

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

ВСП «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки  
Українського державного університету науки і технологій»

**Навчально – методичний комплекс**

**Відкритого семінарського заняття**

**Дисципліна:** Метрологія та засоби технологічного контролю

**Спеціальність:** 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**Спеціалізація** «Монтаж, обслуговування засобів і систем автоматизації  
технологічного виробництва»

***Тема: «Вимірювання температури»***

**Кількість навчальних годин:** 2 години

**Підготувала:**

Викладач Пухальська О.М.

Дисципліна: Метрологія  
та засоби технологічного  
контролю

Групи: III курсу

## **Навчально – методична карта відкритого заняття**

**Тема: «Вимірювання температури»**

**Мета заняття:** засвоєння нових знань і формування на їх основі вмінь та навичок.

**Методична мета:** методика проведення семінарського заняття із застосуванням активних форм та методів активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів, формування професійної компетентності майбутнього фахівця.

**Виховна мета:** розвивати культуру мови, виробляти навички публічного виступу, навчити студентів діяти в нестандартних життєвих ситуаціях.

### **Студенти повинні знати:**

- експлуатаційні характеристики засобів автоматизації і КВП;
- будову, принцип дії і область застосування засобів автоматизації;
- технічні характеристики й вимоги до КВП.

### **Студенти повинні вміти:**

- користуватись технічною документацією, довідниками;
- повірять електронні прилади;
- виконувати вимірювання під час контролю за ходом технологічних процесів;
- працювати з основними видами технічних засобів автоматизації;
- складати дефектні відомості.

**Тип заняття:** семінарське заняття з елементами веб-квесту

**Обладнання та наочність:** плакати, мультимедійний проектор, ноутбук.

## Література:

### *Основна:*

1. Старостин В.А. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы в промышленности строительных материалов: Учеб. для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 304с.: ил.
2. Шкатов Е.Ф., Шувалов В.В. Основы автоматизации технологических процессов химических производств. Учебник для техникумов. – М.: Химия, 1988. 304 с.: ил.
3. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов по специальности «Автоматизация теплоэнергетических процессов». – 3-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1978. – 704 с., ил.

### *Додаткова:*

1. Элемер. Надежные средства и системы технологического контроля. Каталог продукции 2012
2. Контрольно – измерительные приборы Siemens. Каталог F101 – 2012 -2013.
3. APLISENS там где ценят надежность. Каталог контрольно – измерительной аппаратуры 2019 – 2020
4. Технологии Emerson для решения Ваших задач. Краткий каталог продуктов и услуг Интеллектуальные системы управления, программное обеспечение, технологии измерений и регулирования, которые помогают лучше управлять предприятиями и производством
5. <https://www.siemens.com/processinstrumentation>
6. <https://www.elemer.ru>
7. <https://www.heraeus-electro-nite.com>
8. <https://www.aplisens.com.ua>
9. <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/rosemount>

**Актуальність теми:** Одним з найважливіших параметрів технологічних процесів у багатьох галузях промисловості є температура. По оцінках закордонних і вітчизняних фахівців технічні вимірювання температури становлять від 40 до 50% від загального числа всіх вимірювань. Тому якість температурного контролю часто обумовлює якість технологічного процесу. У зв'язку із цим важливими є вибір практичних і достовірних методів контролю температури стосовно до різних виробництв, вибір приладів, придатних для практичного використання в умовах експлуатації основного технологічного устаткування.

### **Міждисциплінарна інтеграція:**

<b>Дисципліна</b>	<b>Знати</b>	<b>Вміти</b>
<b><i>I. Попередні:</i></b> Фізика	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сутність теплового руху молекул;</li> <li>– поняття температури;</li> <li>– способи вимірювання температури;</li> <li>– принципи побудови температурної шкали Цельсія.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– застосовувати набуті знання в процесі розв'язування фізичних задач;</li> <li>– користуватися термометрами;</li> <li>– застосовувати набуті знання у новій ситуації, яка близька до звичного життєвого середовища, а також шукати вирішення комплексних проблем.</li> </ul>
Основи промислової технології	<ul style="list-style-type: none"> <li>– значення технології як науки;</li> <li>– класифікацію технологічних процесів;</li> <li>– основні стадії технологічного процесу;</li> <li>– сутність безперервних й періодичних процесів, паралельних й послідовних технологічних процесів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– класифікувати технологічні процеси;</li> <li>– пояснювати основні стадії технологічного процесу;</li> <li>– пояснювати сутність безперервних й періодичних процесів, паралельних й послідовних технологічних процесів.</li> </ul>

