

# ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ

---

к.ф.-м.н., ст. викл.

Пилипенко О.В.

- Вологість газу – це якісна характеристика, яка відображає пропорцію кількості вологи, що розчинено в газі до найбільшої можливої кількості за таких умов (тиск, температура), тобто рівень насиченості газу водяною парою, визначається відсотками (%).
- Абсолютна вологість показує ваговий вміст водяної пари в одному кубометрі вологого чи сухого газу при нормальних умовах.
- Відносна вологість показує відношення водяної пари, що міститься в  $1 \text{ м}^3$  газової суміші, до максимально можливого вмісту водяної пари, що відповідає стану насичення при тій же температурі.
- Температура точки роси вимірюється градусами Цельсія ( $^{\circ}\text{C}$ ) та її значення дорівнює температурі, за якої газ досягає майбільшого насичення розчиненою в ньому вологою при такому тиску.

## МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВОЛОГИ

- електролітичний метод, полягає у вбиранні водяної пари з потоку досліджуваного газу частково гідратованим п'ятиокисом фосфору, водночас електролітичному розкладанні поглинутої рідини й вимірюванні величини струму електролізу. Метод застосовують для визначення вмісту водяної пари, де об'ємна частка вологи не перевищує 0,2 % і парціальна частка метанолу в парі води менша 11 %;
- методи абсорбції, що базуються на вбиранні водяної пари метанолом або діетиленгліколом і в подальшому визначені кількості води, зв'язаної метанолом або діетиленгліколом, методом газової хроматографії або титруванням розчином Карла Фішера. Метод абсорбції застосовують для визначення водяної пари, де вміст не перевищує 100 мг/м<sup>3</sup>. Під час титрування розчином Карла Фішера кількість сірчистих сполук не має перевищувати 30 мг/м<sup>3</sup>;
- метод визначення точки роси шляхом конденсації, заснований на принципі вимірювання температури, при якій на охолоджуваній поверхні відбувається конденсація вологи, яка є наявною у газі. Газ, що досліджується переміщують над конденсаційною поверхнею. Після досягнення пари води, що є в газі, температури насичення, з газу «випадає» волога і на поверхні з'являється роса. Враховуючи тиск та температуру у вимірювальній камері, при яких з'явилась роса, можна розрахувати кількість вологи в газі.

## Фізичні методи визначення вмісту вологи

Хвильові методи:

- інфрачервоний;
- ультрафіолетовий;
- оптико-акустичний;
- радіоспектрометричний;
- радіоактивний.

Методи, що застосовують загальнофізичні принципи визначення параметрів вологості газів:

- акустичний;
- тепловий;
- дифузійний;
- пневматичний;
- діелектричний;
- мас-спектрометричний.

Основні методи визначення параметрів вологості газів

Методи визначення вмісту та часток води

Фізичні

Інфрачервоний  
Оптика-акустичний  
Ультрафіолетовий  
Радіоактивний  
Радіоспектральний  
Пневматичний  
Акустичний  
Дифузійний  
Тепловий  
Мас-спектральний  
Діелектричний

Хімічні

Ваговий  
Адсорбційний  
Калорійний  
Турбодиметричний  
Газометричний

Фізико-хімічні

Ваговий  
Деформаційний  
Частотний  
Дієлькометричний  
Калориметричний  
Тепловий  
Інтерферометричний  
Хроматографічний  
Резистивний  
Об'ємний  
Електролітичний  
Термоелектролітичний  
Кулонометричний

Методи визначення відносної вологості

Психрометричний  
Конденсаційно-психрометричний  
Компенсаційно-психрометричний  
Випаровально-ваговий

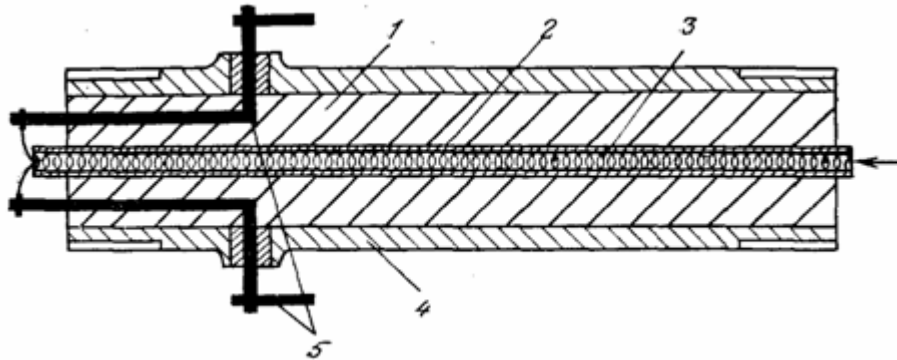
Методи визначення температури точки роси

