



# ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ І ПРИЛАДИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>142 Енергетичне машинобудування</i>
Освітня програма	<i>Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,0 кредити ЄКТС (120 годин): 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних робіт, 66 годин самостійної роботи</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>лекційне заняття один раз на тиждень лабораторна робота раз на 2 тижні <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор, лабораторні: <i>Алексейк Ольга Сергіївна</i> , тел.063-241-80-64, e-mail: <a href="mailto:olhaalekseik@ukr.net">olhaalekseik@ukr.net</a>
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

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

**Предмет дисципліни:** *прилади та датчики для вимірювання основних технологічних параметрів теплоенергетичного обладнання: температур, тисків, рівня, витрати технологічних середовищ та газового аналізу. 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 монтажем технічних засобів контролю та вимірювання; 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.

#### Загальні:

- *Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 3).*
- *Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 4).*
- *Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 7).*

- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 8).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 9).
- Здатність працювати в команді (ЗК 10).
- Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК 15).

#### **Фахові:**

- Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії (ФК 2).
- Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності (ФК 3).
- Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів у ході підготовки виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових енергетичних об'єктів та систем (ФК 7).
- Здатність виконувати роботи зі стандартизації, уніфікації та технічної підготовки до сер-тифікації технічних засобів, систем, процесів, устаткування й матеріалів, організувати метроло-гічне забезпечення теплотехнологічних процесів з використанням типових методів контролю яко-сті продукції у галузі енергетичного машинобудування (ФК 9).

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі **результати навчання**:

- Знання і розуміння інженерних дисциплін на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях (ПРН 2).
- Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати додатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень (ПРН 4).
- Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування (ПРН 6).
- Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН 12).
- Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміння їх обмежень відповідно до спеціалізації спеціальності 142 Енергетичне машинобудування (ПРН 13).
- Розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя (ПРН 20).
- Аналізувати розвиток науки і техніки (ПРН 21).

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

*Пререквізити: ПО 1 Вища математика; ПО 2 Фізика; ПО 8 Тепломасообмін;*

*Постреквізити: ПО 26 Переддипломна практика*

**3. Зміст навчальної дисципліни**

**Лекційні заняття**

**Розділ 1 Основи метрології.**

*Тема 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. Основні відомості про теплотехнічні вимірювання.*

**Розділ 4. Вимірювання температур**

*Тема 4.1. Загальні відомості про вимірювання температур*

*Тема 4.2. Термометри розширення.*

*Тема 4.3. Термоелектричні перетворювачі та вторинні. припади до них.*

*Тема 4.4. Термоперетворювачі опору та методи вимірювання опору.*

*Тема 4.5. Особливості вимірювання температури на АЕС.*

*Тема 4.6. Безконтактні методи вимірювання температури.*

*Тема 4.7. Похибки вимірювання температури за реальних умов.*

**Розділ 5. Вимірювання тиску, витрати та рівню**

*Тема 5.1. Вимірювання тиску, різниці тисків*

*Тема 5.2. Вимірювальні перетворювачі та системи дистанційної передачі показань.*

*Тема 5.3. Вимірювання рівню.*

**Розділ 6. Вимірювання витрат та аналіз складу рідин, газів та пари.**

*Тема 6.1. Вимірювання витрат за перепадом тиску на звужуючому пристрої.*

*Тема 6.2. Витратоміри сталого перепаду, електричні, тахометричні та ультразвукові.*

*Тема 6.3. Аналіз складу газів.*

*Тема 6.4. Контроль якості води та пари.*

**Рекомендований перелік лабораторних робіт**

- 1. Дослідження роботи вимірювальних перетворювачів.*
- 2. Повірка аналогового показуючого вимірювального приладу.*
- 3. Обробка результатів вимірювань графоаналітичним методом.*
- 4. Вимірювання температури пірометрами випромінювання.*
- 5. Вимірювання витрат рідини.*

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література

1. Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы. Энергия 1978.- 703 с..
2. Теплотехнические измерения и приборы. / Г. М Иванова , Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков.-3 е изд. перераб. и доп.- М.:Изд-во МЭИ, 3005. – 460 с..
3. Лукінюк М.В. Теплотехнічні вимірювання та прилади :Навч.посіб.- К.: НТУУ «КПІ»,3007.- 436 с.
4. Ілющенко В.І.,Туяхов А.І., Сафьянц С.М. Вимірювання в енергетиці.3007.-340 с

##### Допоміжна література

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, 1993. - 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», 3013. – 40 с.