Дисципліна	Знати	Вміти
<b>II Наступні:</b> Автоматизація технологічних процесів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– загальні принципи побудови автоматизованих систем управління виробництвом (АСУВ) й технологічними процесами (АСУТП),</li> <li>– приклади використання АСУТП в промисловостях.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– робити опис технологічного процесу і параметрів;</li> <li>– знімати необхідні характеристики об'єктів автоматизації;</li> <li>– аналізувати технологічні процеси з метою технологічного обґрунтування вибору параметрів, що контролюються і регулюються;</li> </ul>
Дипломне проектування	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основи автоматизації, монтажу, налагодження, експлуатації, ремонту технічних засобів автоматизованих систем, метрологічного забезпечення технологічного виробництва, організації та планування робіт з дотриманням правил безпеки і охорони праці;</li> <li>– правила складання схем автоматизації;</li> <li>– правила читання схем автоматизації;</li> <li>– технічну документацію на схеми автоматизації</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– застосовувати набуті знання для здійснення професійної діяльності при організації та веденні робіт з автоматизації технологічних процесів;</li> <li>– володіти навичками застосування промислових приладів, засобів автоматизації, монтажних виробів, матеріалів, інструментів;</li> <li>– робити прикладні математичні розрахунки та електротехнічні креслення в тому числі за допомогою комп'ютерної техніки;</li> <li>– оцінювати і прогнозувати результати діяльності в умовах ринкової економіки.</li> </ul>

## План та організаційна структура заняття

Етап і зміст заняття (дії викладача)	Методи і прийоми активізації студентів	Матеріали методичного забезпечення
<i>Підготовчий етап</i>		
1. Перевірка присутніх	Бесіда	Журнал групи
2. Визначення навчальних цілей і теми заняття	Бесіда	Завдання, НМК
<i>Основний етап</i>		
I Актуалізація опорних знань	Визначення актуальності теми заняття Повторення раніше вивченого матеріалу	Конспект лекцій
II Мотивація навчальної та пізнавальної діяльності студентів	Формулювання основної проблеми  Формування пошукової діяльності студентів	Обладнання та наочність
III Реалізація мети заняття	Оформлення результатів, у межах якого відбувалось осмислення проведеного дослідження	Презентація у вигляді слайд-шоу
<i>Заключний етап</i>		
1. Підведення підсумків, загальні висновки	Проведення бесіди: чого досягли, що сподобалось, що ні, оцінювання і самооцінювання діяльності групи і окремих студентів; застосування таких техно- логій як веб-квест.	Журнал групи

## **Тема заняття:** Вимірювання температури

### **Мета:**

- повторити поняття і одиниці вимірювання температури, пояснити класифікацію приладів для вимірювання температури; будову і принцип дії приладів для вимірювання температури, галузь застосування та особливості експлуатації різних типів приладів для вимірювання температури;
- розвивати у студентів уміння активно аналізувати теоретичний матеріал, робити висновки, вміти виділяти головне, сприяти розвитку різних типів мислення;
- виховати у студентів інтерес до вивчення дисципліни, формувати науковий світогляд.

**Обладнання:** плакати, мультимедійний проектор, ноутбук

**Вид заняття:** семінарське заняття з елементами веб-квесту

**Методична мета:** методика проведення семінарського заняття із застосуванням активних форм та методів активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів, формування професійної компетентності майбутнього фахівця.

### **Структура заняття:**

1. Підготовчий етап
2. Основний етап
3. Заключний етап

### **Підготовчий етап:**

1. Перевірка присутніх
2. Визначення навчальних цілей і теми заняття

### **Основний етап:**

#### **I Актуалізація опорних знань**

1. Сформулюйте поняття температури.
2. В яких одиницях температура вимірюється?
3. Якими приладами для вимірювання температури ви вже користувалися? Як вони правильно називаються?