Адiabатичний  
Тепловий  
Компресійний  
Гравіметричний  
Конденсаційно-згущувальний  
Вихровий  
Конденсаційно-термометричний

**Гігрометри**, вперше почали використовувати в 1938 р. Переваги зазначеного методу полягають у простоті виконання чутливого елемента гігрометрів і низьких витрат на них. Метод має невелику інерційність та можливість виконання вимірювань при від'ємних значеннях температури, проте не нижче температури кристалізації електроліту. Певні зразки чутливих елементів, які застосовують електролітичний метод, можуть забезпечити вимірювання вологовмісту з похибкою до  $\pm 1,5\%$ . Чутливий елемент може бути розташованим в потоці середовища. Недоліками цього методу є низька стабільність за період часу, залежність результату від температури, збільшення похибки приладу в разі довготривалого перебування чутливого елемента в середовищі з відносною вологістю 100%.

## Електролітичний гігрометр Принцип дії та конструкція

- Електролітичні гігрометри дозволяють визначити дуже низькі вмісти водяної пари в повітрі, що містить інші гази. Чутливий елемент такого гігрометра (рис.1.11) складається з трубки довжиною 10 см, в якій розміщуються скручені в спіраль електроди з платини або родію, з шаром фосфорного ангідриду (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) між ними.



- Рис. 1.11. Конструктивна схема електролітичного датчика (фірма Векман): 1-оболонка з тефлону; 2-трубка для пропускання повітря; 3-електроди; 4-корпус з нержавіючої сталі; 5-з'єднувальні затискачі.
- Досліджуваний газ циркулює у вимірювальній трубці, а водяна пара, що міститься в ньому, поглинається фосфорним ангідридом, який перетворюється при цьому на фосфорну кислоту. Між електродами створюється постійна напруга близько 70 В, що викликає електроліз води з виділенням кисню і водню і регенерацію фосфорного ангідриду.
- Відповідно до закону Фарадея, який визначає співвідношення між кількістю електрики, що проходить між електродами, і кількістю води, підданої електролізу, можемо вимірювати силу електричного струму і по її значенню визначати вологість газу що пропускається через прилад.

## Окрім цього, використання набули такі методи:

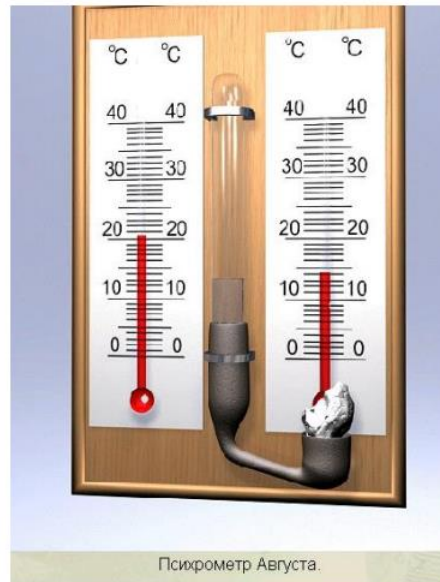
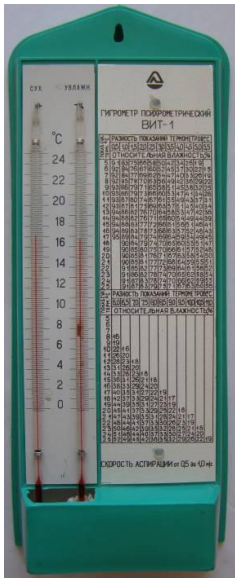
- деформаційний або дилатометричний метод, аснований на властивості змінювати геометричні розміри деяких матеріалів при поглинанні ними вологи;
- ваговий метод, заснований на визначенні збільшення маси сорбенту після взаємодії з газом, що аналізується;
- ваговий метод, створено на визначенні збільшення маси сорбенту після контактування з газом, що аналізується;
- деформаційний або дилатометричний метод, заснований на властивості змінювати геометричні розміри деяких матеріалів при поглинанні ними вологи;
- частотний або п'єзокварцевий метод, заснований на явищі зміни частоти коливань кварцової пластини при зміні вологості газу, що аналізується;
- сорбційно-ємнісний або діелькометричний, метод вимірювання вмісту вологи в газах, що заснований на зміні ємності електричного конденсатора з діелектриком;
- тепловий або калориметричний метод, заснований на якості деяких гігроскопічних речовин (силікагель, оксид алюмінію, цеоліти) збільшувати температуру за умови насиченні вологи паром;
- хроматографічний метод вимірювання вологовмісту, заснований на розподілі суміші газу, на окремі частки способом їх переміщення капіляром, де сорбуюча речовина вкриває поверхню тонким шаром, під час постійного процесу переміщення компонентів газу до сорбенту і назад;
- інтерферометричний метод, створено по принципу зміни товщини тонких плівок гігроскопічних матеріалів під час поглинанні вологи ними;
- об'ємний метод, створений на зміні об'єму аналізованого газу, після його проходження через поглинач вологи;
- резистивний метод, базується на властивостях певних речовин (селен, вугільний пил та ін.) змінювати електричний опір залежно від кількості вологи газу;
- кулонометричний метод, базується на вбиранні водяної пари плівкою гігроскопічної речовини та одночасному електролізу увібраної вологи.



