комплекти з ТПО. Рівноважні та нерівноважні мости та логометри. Автоматичні мости. Робота. Типи.[1], с. 213-217; с. 221-229; [2], с. 48-55.
6.	Тема 2.5 Особливості вимірювання температур в умовах експлуатації АЕС. Лекція 7.

	Кабельні ТЕП, їх конструкція, типи. Вимірювання температури теплоносія в реакторах типу ВВЕР. Вимірювання температур оболонок ТВЕЛів та палива. Вимірювання температури графітової кладки та плит за допомогою багатозонних ТЕП та зборок. Промислові комплекти. Закордонні кабельні ТЕП. [2], с. 75-77; [3], с. 91-92; [3д]; рис 14, 15, 16.
7.	Тема 2.6 Похибки вимірювання температури за реальних умов. Лекція 8. Причини виникнення похибок при вимірюванні температури в умовах експлуатації електростанцій (загальний випадок). Методичні похибки при вимірюванні температури середовища, що обмовленні теплопровідністю та методи їх усунення. [2], с. 68-70; [1], с. 238-245 Завдання до СРС: Методичні похибки при вимірюванні температури газу та пари. Способи їх усунення. [1], с.234-238; [2], с.70-72; [3]с.144-152.
8.	Тема 2.7. Вимірювання температури на ТЕС за допомогою пірометрів випромінювання. Лекція 9 Пірометри випромінювання . Оптичні та радіаційні пірометри. Фотоелектричні та кольорові пірометри. Інфракрасна апаратура. [2], с.57-68. Завдання до СРС: Конструктивні особливості та точність вимірювання температури за допомогою . оптичного та радіаційного пірометрів. [1], с.230-233.
Розділ 3 ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ, РОЗРІДЖЕННЯ,ВИТРАТИ ТА РІВНЮ	
9.	Тема 3.1 Вимірювання тиску, розрідження, різниці тисків. Лекція 10 Одиниці тиску. Деформаційні манометри: пружинні, мембранні, сифонні. Принцип роботи, типи, технічні характеристики. Електричні прилади для вимірювання тиску, різниці тисків: тензорометричні прилади типу „САПФІР”. Диференційні манометри, їх конструкція, типи, основні технічні характеристики. П'єзоелектричні манометри. Дидактичний матеріал: [7], рис. 29-33, 35-42. Плакати: „Перетворювач тиску „САПФІР-22ДИ”, „Дифманометр „САПФІР-22ДД”, „Мембранний дифманометр. [1] , с. 361-381; [2], с. 99-114. Завдання до СРС: Рідинні манометри та дифманометри. [1], с. 361-381; [2], с. 93-99.
10	Тема 3.2 Вимірювальні перетворювачі та системи дистанційної передачі показань. Лекція 11. Перетворювачі з магнітною та електросиловою компенсацією. Нормуючі перетворювачі. Дидактичний матеріал: [3д], рис. 56; рис. 56а;, 56б, 56в, 56г. Плакати: „Принципова схема перетворювача з магнітною компенсацією”. Принципова схема лінійного електросилового перетворювача”. [1], с. 321-329; [2], с. 66-89; 91-93. Завдання до СРС: Індукційні та диференційно-трансформаторні схеми теплопередачі, вторинні прилади з ДТП. [1], с. 305-313; [2], с. 81-86.
11	Тема 3.3 Вимірювання рівню. Лекція 12 Загальні відомості про вимірювання рівню. Схеми вимірювання рівню рідин за допомогою дифманометрів. Вимірювання рівнів в барабані котлів ТЕС та парогенераторів на АЕС. Введення корекції по тиску та густині. Вимірювання рівню пилу у промбункері