##### Інформаційні ресурси

1. Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського – [http://:login.kpi.ua](http://login.kpi.ua)
2. Науково-технічна бібліотека КПІ ім. Ігоря Сікорського

#### Навчальний контент

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

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<b>Розділ 1 Основи метрології</b>	
1.	<b>Тема 1.1. Основні поняття та визначення в області метрології.</b> <b>Лекція 1.</b> Предмет та завдання дисципліни, зв'язок з іншими дисциплінами. Наукові основи метрології. Терміни та визначення : фізична величина, рід величини, розмір величини, значення ф.в., система ф.в., основна ф.в., похідна ф.в., розмірність ф.в., розмірність основної ф.в, розмірність похідної ф.в. Міжнародна система величин (МСВ),[2д], с.3-4,7; [4], 39-42. <b>Завдання на СРС:</b> Метрологічне забезпечення. Основи метрологічного забезпечення. Мета та основні завдання метрологічного забезпечення,[3д], с.2-14].
2.	<b>Лекція 2.</b> Правила утворення розмірностей. Рішення задач. Система одиниць. Поняття одиниці ф.в., похідної одиниці ф.в., правила утворення похідних одиниць. Міжнародна система одиниць, її позитивні властивості, [2д, ], с.5-6; [4], 40-42, 46-47.
3.	<b>Тема 1.2 Вимірювання та засоби вимірювань.</b> <b>Лекція 3.</b> Види вимірювань: від призначення - лабораторні та технічні; від забезпечення точності результату - максимально-можливої точності, контрольно-повірочні, технічні. Способи вимірювань : прямі, непрямі, опосередковані, сукупні, сумісні . [4], с 18-.20; [2], с.28-30. <b>Завдання на СРС:</b> Поняття методу вимірювання. Методи вимірювання: прямого перетворення; диференційний або різницевий; нульовий, або метод зрівноваження з регульованою мірою; метод одного збігу, або ноніуса; метод заміщення. Порівняння цих методів за точністю. [1], с.42-44.

4.	<p><b>Лекція 4.</b> Засоби вимірювань. Класифікація засобів вимірювання за технічним застосуванням: міра, вимірювальний прилад, вимірювальний перетворювач, вимірювальний комплекс, інформаційно-вимірювальна система. Метрологічні характеристики засобів вимірювання. Нормування метрологічних характеристик. Метрологічна надійність засобів вимірювання. Система ДСП. [4], с. 15-17. [1], 81-83;</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Класифікація засобів вимірювання по метрологічному призначенню: еталонні, зразкові, робочі. Визначення еталону /Одиниці фізичної величини/. Еталонна база одиниць МСВ. Схема класифікації еталонів в масштабі країни. Визначення еталонів. Схема забезпечення єдності вимірювань. Метрологічні правила. [1], с. 85-86, 97-99.</p>
5.	<p><b>Тема 2.1. Похибки вимірювань та засобів вимірювань.</b></p> <p><b>Лекція 5.</b> Похибки засобів вимірювань. Способи числового вираження похибок вимірювання. Якісні характеристики засобів вимірювання. Статичні та динамічні (випадкові та систематичні) похибки. Основна та додаткова похибка, адитивна та мультиплікативна складові статичної похибки. [1], с.32-33; [1], 75-81.</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Випадкові похибки: основні поняття теорії випадкових похибок, закони розподілу випадкових величин та похибок, методи оцінки та обліку випадкових похибок. Математичні дії над результатами вимірювань. [1], с.49-61.</p>
6.	<p><b>Лекція 6.</b> Основи теорії вимірювань. Похибки вимірювань фізичних величин. Класифікація похибок вимірювань фізичних величин. Причин виникнення та способи усунення систематичних похибок, оцінка межі систематичної похибки, [2], с.42-47 .</p>
7.	<p><b>Тема 2.2. Метрологічний нагляд за станом та застосуванням засобів вимірювання.</b></p> <p><b>Лекція 7.</b> Повірка засобів вимірювання. Організація і порядок проведення. Види документації по повірці, [Л-8.].</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Структура метрологічної служби України. Державна та відомча метрологічні служби, їх функції. [3д], с. 5-14.</p>
8.	<p><b>Тема 2.3. Законодавча метрологія і стандартизація.</b></p> <p><b>Лекція 8.</b> Стандартизація, її сутність та основні напрямки. Основні визначення стандартизації. Роль стандартизації в розвитку народного господарства України. Принципи та методи стандартизації. Критерії та види стандартів. [3 ], с.162-184 ]</p> <p><b>Завдання на СРС:</b> Принципи побудови схем теплотехнічного контролю. Міжнародна стандартизація. Міжнародні організації по стандартизації. Зв'язок державної системи стандартизації з міжнародними та регіональними системами стандартизації. [3], с. 184-189.</p>
9.	<p><b>Лекція 9.</b> Порядок розроблення, затвердження та впровадження стандартів. Метрологічні об'єкти стандартизації. Нормативно-технічна документація. [3 ], с.162-184 ]</p>
<p><b>Розділ 3. Основні відомості про теплотехнічні вимірювання</b></p>	
10.	<p><b>Тема 3.1</b> Основні відомості про теплотехнічні вимірювання. Загальні відомості про вимірювання температур</p> <p><b>Лекція 10.</b> Предмет та завдання дисципліни . Структура курсу та зв'язок з іншими дисциплінам. 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.</p> <p>Загальні відомості про температуру. Класифікація засобів вимірювання температури та межі застосування промислових засобів вимірювання температури. [1], с. 65-75; [2], с. 16-18.</p> <p><b>Завдання до СРС.</b> Практичні температурні шкали. [2], с. 16-18; [3], с. 8-12, 18-22.</p>