#### **II Мотивація навчальної та пізнавальної діяльності студентів**

1. Формулювання основної проблеми
2. Формування пошукової діяльності студентів

Температура – це один з найважливіших технологічних параметрів, від точності вимірювання яких залежить ефективність технологічних процесів виробництва. На попередніх заняттях ми з вами вивчили прилади, які використовуються для контролю температури. Сьогодні нам потрібно

узагальнити та систематизувати знання з теми «Вимірювання температури», для цього вам були поставлені задачі – об'єктами дослідження було обрано технологічне устаткування підприємств нашого міста на яких ви будете проходити виробничу практику, наприклад, колона синтезу аміаку, доменна піч, методична піч й щоб вирішити їх вам треба було зробити:

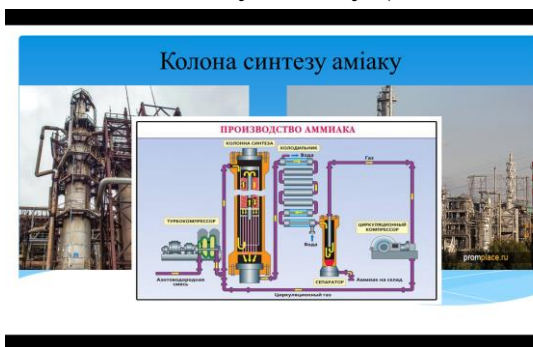
1. Об'єднатися в групи щоб вирішити поставлені задачі
2. Вивчити об'єкт дослідження, технологічний процес, визначити основні параметри, які підлягають контролю на об'єкті, із запропонованих інтернет-ресурсів вибрати прилади для контролю параметрів.
3. Оформлення й обговорення результатів роботи

### III Реалізація мети заняття

Результати виконання завдання (доповіді та презентації)

Доповідь 1

Об'єкт дослідження – колона синтезу аміаку (СЛАЙД 1).



У промисловості аміак одержують синтезом з водню й азоту. Головним обладнанням виробництва є колона синтезу де відбувається основний процес отримання аміаку. Процес синтезу протікає при високому тиску й низькій температурі. Вихід аміаку визначається температурою й тиском у зоні реакції, тому необхідно вибрати такі параметри для контролю, щоб при мінімальній кількості вони повинні дати максимум інформації о ході процесу.

Насамперед такому контролю підлягають:

- температура зовнішньої стінки колони –  $200^{\circ}\text{C}$ ;
- температура продувного газу –  $141^{\circ}\text{C}$ ;

Температуру в такому діапазоні можна виміряти за допомогою термометрів розширення, манометричних термометрів та термометрів опору. Розглянемо принцип дії та конструкцію цих термометрів.

Термометри розширення бувають рідинними й металевими.

Принцип дії рідинних термометрів базується на зміні об'єму рідини залежно від температури. Рідинний термометр складається з трьох основних частин: балона з термометричною рідиною, капілярної трубки та шкали. Є дві основні конструкції термометрів: паличні та з вкладеною шкалою (СЛАЙД 2).



*Паличний термометр* складається з термобалону, з'єднаного з товстостінним капіляром. Шкала наноситься на зовнішню поверхню капіляра.

*Термометр з вкладеною шкалою* також має термобалон, але капіляр в ньому тонкостінний; шкалу нанесено на пластинку з молочного скла, яку встановлено всередині скляного корпусу позаду капіляра. Термометри з вкладеною шкалою менш точні, ніж паличні.

Як термометричну рідину найчастіше використовують ртуть в інших випадках використовується органічна термометрична рідина – підфарбований етиловий спирт.

*Переваги:* вибухобезпечні, дешеві, простота конструкції.

*Недоліки:* невеликий діапазон вимірювання, крихкість, порівняно велика інерційність, неможливість дистанційної передачі й автоматичного запису показань.

Принцип дії металевих термометрів оснований на властивості твердих тіл змінювати лінійні розміри при коливанні температури. Вони поділяються на біметалеві та дилатометричні.

*Біметалевий термометр* (СЛАЙД 3)

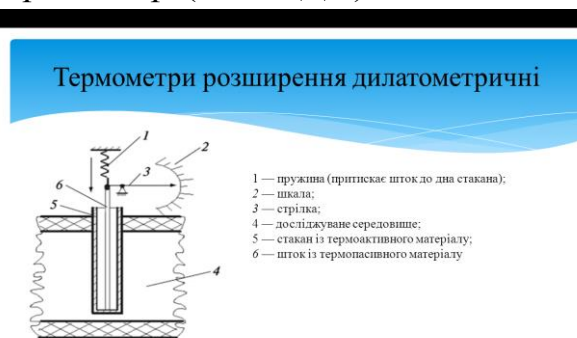


виготовляється з двох металевих, з'єднаних між собою пластин, причому їхні температурні коефіцієнти лінійного розширення неоднакові: один більший ( $\alpha_b$ ), інший — менший ( $\alpha_m$ ). Метал з великим температурним коефіцієнтом лінійного розширення називають *термоактивним*, а метал з меншим коефіцієнтом — *термопасивним*. Біметалічна пластини, жорстко прикріплена одним кінцем до корпусу приладу. Другий кінець пластини за допомогою важеля з'єднаний зі стрілкою. Під впливом вимірюваної температури пластинка буде згинатися у бік металу з меншим коефіцієнтом лінійного розширення, переміщаючи стрілку.