	котла на ТЕС. [2], с.142-145; [2], с.530-543. Дидактичний матеріал: [7], рис. 58, 59. Завдання до СРС: Механічні, гідростатичні, акустичні, радіоізотопні рівнеміри. [1], с. 361, 363, 548-550; [2], с. 147-149, 142, 158-159
12	Тема 3.3 Вимірювання рівню. Лекція 13, Вимірювання рівня води у підігрівачах живильної та мережевої води на електростанціях. Вимірювання рівню у конденсаторі турбіни. Електричні рівнеміри. Перспективні рівнеміри. [1] с. 544-546. [2], с. 146. Дидактичний матеріал: [3д], рис. 60,61.
Розділ 4 ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ТА ВИТРАТИ РІДИН, ГАЗІВ ТА ПАРИ.	
13	Тема 4.1 Вимірювання витрати за перепадом тиску на звужую чому пристрої. Лекція 14 Класифікація витратомірів. Основи теорії вимірювання витрати за перепадом тиску на звужуючому пристрої. Робочі формули витрати. Стандартні та нестандартні пристрої. Оцінка похибки вимірювання витрати. Норми. [1], с. 434-462, с. 466-474. [2], с. 116-124, 127-130, Вимірюванні витрати за допомогою дифманометра (ДМ). Схеми підключення ДМ до звужую чого пристрою при вимірюванні витрати рідин, газів та пари. Дидактичний матеріал: Плакати „Характер потоку та розподіл статичного тиску при встановленні у трубопроводі діафрагми”. „Стандартні звужуючі пристрої”, „Подвійні діафрагми”. [1], с. 434-462, с. 466-474. [2], с. 116-124, 127-130, Завдання до СРС: Розрахунок звужуючих пристроїв [5д].
14	Лекція 15 Вимірюванні витрати за допомогою дифманометра (ДМ). Схеми підключення ДМ до звужую чого пристрою при вимірюванні витрати рідин, газів та пари. [1], с.466-474.
15	Тема 4.2 Витратоміри сталого перепаду, електричні, тахометричні та ультразвукові. Лекція 16 Витратоміри, що використовуються в умовах експлуатації АЕС : тахометричні, кулькові типу „Шторм”. Безконтактні методи вимірювання витрати: електромагнітні витратоміри. Перспективні типи витратомірів. Дидактичний матеріал: [7], рис. 43 - 45. Плакати: „Витратомір тип „Шторм””, Електромагнітний витратомір з перемінним магнітним полем. Завдання на СРС: Витратоміри сталого перепаду тиску. Ультразвукові витратоміри. Галузь використання. [1], с. 503-509; [2], с. 130-132, 137-140.
16	Тема 4.3 Градування приймачів повітряного тиску. Вимірювання швидкості та витрати повітря. [9] с. 235-245. Завдання на СРС: Оцінка похибки вимірювання витрати комплектом ППТ та чашкового дифманометру з похилою мірною трубкою [4 д] с. 62-63
Розділ 5 АНАЛІЗ СКЛАДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВИН.	
17	Тема 5.1 Аналіз складу газових середовищ на ТЕС. Лекція 17 Вимірювання складу газових середовищ на АЕС у системах, що забезпечують безпечне функціонування технологічних об’єктів. Термокондуктометричні газоаналізатори на H_2 , термохімічні газоаналізатори.

	[2], с. 168-172; [3д] рис. 62, 63.
18	Тема 5.2 Контроль якості води та пари. Лекція 18 Електрохімічний аналіз якості води та пари. Електродні та безелектродні кондуктометри. Оптичний метод аналізу рідини. Автоматичний кремніємір АВ-211.[2], с. 186-193. Завдання до СРС: Принцип дії та вимірювальні схеми рН-метрів. Промислові типи рН-метрів. [2], с. 193-200.

6. Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних занять: закріпити
та поглибити теоретичний програмний матеріал та оволодіти практичними навичками роботи з технічними засобами вимірювання, їх повірки, дослідження можливих джерел похибок та аналізу результатів спостережень.

Рекомендовані теми лабораторних робіт наведено у таблиці

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)
1.	Лабораторна робота №1. - Дослідження роботи вимірювальних перетворювачів
2.	Лабораторна робота №2 - Повірка манометричного термометра за допомогою лабораторного скляного термометра
3.	Лабораторна робота №3 - Повірка аналогового показуючого вимірювального приладу.
4.	Лабораторна робота №4. - Вимірювання температури на ТЕС та АЕС пірометрами випромінювання.
5.	Лабораторна робота №5. - Повірка автоматичних потенціометрів.
6.	Лабораторна робота №6. - Дослідження вторинних приладів прямого перетворення (логометрів).
7.	Лабораторна робота №7. - Повірка автоматичних електронних мостів типу КСМ.
8.	Лабораторна робота №8. - Вивчення та повірка приладів для вимірювання тиску за дистанційною передачею показань.
9.	Лабораторна робота №9. - Градування приймачів повітряного тиску. Вимірювання швидкості та витрати повітря.