11.	<p><b>Тема 3.2</b> Термометри розширення.</p> <p><b>Лекція 11.</b> 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.</p> <p><b>Завдання до СРС:</b></p> <p>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.</p>
12.	<p><b>Тема 3.3</b> Термоелектричні перетворювачі та вторинні прилади до них.</p> <p><b>Лекція 11</b></p> <p>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.</p> <p>[2], с. 2431; [2д], с. 326-344.</p> <p><b>Завдання до СРС:</b></p> <p>Вторинні прилади для вимірювання температур за допомогою ТЕП: магнітоелектричні мілівольтметри, схема підключення у ланцюг ТЕП.</p> <p>Компенсаційні дроти. Автоматичне введення поправки на температуру вільних кінців. [1], с. 120-140; [2], с. 35-32; [3], с. 100-104.</p> <p>.Компенсаційний метод вимірювання термо-ЕРС. Робота переносного та автоматичного потенціометрів. [1], с. 143, 144, 146-165; [2], с. 39-43.</p>
13.	<p><b>Тема 3.4</b> Термоперетворювачі опору та методи вимірювання опору.</p> <p>Загальні відомості про термоперетворювачі опору (ТПО): типи ТПО (дротяні та напівпровідникові), метрологічні характеристики, конструкція.[1], с. 188-207; [2], с. 43-48,</p> <p><b>Завдання до СРС:</b></p> <p>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.</p>
14.	<p><b>Тема 3.5</b> Особливості вимірювання температур в умовах експлуатації АЕС.</p> <p><b>Лекція 12.</b></p> <p>Кабельні ТЕП, їх конструкція, типи. Вимірювання температури теплоносія в реакторах типу ВВЕР. Вимірювання температур оболонок ТВЕЛів та палива. Вимірювання температури графітової кладки та пліт за допомогою багатозонних ТЕП та зборок. Промислові комплекти. Закордонні кабельні ТЕП. [2], с. 75-77; [3], с. 91-92; [3д]; рис 14, 15, 16.</p>
15.	<p><b>Тема 3.6</b> Похибки вимірювання температури за реальних умов.</p> <p>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</p> <p><b>Завдання до СРС:</b></p> <p>Методичні похибки при вимірюванні температури газу та пари. Способи їх усунення. [1], с.234-238; [2], с.70-72; [3]с.144-152.</p>