# Випарювально-психрометричні методи визначення вологості

– конденсаційно-психрометричний метод, заснований на зміні температури термометра, що вкритий шаром розчину гігроскопічної речовини в залежності від відносної вологості середовища;

– компенсаційно-психрометричний метод – різновид випарювально-психрометричного методу та він заснований за тим же принципом. Однак у цьому методі розробникам вдалося уникнути деяких джерел виникнення похибки, що підвищило точність вимірювань.



Психрометрична таблиця

$t_{\text{сух.терм.}}$	Розниця показаній сухого и влогоного термометров								
$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44

# Конденсаційні методи визначення температури точки роси

- ваговий метод, базується на залежності маси сконденсованої води з встановленого об'єму газу від його кількості вологи;
- тепловий метод, створено за принципом моменту початку конденсації вологи на конденсаційній поверхні зі зміною температури у результаті виділення вологи парою;
- адіабатичний метод, базується на вимірюванні тиску газу, під час початку конденсації пари вологи при адіабатичному розширенні;
- компресійний метод, базується на розрахунку найменшого надлишкового тиску газу, за якого на попередньо охолодженій конденсаційній поверхні, утворюється конденсація та підтримується рівень вологи;
- вихровий метод, створений на ефекті Ранка. Даний ефект заснований на потраплянні до циліндричного отвору стисненого газу, де відбувається перерозподіл температур газу протягом перетину за допомогою відцентрових сил. За наявності в газі пару вологи за умови охолодження волога конденсується та переходить до твердого або рідкого стану. За таких умов ефективність роботи вихрової труби знижується, а температура «холодного» газу збільшується;
- конденсаційно-термометричний метод заснований за принципом вимірювання температури конденсації і випаровування вологи на поверхні тіла, що охолоджується при утворенні рівноваги робочого тиску і тисків насиченої водяної пари газу. За температурою точки роси досягається гідродинамічний баланс між шаром конденсату вологи на поверхні охолоджуваного тіла та водяною парою вологого газу. Основна перевага приладів – незалежність температури, що вимірюється, від температури досліджуваного газу.

Основною складовою сорбційних приладів є чутливі елементи, у яких використовуються принцип сорбції. У залежності від кількості вологи в досліджуваному газі, який пропускають через робочу камеру приладу, були помічені зміни характеристики чутливого елемента. У результаті аналізу дії таких вологомірів було визначено наступні недоліки:

- прилади вимірюють об'ємну або масову кількість вологи в газах, однак для визначення умов існування однофазної системи цікавить не кількість вологи у газі, а температура точки роси вологи, що визначає певні температурні границі, за якими здійснюється однофазний рух газу газотранспортною системою при певному тиску;
- зазвичай, дані прилади вимірювання вологи експлуатуються за умов невеликих значень надлишкового тиску газу, що досліджується (до 0,5 кг/см<sup>2</sup>), а це зумовлює необхідність його редукування, тобто пониження тиску газу, який досліджується перед його безпосередньою подачею до вимірювальної камери приладу;
- сорбційні прилади, зазвичай, вимірюють вміст тільки одного компонента в досліджуваному газі (вуглеводні, вологість, спирти тощо);
- при роботі в середовищі природного газу чутливий елемент датчика може у певних випадках з часом вкриватися плівкою технологічних домішок (ДЕГи, важкі вуглеводні, метанол), які у більшості випадків є наявними в природному газі. Протягом роботи чутливість первинного датчика приладу може бути змінена на невизначене значення.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!!!