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Загальні відомості про вимірювання температур. Практичні температурні шкали.	5
2.	Термометри розширення: Скляні рідинні термометри розширення, їх класифікація, типи, конструкція. Внесення поправок до показань технічних та лабораторних термометрів. Область застосування РСТ на електростанціях	5
3.	Вторинні прилади для вимірювання температур за допомогою ТЕП: магнітоелектричні мілівольтметри, схема підключення у ланцюг ТЕП. Компенсаційні дрослі. Автоматичне введення поправки на температуру	10

	вільних кінців. Компенсаційний метод вимірювання термо-ЕРС. Робота переносного та автоматичного потенціометрів	
4.	Вимірювальні комплекти з ТПО. Рівноважні та нерівноважні мости та логометри. Автоматичні мости. Робота. Типи. Методичні похибки при вимірюванні температури газу та пари. Способи їх усунення.	7
5.	Конструктивні особливості та точність вимірювання температури за допомогою оптичного та радіаційного пірометрів.	2
6.	Рідинні манометри та дифманометри	2
7.	Індукційні та диференційно-трансформаторні схеми теплопередачі, вторинні прилади з ДТП	2
8.	Механічні, гідростатичні, акустичні, радіоізотопні рівнеміри.	2
9.	Розрахунок звужуючих пристроїв	4
10.	Витратоміри сталого перепаду тиску. Ультразвукові витратоміри. Галузь використання	2
11.	Принцип дії та вимірювальні схеми рН-метрів. Промислові типи рН-метрів.	2

8. Контрольні роботи

Основні цілі контрольних робіт: *засвоєння матеріалу студентами*

Основне місце контрольних робіт: *займають одне з основних місць в рейтинговій системі оцінювання результатів навчання.*

Методика проведення контрольних робіт: *Студентам пропонується виконати за семестр 1 контрольну роботу по розділам 2-5. В письмовій формі відповісти на отримані 2 питання*

Завдання для контрольної роботи надані у додатку А

Завдання до домашньої контрольної роботи наведені у додатку Б

Політика та контроль

9. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Досконале оволодіння студентами сучасними знаннями в галузі теплотехнічних вимірювань потребує пошуку підвищення ефективності системи навчання завдяки впровадженню такої організації навчального процесу, яка б ширше використовувала творчий потенціал студентів. Таке підвищення якості системи навчання стає можливим завдяки розробці ефективних методів подання матеріалу:

- перед викладанням лекційного матеріалу студентам видається ілюстративний матеріал, що дає їм можливість вільно орієнтуватися у поданому матеріалі;

- викладання курсу супроводжується демонстрацією новітніх засобів вимірювання, представлених на плакатах, а також демонстрацією засобів вимірювань, в тому числі, сучасних, які побудовані на новій елементній базі ;

- викладання матеріалу супроводжується подачею нових державних стандартів України-ДСТУ, методичними посібниками та новою літературою;

- з метою стимулювання самостійної роботи студентів, як основної складової частини всіх різновидів навчальної роботи, під керівництвом викладача, їм видаються індивідуальні завдання різної складності;

- під час виконання лабораторних робіт студенти мають можливість закріпити лекційний

матеріал та отримати навички практичної роботи з теплотехнічними приладами та методикою їх повірки;

- виконання лабораторних робіт завершується їх оформленням та захистом, під час якого оцінюється глибина засвоєння теоретичного та практичного матеріалу;

- засвоєння матеріалу перевіряється також на основі виконання модульної та домашньої контрольної роботи;

- підсумкові знання оцінюються з використанням підсумкової рейтингової оцінки знань з урахуванням усіх різновидів навчальної роботи студентів.