16.	<p><b>Тема 3.7. Вимірювання температури на ТЕС за допомогою пірометрів випромінювання.</b>  Пірометри випромінювання . Оптичні та радіаційні пірометри. Фотоелектричні та кольорові пірометри. Інфракрасна апаратура. [2], с.57-68.</p> <p><b>Завдання до СРС:</b>  Конструктивні особливості та точність вимірювання температури за допомогою . оптичного та радіаційного пірометрів. [1], с.230-233.</p>
17.	<p><b>Тема 3.8 Вимірювання тиску, розрідження, різниці тисків.</b></p> <p><b>Лекція 13</b></p> <p>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.</p> <p><b>Завдання до СРС:</b>  Рідинні манометри та дифманометри. [1], с. 361-381; [2], с. 93-99.</p>
18.	<p><b>Тема 3.9 Вимірювальні перетворювачі та системи дистанційної передачі показань.</b></p> <p>Перетворювачі з магнітною та електросиловою компенсацією. Нормуючі перетворювачі.</p> <p>Дидактичний матеріал: [3д], рис. 56; рис. 56а;, 56б, 56в, 56г.</p> <p>[1], с. 321-329; [2], с. 66-89; 91-93.</p> <p><b>Завдання до СРС:</b> Індукційні та диференційно-трансформаторні схеми теплопередачі, вторинні прилади з ДТП. [1], с. 305-313; [2], с. 81-86.</p>
19.	<p><b>Тема 3.10 Вимірювання рівню.</b></p> <p>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.</p> <p><b>Завдання до СРС:</b>  Механічні, гідростатичні, акустичні, радіоізотопні рівнеміри. [1], с. 361, 363, 548-550; [2], с. 147-149, 142, 158-159</p>
20.	<p><b>Тема 3.11 Вимірювання рівню.</b></p> <p><b>Лекція 14</b> 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.</p>
21.	<p><b>Тема 3.12 Вимірювання витрати за перепадом тиску на звужую чому пристрої.</b></p> <p>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,</p> <p>Вимірюванні витрати за допомогою дифманометра (ДМ). Схеми підключення ДМ до звужую чого пристрою при вимірюванні витрати рідин, газів та пари.</p>

	<p><i>Дидактичний матеріал: [1], с. 434-462, с. 466-474. [2], с. 116-124, 127-130,</i></p> <p><b>Завдання до СРС:</b></p> <p><i>Розрахунок звужуючих пристроїв [5д].</i></p>
22.	<p><b>Лекція 15</b></p> <p><i>Вимірюванні витрати за допомогою дифманометра (ДМ). Схеми підключення ДМ до звужуючого пристрою при вимірюванні витрати рідин, газів та пари. [1], с.466-474.</i></p>
23.	<p><b>Лекція 16</b></p> <p><i>Витратоміри, що використовуються в умовах експлуатації АЕС : тахометричні, кулькові типу „Шторм”. Безконтактні методи вимірювання витрати: електромагнітні витратоміри. Перспективні типи витратомірів.</i></p> <p><i>Дидактичний матеріал: [7], рис. 43 - 45.</i></p> <p><b>Завдання на СРС:</b></p> <p><i>Витратоміри сталого перепаду тиску. Ультразвукові витратоміри. Галузь використання. [1], с. 503-509; [2], с. 130-132, 137-140.</i></p>
<p><b>Розділ 4 Аналіз складу та властивостей речовин.</b></p>	
24.	<p><b>Тема 4.1 Аналіз складу газових середовищ.</b></p> <p><b>Лекція 17</b></p> <p><i>Вимірювання складу газових середовищ у системах, що забезпечують безпечне функціонування технологічних об'єктів. Термокондуктометричні газоаналізатори на H<sub>2</sub>, термохімічні газоаналізатори.</i></p> <p><i>[2], с. 168-172; [3д] рис. 62, 63.</i></p>
25.	<p><b>Тема 4.2 Контроль якості води та пари.</b></p> <p><b>Лекція 18</b></p> <p><i>Електрохімічний аналіз якості води та пари. Електродні та безелектродні кондуктометри. Оптичний метод аналізу рідини. Автоматичний кремніємір АВ-211.[2], с. 186-193.</i></p> <p><b>Завдання до СРС:</b></p> <p><i>Принцип дії та вимірювальні схеми рН-метрів. Промислові типи рН-метрів. [2], с. 193-200.</i></p>

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання
1.	Визначення основних та додаткових одиниць МСВ, похідні одиниці МСВ, позасистемні одиниці, що допускаються для застосування нарівні з одиницями МСВ, дільні та часткові одиниці/визначення/,десяткові кратні та часткові одиниці, що допускаються до використання нарівні з одиницями МСВ.Правила написання позначень одиниць.[2д],с.5-6;[5д];
2.	Поняття методу вимірювання. Методи вимірювання: прямого перетворення; диференційний або різницевий; нульовий, або метод зрівноваження з регульованою мірою; метод одного збігу, або ноніуса; метод заміщення. Порівняння цих методів за точністю. [1], с.42-44.
3.	Класифікація засобів вимірювання по метрологічному призначенню: еталонні,зразкові,