Для зменшення габаритних розмірів і збільшення чутливості біметалевим елементам можна надавати спіральної або гвинтової форми.

Межа вимірювання біметалевих термометрів від  $-60$  до  $+300^{\circ}\text{C}$ .

*Дилатометричний термометр (СЛАЙД 4)*



складається із трубки й стрижня. Стрижень вмонтований у трубку й притиснутий до її нижнього торця пружиною. При зануренні трубки дилатометричного термометра у вимірюване середовище стрижень подовжується менше, чим трубка, за рахунок різниці коефіцієнтів лінійного розширення. Передаточні пристрої під дією пружини переміщують стрілку. Дилатометри використовуються для вимірювання температур до  $+550^{\circ}\text{C}$ .

*Переваги:* вони чутливі, простота конструкції.

*Недоліки:* невеликий діапазон вимірювання, неможливість дистанційної передачі й автоматичного запису показань.

*Принцип дії манометричних термометрів (СЛАЙД 5)*



заснований на залежності між температурою й тиском рідини або газу при постійному об'ємі. Вимірювальна система термометра заповнюється рідиною або газом. Термобалон занурюють у середовище, температура якої повинна бути вимірювана. За допомогою капіляра термобалон з'єднують із манометром. При зміні температури середовища, у яке занурений термобалон, змінюється тиск рідини або газу, що заповнює систему. Через капіляр цей тиск підводиться до пружини, припаяної до корпусу. При підвищенні температури термобалона тиск газу, що заповнює систему, збільшується й під його дією розкручується манометрична пружина. При зменшенні температури пружина відповідно закручується. Через тягу переміщення кінця пружини передається на трибко-

секторний механізм. На вісь трибки насаджена стрілка, що переміщається по шкалі пропорційно зміні тиску.

*Перевагами* манометричних термометрів є порівняльна простота конструкції і застосування, можливість дистанційного вимірювання температури і автоматичного запису показань, мала вартість, простота монтажу.

До *недоліків* манометричних термометрів відносяться: відносно невисока точність вимірювання (клас точності 1,6; 2,5; 4,0 і рідше 1,0); невелика відстань дистанційної передачі показань (не більш 60 метрів) і труднощі ремонту при розгерметизації вимірювальної системи, інерційність, обмежений робочий тиск вимірювального середовища до 6,4 МПа (64 кгс/см<sup>2</sup>).

### Термоелектричні перетворювачі (СЛАЙД 6)



опору застосовуються для вимірювання температури в межах від  $-260$  до  $+1100^{\circ}\text{C}$ . Термоелектричні перетворювачі є первинними перетворювачами й працюють в комплекті з приладами, які вимірюють опір й показують відповідно цьому опору температуру (логометри, автоматичні мости).

Принцип дії термометрів опору оснований на зміні електричного опору провідника при коливанні температури. Вони бувають провідникові і напівпровідникові.

Термометр опору складається з чутливого елемента (платиновий дріт  $d=0,05 - 0,07$  мм або мідний дріт  $d=0,1$  мм), який намотується на ізольований каркас у вигляді спіралі. До кінців спіралі приварюється два виводи з платинового дроту діаметром 0,3 мм. Ці виводи та чутливий елемент розміщуються в захисній кварцевій гільзі діаметром 5...6 мм, яка може мати довжину від 50 мм до 100 мм. Гільза заповнюється гелієм або іншим інертним газом при тискові 0,02 МПа.

Для захисту від механічних ушкоджень й впливу середовища, температуру якого вимірюють, чутливі елементи термометрів опору розташовують в захисний металевий чохол.

Виводи з'єднуються з клемою, які розташовані в головці захисної арматури з якої через трижильний кабель сигнал подається на вторинний прилад.

Промислові типи та основні параметри термоперетворювачів наведені в таблиці (СЛАЙД 7).