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

Види контролю знань аспірантів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання контрольних робіт;
- відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

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

1. Виконання та захист мінімум 6 лабораторних робіт з відповідних тем з оцінкою рівня теоретичних знань відповідного розділу робочої навчальної програми.
2. Дві контрольні роботи (МКР та ДКР).
3. Відповідь на екзамені.

Система рейтингових(вагових) балів та критерії оцінювання

1. Виконання лабораторних робіт та їх захист у відповідності з засвоєнням навчального матеріалу відповідного розділу робочої навчальної програми та з урахуванням виконання індивідуальних домашніх завдань

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів дорівнює $8 \text{ балів} \times 6 = 48$.

Ваговий бал 8: Глибоке розкриття закономірностей, що досліджувались у лабораторній роботі. Вчасно та якісно підготовлений протокол роботи. Вміння застосовувати теоретичний матеріал для обробки експериментальних даних, експериментальна частина та висновки по роботі виконані без помилок. Самостійне домашнє завдання містить повні, обґрунтовані відповіді, не містить помилок.

6 балів: Під час оформлення звіту про виконання роботи допущені неточності при обробці експериментальних даних, формулюванні висновків по результат роботи або теоретичного матеріалу.

3 бали: Звіт про виконання роботи неповний, допущенні помилки при обробці експериментальних даних, формулюванні висновків по результат роботи. Теоретичний матеріал під час захисту роботи викладається неповно. Самостійне домашнє завдання містить неповні, недостатньо обґрунтовані відповіді.

0 балів: Протокол лабораторної роботи підготовлений невчасно, студент усунений від виконання експерименту. Домашнє завдання самостійної роботи не виконано, студент не володіє теоретичним матеріалом або робота вчасно не захищена за неповажних причин.

2. Контрольні роботи

Ваговий бал – 6. Максимальна кількість балів дорівнює $6 \text{ балів} \times 2 = 12 \text{ балів}$.

Ваговий бал 6 Відповідь правильна, повна, обґрунтована, матеріал подано повністю, відповіді сформульовані чітко з виведенням необхідних формул.

5 балів: Відповідь правильна, обґрунтована, але невичерпна, має несуттєві помилки.

3 балів: Відповідь неповна або знайдено неправильний хід викладення необхідних закономірностей або формул.

0 балів: Відповідь містить менше 60% правильного викладення матеріалу завдань.

Штрафні та заохочувальні бали r_s за:

- недопуск до лабораторних робіт у зв'язку з незадовільним вхідним контролем (відсутність протоколу та невиконання індивідуального домашнього завдання)

.....-1 бал

- відсутність на лабораторному занятті без поважної причини.....-2 бали

- несвоєчасний захист теми з неповажних причин.....-2 бали

- відсутність на лекції з неповажної причини.....-0,5 бали

- відсутність конспекту за темою пропущеної лекції.....-0,5 бали

- за умов своєчасного виконання усіх видів робіт, передбачених навчальним планом, студент одержує 5 заохочувальних балів.

Семестровим контролем є екзамен.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = \sum_k R_k = 6 \cdot 8 + 2 \cdot 6 = 60 \text{ балів.}$$

Рейтингова оцінка (RD) дисципліни формується як сума балів поточної успішності навчання

$$r_c = \sum_k r_k + \sum_s r_s \text{ та екзаменаційних балів } r_e: \quad RD = \sum_k r_k + \sum_s r_s + r_e$$

Екзаменаційна складова шкали становить 40% від $R=100$, а саме

Рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_c + R_e = 100$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування модульних контрольних робіт та всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг (r_c) не менший 50% від R_c , тобто 30 балів.

До складу екзаменаційного білету (Додаток 3) входять три питання з різних розділів програми.

Кожне питання екзаменаційного білету (r_1, r_2, r_3) оцінюється у 12-14 балів відповідно до наведених нижче критеріїв оцінювання. Розмір шкали оцінювання екзаменаційної роботи становить 50 балів.