	<i>робочі. Визначення еталону /Одиниці фізичної величини/. Еталонна база одиниць МСВ. Схема класифікації еталонів в масштабі країни. Визначення еталонів. Схема забезпечення єдності вимірювань. Метрологічні правила. [1], с. 85-86 ,97-99.</i>
4.	<i>Загальні відомості про вимірювання температур. Практичні температурні шкали.</i>
5.	<i>Термометри розширення: Скляні рідинні термометри розширення, їх класифікація, типи, конструкція. Внесення поправок до показань технічних та лабораторних термометрів. Область застосування РСТ на електростанціях</i>
6.	<i>Вторинні прилади для вимірювання температур за допомогою ТЕП: магнітоелектричні мілівольтметри, схема підключення у ланцюг ТЕП. Компенсаційні дроти. Автоматичне введення поправки на температуру вільних кінців. Компенсаційний метод вимірювання термо-ЕРС. Робота переносного та автоматичного потенціометрів</i>
7.	<i>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.</i>
8.	<i>Конструктивні особливості та точність вимірювання температури за допомогою оптичного та радіаційного пірометрів.</i>
9.	<i>Рідинні манометри та дифманометри</i>
10.	<i>Індукційні та диференційно-трансформаторні схеми теплопередачі, вторинні прилади з ДТП</i>
11.	<i>Механічні, гідростатичні, акустичні, радіоізотопні рівнеміри.</i>
12.	<i>Розрахунок звужуючих пристроїв</i>
13.	<i>Витратоміри сталого перепаду тиску. Ультразвукові витратоміри. Галузь використання</i>
14.	<i>Принцип дії та вимірювальні схеми рН-метрів. Промислові типи рН-метрів.</i>

## Політика та контроль

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

- *Відвідування занять (лекційних та лабораторних) є обов'язковим.*
- *Без поважної причини студент може пропустити 2 заняття.*
- *Ведення рукописного конспекту лекцій є обов'язковим. Графічний матеріал може бути роздрукований.*
- *Всі пропущені лабораторні роботи повинні бути відпрацьовані за індивідуальних графіком.*
- *Для допуску до виконання лабораторної роботи студент повинен мати рукописний протокол із основною інформацією, та знати методику виконання роботи.*
- *В разі відсутності протоколу, студент до виконання лабораторної роботи не допускається.*
- *В разі запізнення на лабораторне заняття більше, ніж на 10 хвилин, студент до виконання роботи не допускається.*
- *Захист лабораторних робіт проводиться індивідуально кожним студентом.*
- *Завдання, винесені на самостійне опрацювання, мають бути виконані протягом двох тижнів, лише тоді студент отримує рейтингові бали. При несвоєчасному виконанні СРС студент балів не отримує. Виконання всіх СРС є обов'язковим.*
- *При відсутності на МКР через поважну причину (документально підтверджену), студент може скласти її в індивідуальному порядку.*

- При необхідності (рейтинг в кінці семестру нижче 30 балів) студент може одноразово переписати МКР. При цьому він отримує 2 штрафні бали за кожну частину МКР, яку бажає переписати.

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

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

- 1) виконання та захист 5-ти лабораторних робіт;
- 2) дві контрольні роботи (одна МКР поділяється на дві годинні контрольні роботи);
- 3) виконання завдань, що виносяться на самостійну роботу.

### Система рейтингових балів

#### 1. Лабораторна робота.

- за умови гарної роботи, правильно оформленого протоколу, гарного і своєчасного захисту роботи – 8 балів;
- за умови невиконання (зниження) показника хоча б з однієї позиції – -1 бал.

#### 2. Модульна контрольна робота.

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10-12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7-9 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3-6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0-2 балів.

#### 3. Завдання, що винесено на самостійну роботу

Кожне вчасно виконане завдання оцінюється в 2 бали.

	кількість	бали		сума балів
Лабораторні роботи	5	допуск	3	40
		захист	5	
Мод. КР	1	перша частина	12	24
		друга частина	12	
СРС лекції	18	2		36
<b>Сума вагових балів контрольних заходів</b>				<b>100</b>

Також студенти можуть отримати заохочувальні бали:

	бали
1. Ведення конспекту лекцій	1...10
2. Оформлення звіту з виконання СРС (за лекційним курсом)	1...3
<b>Максимальна сума заохочувальних R<sub>5</sub></b>	<b>10</b>

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 27 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 13 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 48 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 24.