Основні характеристики термоперетворювачів опору					
Тип	Градуювання		R <sub>0</sub> ±С, Ом	Діапазон температур, °С	
	стара	нова		від	до
ТОП	20	10П	10,0	-200	+650
	21	50П	46,0	-200	+500
	22	100П	100,0	-200	+500
ТОМ	23	50М	53,0	-50	+180
	24	100М	100,0	-50	+150
ТОН	-	50Н	50,0	-60	+180

*Переваги:* висока точність вимірювання, можливість передачі показань на великі відстані, мале запізнювання показань.

*Недоліки:* велика інерційність.

Отже проаналізувавши конструкцію, принцип дії, всі переваги і недоліки приладів, які можуть виміряти температуру до 200°C, ми перевагу надаємо термометрам опору. А вивчив ринок сучасних приладів, для вимірювання температури зовнішньої стінки колони й температури продувного газу ми обрали термометри опору торгівельної групи Аплисенс, Польща (СЛАЙД 8).



Перетворювачі температури в корпусі АРТ – АЛ призначені для вимірювання температури у вибухонебезпечних зонах у діапазоні від – 50 до 440°C.

Чутливий елемент виконаний із платинового дроту градуїровки – 100. У головці для електричного приєднання монтується затискна колодка КЗ. Для одержання уніфікованого сигналу 4... 20 мА монтується перетворювач температури АТ. Вибухозахищений кабельний ввід монтується в гніздо з різьбленням М20×1,5.

Доповідь 2

Об'єкт дослідження доменна піч (СЛАЙД 1).



а температури місць з'єднання різні, то в такому контурі виникає термоелектрорушійна сила.

Термоелектричний ефект пояснюється наявністю в металі вільних електронів, число яких в одиниці об'єму неоднакове для різних металів. В ланцюзі електрони з металу А дифундують у метал В в більшій кількості, чим з В в А. Тому метал А заряджається позитивно, а метал В негативно. При такому стані між провідниками А і В виникає деяка різниця потенціалів (термо е.р.с.)

Якщо температуру однієї із точок, наприклад точки 1 змінювати, а температуру точки 2 підтримувати постійною, наприклад температура в точці 2 буде дорівнювати 0, то результуюча е.р.с АВ буде залежити тільки від температури в точці 1. Якщо точку 1 розмістити на об'єкті, температуру якого необхідно виміряти, а в розрив точки 2 приєднати мілівольтметр, то таким чином можна виміряти температуру на об'єкті непрямим методом за зміною результуючої е.р.с.

Точку 1 називають робочим спаєм, а кінці провідників А і В, до яких під'єднується показуючий прилад називають вільними кінцями, температуру яких підтримують за допомогою коробки холодних спаїв рівною 0.

*Конструкція термоелектричного перетворювача має такий вигляд (СЛАЙД 3)*



Термоелектроди ізольовані один від одного двома фарфоровими бусами.

Для захисту термоелектродів перетворювача від механічних впливів й агресивної дії середовища термоелектроди розташовують в захисній арматурі (чохлі).

Вільні кінці термоелектричного перетворювача (незварені кінці термоелектродів) виводять до клем, які розташовані на пластмасовій панелі в головці, закритою кришкою. Робочий кінець розташований в нижній частині захисної арматури.

На захисній арматурі термоперетворювача й на шкалі вимірювального приладу вказується позначення номінальної статичної характеристики перетворювача.

(СЛАЙД 4) Термоелектроди робочого спаю можуть з'єднуватися між собою зварюванням двох кінців, їхньою скруткою й зварюванням, а термопари з недорогих металів або сплавів можуть приварюватися до дна захисного металевого чохла.



Промислові типи й технічні характеристики термоперетворювачів наведені в таблиці (СЛАЙД 5). Розрізняють шість промислових типів термопар.

Характеристики термоелектричних перетворювачів

Тип	Градусовка	Матеріал термоелектродів	Граничні вимірювання, °С	
			Тривало	Коротко-часно
ТВР	ВР(А)-1 (ВР-5/20 <sub>м</sub> )	Вольфрамій - вольфрамій	0 - 2200	2500
ТПР	ПР(В) (ПР-3/10 <sub>м</sub> )	Платинородій - платинородій	300 - 1600	1800
ТВП	ПП(С) (ПП <sub>м</sub> )	Платинородій - платина	0 - 1300	1600
ТХА	ХАН(С) (ХА <sub>м</sub> )	Хромель - алюмель	-200 - +1000	1300
ТХК	ХК(Л) (ХК <sub>м</sub> )	Хромель - копель	-200 - +600	800
ТМК	МК(М)	Ніда - копель	-200 - +100	100

Для вимірювання основних температурних параметрів доменної печі обираємо наступні прилади.