Критерії оцінки відповідей та відповідні бали за виконання завдань наводяться в таблиці

12 -14: балів	Відповідь повна, обґрунтована, не містить помилок. Глибоке розкриття матеріалу (містить не менше 90% потрібної інформації). Демонструється якісне засвоєння теоретичного матеріалу та вміння творчого підходу при викладенні поставлених питань. Відповідь повинна містити чітке висвітлення суті завдання, ілюструючи його відповідними схемами або конструкціями та, в разі
------------------	--

	необхідності, розрахунками або формулами.
9-11 балів:	Студент демонструє глибоке засвоєння теоретичного матеріалу та може робити аналітичні висновки при оформленні відповідей. Допущено деякі неточності при висвітленні матеріалу або наявні несуттєві помилки у відповіді.
5 - 8 балів:	Відповідь містить не менше 60% правильних за змістом визначень та пояснень Під час висвітлення відповіді на завдання матеріал подано не в повному обсязі.
0 балів:	Завдання виконано з суттєвими помилками, або його розв'язок не доведений до логічного завершення, теоретичний матеріал не засвоєний. Відповідь містить менше 60% правильних за змістом розв'язків

Рейтингова оцінка з кредитного модуля та традиційні оцінки для занесення їх до екзаменаційно- залікової відомості та залікової книжки здійснюється у відповідності до нижче наведеної таблиці.

Оцінки (ECTS та традиційна) до залікової відомості виставляються згідно з таблицею:

Значення семестрового рейтингу RD з кредитного модуля $RD = r_1 + r_2 + r_3 + r_c$	Оцінка ECTS та визначення	Традиційна екзаменаційна (диф. залік) оцінка
$95 \leq RD = 100$	A	відмінно
$85 \leq RD < 95$	B	дуже добре
$75 \leq RD < 85$	C	добре
$65 \leq RD < 75$	D	задовільно
$60 \leq RD < 65$	E	достатньо (задовольняє мінімальні)
$RD < 60$	F _x – незадовільно	незадовільно
$RD < 40$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	не допущено

Перелік контрольних завдань для модульної контрольної роботи з кредитного модулю “Теплотехнічні вимірювання”

1. Вимірювання температури за допомогою ТЕП. Принцип дії ТЕП, градуювальна характеристика. Типи промислових ТЕП.
2. Вимірювання температури за допомогою неврівноваженого вимірювального мосту. Особливості роботи та схема.
3. Похибки ТЕП від коливання температури вільних кінців та способи їх уникнення.
4. Вимірювання температури за допомогою автоматичних електронних мостів.
5. Вимірювання температур на АЕС за допомогою багатозонних ТЕП.
6. Схема логометра із симетричною схемою. Включення ТПО у схему.
7. Методична похибка термоперетворювачів за рахунок теплопровідності та способи її зменшення в умовах експлуатації на електростанціях.
8. Вимірювання температур на електричних станціях. За допомогою ТПО. Типи ТПО, їх основні характеристики.
9. Компенсаційний метод вимірювання напруги. Класифікація потенціометрів, що працюють за цим методом.
10. Термометри розширення: дилатометричні термометри. Біметалічні термометри. Конструкція. Принцип роботи. Область використання.
11. Включення вимірювального приладу у ланцюг ТЕП. Термобатарей та диференціальний термометр.
12. Вимірювання втрати рідин, газів та пари за перепадом тиску у звужуючому пристрої.
13. Тип стандартних та нестандартних звужуючих пристроїв.
14. Рідинні прилади для вимірювання тисків та розріджень. Область використання на електростанціях.
15. Класифікація пружинних манометрів. Манометри з трубчатими пружинами. Область використання. Типи.
16. Мембранні манометри для дистанційної передачі показань.
17. Вимірювання рівню у підігрівачах та конденсаторах турбін на АЕС та ТЕС.
18. Тензометричні манометри та дифманометри типу „САПФИР – 22”.