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до іспиту є зарахування всіх лабораторних і самостійних робіт і семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, зараховані СРС ( $r_{срс}$ ) та лабораторні роботи.

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 до балів за лабораторні роботи ( $r_{лр}$ ) та МКР ( $r_{мкр}$ ) додаються бали за залікову контрольну роботу і ця **рейтингова оцінка є остаточною**.

Залікова контрольна робота містить три теоретичних питання ( $r_1, r_2, r_3$ ). Перелік питань наведений у додатку 2. Кожне питання оцінюється у 12 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10-12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7-9 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 3-6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0-2 балів.

Сума балів за залікову контрольну роботу та лабораторні роботи і МКР переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

<b>Бали:</b> <u>Автомат:</u> $r_{срс} + r_{лр} + r_{мкр}$ або <u>Залік:</u> $r_{лр} + r_{мкр} + r_1 + r_2 + r_3$	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не зараховано лабораторні роботи, СРС або семестровий рейтинг менше 30	Не допущено

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

### • Перелік питань до модульної контрольної роботи та на іспит

1. Вимірювання температури за допомогою ТЕП.
2. Принцип дії ТЕП, градуювальна хар-ка.
3. Типи промислових ТЕП.
4. Вимірювання температури за допомогою неврівноваженого вимірювального мосту. Особливості роботи та схема.
5. Похибки ТЕП від коливання температури вільних кінців та способи їх уникнення.

6. Вимірювання температури за допомогою автоматичних електронних мостів.
7. Вимірювання температур на АЕС за допомогою багатозонних ТЕР.
8. Автоматичний електронний потенціометр РП-160. Робота. Позитивні властивості.
9. Особливості вимірювання температур стаціонарних потоків /загальний випадок/.
10. Схема логометра із симетричною схемою. Включення ТПО у схему.
11. Методична похибка термоперетворювачів за рахунок теплопровідності та способи її зменшення в умовах експлуатації на електростанціях.
12. Принципова електрична схема автоматичного потенціометру типу КСП. Робота схеми. Позитивні властивості. Недоліки.
13. Вимірювання температур на електричних станціях. За допомогою ТПО. Типи ТПО, їх основні характеристики.
14. Компенсаційний метод вимірювання напруги. Класифікація потенціометрів, що працюють за цим методом. Принципова електрична схема хересного потенціометра.
15. Вимірювання температури поверхні металів в умовах АЕС.
16. Термометри розширення: дилатометричні термометри. Біметалічні термометри. Конструкція. Принцип роботи. Область використання.
17. Особливості вимірювання температур на АЕС. Типи перетворювачів. Конструкція. Область використання.
18. Включення вимірювального приладу у ланцюг ТЕР. Термобатарея та диференціальний термометр.
19. Вимірювання тиску за допомогою мембранних та сильфонних манометрів.
20. Вимірювання втрати рідин, газів та пари за перепадом тиску у звужуючому пристрою.
21. Тип стандартних та нестандартних звужуючих пристроїв.
22. Пружинні манометри диференціально трансформаторної системи. Робота схеми, градувальна характеристика.
23. Рідинні прилади для вимірювання тисків та розріджень. Область використання на електростанціях.
24. Безконтактні методи вимірювання витрат. Електромагнітні витратоміри з перемінним магнітним полем. Використання на АЕС.
25. Класифікація пружинних манометрів. Манометри з трубчатими пружинами. Область використання. Типи.
26. Тахометричні витратоміри. Типи. Конструкція. Область використання різних типів на електростанціях.
27. Мембранні манометри для дистанційної передачі показань.
28. Вимірювання рівню у підігрівачах та конденсаторах турбін на АЕС та ТЕС.
29. Схеми підключення дифманометру до звужуючого пристрою /для різних середовищ/ в умовах експлуатації АЕС та ТЕС.
30. Тензометричні манометри та дифманометри типу „САПФИР – 33”.
31. Класифікація рівнемірів. Конструкція. Область використання.
32. Вимірювання витрати неконтактними методами на АЕС.
33. Конструкція та робота витратоміру типу „ШТОРМ”.

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

Складено ас. каф. АЕС і ІТФ, Алексеїк О.С.

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол №      від                     )

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №      від             )