Температуру рідкого чавуну, яка знаходиться в межах 1430 – 1520°C пропонуємо вимірювати платиновою термопарою «Поситерм» від торгівельної марки «Хераеус Електро – Найт» (СЛАЙД 5, 6)



Термопара (або як її ще називають пакет, зонд, термоперетворювач) являє собою картонну трубку, на одному кінці якої знаходиться чутливий елемент – власне сама термопара. Чутливий елемент складається з керамічної основи, платинової термопари, розташованої у середині кварцової трубочки й контактної групи. Контактна група виконана з поліпропілену й двох мідних контактних провідників, до яких приварений платиновий дріт. Чутливий елемент на клеєві з натягом посаджений з торця в картонну гільзу пакета.

Кварцова трубочка із дротом захищена сталевим ковпачком, який може бути додатково захищений картонним ковпачком. Пакет надівається на жезл або маніпулятор і занурюється в розплавлений чавун. Вимірювання триває від 3 до 6 секунд – саме за такий час при сприятливих умовах термопара встигає прогрітися до температури рідкого чавуну. Вторинний прилад фіксує факт установлення показань температури й термопара витягується з чавуну. Пакет є одноразовим виробом і після витягу знімається з жезла й викидається.

Температуру гарячого дуття ( $500 - 1250^{\circ}\text{C}$ ) й температуру газу в горні ( $1300-1350^{\circ}\text{C}$ ) пропонуємо вимірювати за допомогою високотемпературного термоелектричного перетворювача типу Rosemount – 1075 із захисною арматурою Protec від Emerson (США) (СЛАЙД 7).



Датчики для вимірювання високих температур на підприємствах металургійної промисловості є найбільше часто замінними. Термін служби термопар із благородних металів часто становить не більше ніж півроку. При цьому деякі комбіновані захисні арматури виходять із ладу практично відразу, після або під час установки через нестійкість захисного матеріалу до теплових ударів. Вдалим вирішенням цих проблем можуть стати датчики Rosemount (Роземаунт) 1075 - серія термоелектричних перетворювачів для моніторингу високих температур до  $1800^{\circ}\text{C}$ .

У якості первинних перетворювачів в Rosemount 1075 використовуються термопари із благородних металів відмінною рисою яких є високий опір газової корозії при високих температурах. Захисні арматури включають як стандартні конструкції з жароміцного металу, кераміки, так і конструкції з додатковим внутрішнім захисним чохлам для захисту від парів металів і зниження проникності на високих температурах. Спеціальний матеріал Protec – це матеріал, який по температурних межах роботи дорівнює кераміці, при цьому не піддається тепловим ударам і механічним ушкодженням, збільшують надійність і термін служби захисної арматури.

Таким чином, Rosemount 1075 дозволяє в кілька разів знизити витрати на періодичну заміну датчиків для вимірювання високих температур при цьому не збільшуючи витрати на їхню повірку.

Температуру кладки шахти ( $150 - 850^{\circ}\text{C}$ ), відпрацьованих газів ( $300 - 350^{\circ}\text{C}$ ) пропонуємо вимірювати за допомогою безпровідного перетворювача Rosemount – 848 TX від Emerson (СЛАЙД 8).



Датчики температури Rosemount – 848 TX призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ і перетворення виміряного значення в уніфікований електричний вихідний сигнал постійного струму 4-20мА, у цифровий сигнал для передачі по бездротовому протоколу.

Датчик температури складається з первинного перетворювача температури (сенсора) і вимірювального перетворювача Rosemount – 848 TX. Первинний перетворювач температури складається з термопари як чутливого елемента, поміщеною в захисний корпус зі сполучною головкою. Вимірювальний перетворювач Rosemount – 848 TX конструктивно виконаний у корпусі з розташованими на ньому клемми для підключення первинного перетворювача, напруги живлення й клемми для виводу вихідного сигналу

### Доповідь 3

Об'єкт дослідження методична нагрівальна піч (СЛАЙД 1).