Таблиця 1- Варіант результатів спостережень, кПа

Номер варіанта	K_p	P_k	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
1	0,5	7,5	3,01	3,02	2,78	3,26	3,00	2,99	2,84	3,07	2,88
2	1,5	7,5	4,01	4,02	3,84	4,00	4,30	4,07	3,88	3,83	4,05
3	0,5	15,0	7,93	8,25	8,30	8,16	8,45	8,16	8,10	8,14	7,97
4	0,5	15,0	8,97	8,94	9,07	9,03	8,79	8,93	9,06	9,00	8,97
5	1,0	7,5	6,20	6,72	6,44	6,35	6,30	6,38	6,19	6,08	6,30
6	2,5	15,0	7,54	7,39	7,50	7,48	7,58	7,44	7,43	7,48	7,68
7	1,5	7,5	7,01	6,97	6,91	6,84	7,12	7,36	7,15	7,07	6,86
8	1,0	7,5	5,54	5,45	5,78	5,67	5,99	5,78	5,75	5,73	5,73
9	0,5	15,0	9,40	9,41	9,40	9,38	9,41	9,29	9,39	9,42	9,40
10	2,5	15,0	9,24	9,26	9,28	9,42	9,04	9,26	9,21	9,20	9,24
11	1,0	7,5	7,39	7,33	7,23	7,46	7,64	7,26	7,12	7,31	7,14
12	0,5	7,5	3,57	3,38	3,07	3,51	3,52	3,51	3,50	3,52	3,49
13	1,5	7,5	5,07	4,88	5,01	5,02	4,87	5,00	4,86	5,41	5,13
14	0,5	15,0	9,41	9,25	9,54	9,73	9,53	9,48	9,27	9,51	9,40
15	1,5	15,0	8,75	8,48	8,55	8,61	8,57	8,54	8,43	8,27	8,50
16	1,0	7,5	5,15	5,49	5,22	5,17	5,30	5,32	5,28	5,16	5,29
17	0,5	7,5	3,32	3,13	3,26	3,27	3,46	3,03	3,25	3,26	3,27
18	1,0	7,5	4,70	4,57	4,38	4,51	4,52	4,28	4,51	4,50	4,56
19	2,5	7,5	3,88	4,10	3,90	3,59	3,81	3,63	3,76	3,75	3,80
20	1,0	7,5	5,57	5,38	5,72	5,51	5,52	5,50	5,48	5,50	5,56
21	0,5	7,5	4,82	4,63	4,76	4,77	4,52	4,75	4,69	4,78	4,75
22	0,5	15,0	6,79	6,49	6,80	6,41	6,81	6,75	6,72	6,75	6,67
23	1,5	15,0	9,09	8,98	9,07	9,93	8,97	9,02	8,98	8,96	8,57
24	1,0	15,0	9,09	8,98	9,07	9,03	8,97	9,02	8,98	8,96	8,57
25	1,0	7,5	8,02	8,01	7,83	8,03	7,94	8,07	7,95	7,89	8,01
26	0,5	7,5	6,06	5,88	6,01	5,94	6,15	6,10	5,97	6,35	5,97
27	2,5	7,5	6,51	6,38	6,57	6,70	6,54	6,46	6,50	6,40	6,50

Перелік питань до іспиту з курсу «Теплотехнічні вимірювання»

1.	Автоматичні електронні мости. Типи, принципова електрична схема моста КСМ-1.
2.	Автоматичні електронні потенціометри РП-160. Цифрові вторинні прилади вимірювання температури
3.	Вимірювальний комплект витрат. Мембранні та сильфонні дифманометри.
4.	Вимірювальні комплекти тиску вторинними приладами диф.-трансформат. Системи Типу КСД-1.
5.	Вимірювання витрат на ТЕС з використанням електромагнітних витратомірів.
6.	Вимірювання витрат нормалізованими звужуючими пристроями. Витратна характеристика. Особливості вибору та монтажу звужуючих пристроїв.
7.	Вимірювання витрат рідин, пару та газу на ТЕС. Пневматичні витратоміри (напорні трубки Піто).
8.	Вимірювання опору ТЕП незрівноваженими вимірювальними мостами.
9.	Вимірювання опору ТПО порівнювальним вимірювальним мостом (2-х та 3-х провідні схеми)
10.	Вимірювання температури та температурні шкали.
11.	Вимірювання тиску та розрідження на ТЕС. Рідинні прилади вимірювання тиску та розрідження.
12.	Вторинні прилади для вимірювання опору ТПО. Логометри (принцип дії, робота та типи приладів).
13.	Дилатометричні та біметалічні термоперетворювачі.
14.	Електричні термоперетворювачі опору. Принцип дії, типи перетворювачів.
15.	Електромагнітні витратоміри з перемінним магнітним полем.
16.	Електромагнітні витратоміри з постійним магнітним полем.
17.	Класифікація дифманометрів. Схема колокольного дифманометра.
18.	Класифікація пірометрів та закони випромінювання, які використовуються при конструюванні пірометрів.
19.	Класифікація пружинних манометрів. Манометри з трубчатими пружинами.
20.	Кольорові пірометри. Принцип дії, типи пірометрів. Аналіз схемних рішень.
21.	Компенсаційний метод вимірювання Т.Е.Д.С. Переносні потенціометри.
22.	Компенсаційний метод вимірювання температури. Класифікація потенціометрів. Принципова електрична схема переносного потенціометра.
23.	Конденсаційні манометричні термометри. Конструкції та особливості їх застосування.

24.	Конструктивні особливості термоелектричних перетворювачів. Інерційність ТЕП.
25.	Логометри. Принцип дії, конструкція та електрична схема логометра.
26.	Магнітоелектричні мілівольтметри. Конструкція, робота та типи приладів.
27.	Манометричні газові термоперетворювачі.
28.	Мембранні та сильфонні манометри.
29.	Методи вимірювання фізичних величин.
30.	Мілівольтметри (принцип дії та робота приладу).
31.	Напівпровідникові термоперетворювачі опору. Конструкція, особливості та градувальні характеристики.
32.	Одноканальні та двоканальні кольорові пірометри. Принцип дії та особливості приладів.
33.	Оптичні пірометри.
34.	Особливості вибору та монтажу стандартних звужуючих пристроїв.
35.	Особливості вимірювання температури на АЕС. Вимірювання температури оболонок ТВЕЛів
36.	Особливості вимірювання температури на АЕС. Кабельні ТЕП.
37.	Особливості вимірювання температури поверхні металів на ТЕС.
38.	П'єзоелектричні манометри.
39.	Підключення вимірювального приладу до ланки термоелектричного перетворювача Термобатарея та диференційний термометр.
40.	Підключення мілівольтметра до ланки ТЕП. Вибір термокомплекту з мілівольтметром.
41.	Похибки термоелектричних перетворювачів від непостійності «холодних» спаїв та способи їх усунення.
42.	Похибки термоперетворювачів променевим теплообміном та способи їх усунення.
43.	Похибки термоперетворювачів тепловідводом та способи їх усунення.
44.	Принципова електрична схема потенціометра КСП-4. Одноканальний реєстратор РП-160.
45.	Пружинні манометри з дистанційною передачею показань диференційно-транспортної системи.
46.	Радіаційні пірометри.
47.	Рідинні дифманометри. Особливості приладів.
48.	Рідинні манометричні перетворювачі.
49.	Рідинні манометричні термоперетворювачі.
50.	Рідинні термометри розширення. Принцип дії та перелік приладів.
51.	Сильфонні манометри з дистанційною передачею показань, які використовують електросилові лінійні перетворювачі.
52.	Сильфонні манометри з дистанційною передачею показань.
53.	Схема підключення логометра та термоперетворювача опору (3-х провідна схема).
54.	Схеми встановлення манометрів на трубопроводах. Типи манометрів.
55.	Схеми підключення дифманометрів до звужуючих пристроїв.

56.	Тензометричні дифманометри «САПФІР – 22ДД»
57.	Теплотехнічні вимірювання на ТЕС. Інформаційно-вимірювальні системи в складі АСК
58.	Термоелектричні перетворювачі. Принцип дії, Т.Е.Д.С., градувальна характеристика та типи перетворювачів.
59.	Типи стандартних та нестандартних звужуючих пристроїв.
60.	Типи та конструктивні особливості стандартних та нестандартних звужуючих пристроїв.
61.	ТП ТЕС. Уніфікація вимірювальних приладів.
62.	Фотоелектричні пірометри. Схема пірометра ФЕП-4.
63.	Якісні характеристики засобів вимірювання.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри, к.т.н., Сірий Олександр Анатолійович

Ухвалено кафедрою теплоенергетичних установок теплових та атомних електростанцій (протокол № 19 від 18.06.2021 р.)

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