Методичні печі призначені для нагріву металу перед прокаткою й належать до печей безперервної дії. Метал послідовно проходить через методичну, зварювальну та томильну зони. Паливо спалюється за допомогою пальників, розташованих над і під поверхнею металу. Продукти згоряння двома потоками – верхнім і нижнім рухаються вздовж робочого простору печі в напрямку, протилежному руху металу, тобто протитечією. Через димові канали продукти згоряння видаляються в боров і з нього через рекуператор і димову трубу в атмосферу. Нагрітий метал через вікно видачі потрапляє на рольганг і по ньому до прокатного стану.

Методична піч як тепловий агрегат відрізняється складністю процесів, які протікають в її робочому просторі, тобто рух газів, внутрішній й зовнішній теплообмін, тому контроль процесу нагріву заготовок побудований на

використанні непрямої інформації про технологічний стан матеріалу в різних зонах печі по температурним параметрам. Основним параметром при керуванні нагрівом металу є температура робочого простору. Саме вона в першу чергу визначає тепловіддачу металу, розподіл температур у його масі, інтенсивність окаліноутворення, зношування конструкцій печі й інші найважливіші параметри, що характеризують процес теплової обробки металу й роботу агрегату. Вимірювана температура є головним джерелом інформації про тепловий стан окремих зон і всієї печі в цілому. Температура робочого простору складає від 700 до 1800°C. Температуру в такому діапазоні доцільно вимірювати безконтактним методом за допомогою пірометрів випромінювання.

На підставі законів випромінювання розроблені пірометри наступних типів:

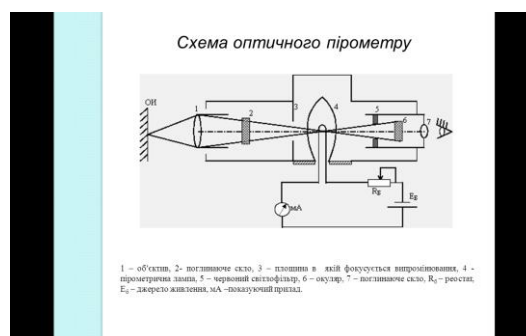
1. пірометр часткового випромінювання;
2. пірометр сумарного випромінювання;
3. пірометр спектрального відношення;

За конструкцією вони поділяються на пірометри стаціонарні та переносні (СЛАЙД 2)



Розглянемо будову й принцип дії цих пірометрів.

Оптичний пірометр (СЛАЙД 3).



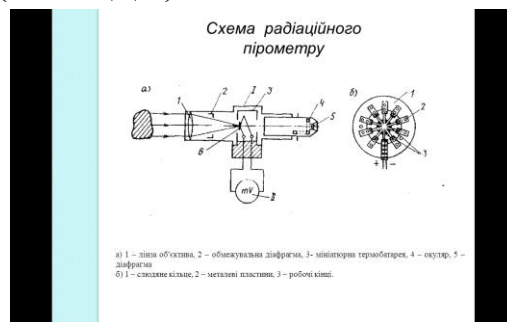
Принцип дії оснований на порівнянні яскравості випромінювання об'єкта з яскравістю нитки, випромінювання якої заздалегідь відомо.

Пірометр являє собою телескопічну трубку з лінзою об'єктиву й лінзою окуляра. Всередині телескопічної трубки у фокусі лінзи об'єктиву знаходиться пірометрична лампа розжарювання з підковоподібною ниткою. Лампа живиться від акумулятора через реостат. В коло живлення пірометричної лампи підключений мілівольтметр, який конструктивно об'єднаний з трубкою

телескопу. Для отримання монохроматичного світла окуляр постачається червоним світлофільтром, який пропускає тільки промені визначеної довжини хвилі. В об'єктиві знаходиться сірий поглинаючий світлофільтр, який призначений для розширення межі вимірювання.

При підготовці оптичної системи до вимірювання трубки наводять на тіло й переміщують об'єктив доки не отримують чіткого, ясного зображення тіла й нитки лампи (у вигляді чорної підкови). Включив джерело струму, реостатом регулюють яскравість нитки до тих пір, доки середня частина її не зіллється з освітленим тілом. В цей момент по шкалі мілівольтметра відраховують температуру тіла.

#### Радіаційний пірометр (СЛАЙД 4)



Працюють вони на поглинанні теплоти, яка випромінюється нагрітими тілами.

В комплект пірометра повного випромінювання входять пірометричний перетворювач (телескоп пірометра) й вимірювальний прилад, який відградуваний в  $^{\circ}\text{C}$ .

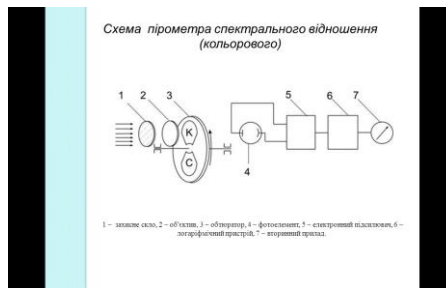
Чутливий елемент являє собою зіркоподібну термобатарею, яка складається із мініатюрних послідовно з'єднаних термопар. Робочі спаї термопар зечернені зі сторони випромінювання. Вони розташовані по колу в центрі слюдяного кільця 1 у фокусі потоку променів. Вільні кінці закріплені за допомогою металевих пластин 2 на тому ж кільці. З'єднувальні проводи від термобатареї направлені до вимірювального приладу. Термобатарея знаходиться в спеціальній колбі.

При наведенні телескопа пірометра на розпечене тіло теплові промені за допомогою лінзи й діафрагми концентруються й направляються у фокус об'єктива, нагріваючи термоелемент. Від нагрівання спаїв термоелемента виникла термо-е.р.с. відхилить стрілку мілівольтметра й на шкалі, градуйованої в  $^{\circ}\text{C}$ , буде показана температура тіла.

#### Пірометри спектрального відношення (СЛАЙД 5)

Принцип дії оснований на використанні залежності від температури відношення інтенсивності випромінювання нагрітого тіла в двох ділянках спектра.

Принципова схема кольорового пірометра з фотоелементом показана на рис.



Вимірює випромінювання через захисне скло 1 й об'єктива 2 попадає на фотоелемент 4. Між об'єктивом й фотоелементом встановлений об'єктиватор 3, який обертається за допомогою синхронного двигуна. Об'єктиватор виконаний у вигляді диску з двома отворами, одне з яких закрито червоним світлофільтром К, інше – синім С. при обертанні об'єктиватора на фотоелемент поперемінно попадають випромінювання через червоний або синій світлофільтр. Спектральна характеристика фотоелемента залежить від температури, тому фотоелемент у пірометрі заключений в термостат з автоматичним регулюванням.

Електричний струм, напруга якого пропорційна відповідним інтенсивностям випромінювання, підсилюється електронним підсилювачем 5 й перетворюється спеціальним логарифмічним пристроєм 6 в постійний струм. Вихідний струм логарифмічного пристрою вимірюється вторинним приладом 7, відградуєваним в °С.

Вивчивши конструкцію, принцип дії пірометрів, а також проаналізувавши переваги й недоліки приладів можна зробити такі висновки:

Основний недолік, яким характеризується оптичний пірометр – вплив людського фактора. Сприйняття кольору людським оком має серйозні обмеження в точності й повторюваності результатів вимірювання.

Основна проблема радіаційної пірометрії – це залежність результатів вимірювань від випромінювальної здатності об'єкта. При одній і тій же температурі різні тіла випромінюють по-різному – одні сильніше, інші – слабкіше. Значення температури в мінімальному ступені піддається впливу відбивної здатності злитка.

Пірометри спектрального відношення визначають температуру об'єкта по відношенню сигналів від двох приймачів, що працюють на різних довжинах хвиль. Такий принцип вимірювання температури дозволяє позбутися всіх перерахованих вище недоліків, які властиві радіаційним і оптичним пірометрам, але недоліком пірометрів спектрального відношення є ціна. Пірометр спектрального відношення складніше радіаційного, апріорі складається з більшого числа елементів, важче калібрується. Звідси й більш високі ціни на них, за додаткові вузли й додаткову роботу платити доводиться більше. Тому для вимірювання температури робочого простору методичної печі перевагу віддаємо пірометрам спектрального відношення.

Вивчивши ринок вітчизняних й закордонних пірометрів, для вимірювання температури робочого простору методичної печі пропонуємо інфрачервоні термометри спектрального відношення серії Marathon (MR1S) (СЛАЙД 6).



Прилади забезпечують високу точність при роботі з високими температурами. Термометри мають покращену електрооптичну конструкцію, цифрову електроніку, і вбудований, зручний для користувача дисплей, у єдиному міцному корпусі стандарту IP65. Термометри MR1S мають унікальну можливість переключення режимів одноколірного й двоколірного вимірювання, що спрощує процес установки й забезпечує гнучкість вимірювання. Пірометри цієї серії – ідеальне рішення при вимірюванні температур у загазованих, задимлених зонах, рухливих або дуже маленьких об'єктів.