

Вимірювання відносної вологості повітря при оцінці мікроклімату виробничих приміщень

Ліневич А.С

2016/04/31

ЗМІСТ

| | | |
|--------------|--|----------|
| Вступ | | 3 |
| 1 | Методи вимірювання та прилади для вимірювання вологості повітря | 4 |
| 1.1 | Загальні вимоги до проведення вимірювання вологості | 4 |
| 1.2 | Методи вимірювання вологості повітря | 4 |
| 1.2.1 | Прямі методи вимірювання | 4 |
| 1.2.2 | Непрямі методи вимірювання | 4 |
| 1.2.2.1 | Вимірювання ємності при вимірюванні вологості повітря | 4 |
| 1.2.2.2 | Вимірювання опору при вимірюванні вологості повітря | 5 |
| 1.2.2.3 | Вимірювання сили натягу при вимірюванні вологості повітря | 5 |
| 1.3 | Прилади для вимірювання вологості повітря | 5 |
| 1.3.1 | Гігрометричний психрометр “ВИТ-1” | 5 |
| 1.3.2 | Ємнісний електронний гігрометр “Testo 605 H1” | 6 |
| | Висновки до розділу 1 | 7 |
| 2 | Вимірювання вологості у виробничому приміщенні | 8 |
| 2.1 | Вимірювання вологості прямим методом | 8 |
| 2.1.1 | Методика вимірювання | 8 |
| 2.1.2 | Результати спостереження | 8 |
| 2.1.3 | Обробка результатів спостереження | 8 |
| 2.2 | Вимірювання вологості непрямим методом | 9 |
| 2.2.1 | Методика вимірювання | 9 |
| 2.2.2 | Результати спостереження | 9 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----|---------|--------|------|--|--|--|-----|-----|---------|--|--|--|------------|--|--|
| | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Зм | Арк | № Докум | Підпис | Дата | | | | | | | | | | | | |
| Розроб. | | | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">Арк</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Арк</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Аркушів</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center; padding: 10px;">ЖДТУ АТ-22</td> </tr> </table> | | | Арк | Арк | Аркушів | | | | ЖДТУ АТ-22 | | |
| Арк | Арк | Аркушів | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ЖДТУ АТ-22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Перевір | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т. Контр | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н. Контр | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Затв | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.2.3 | Обробка результатів спостереження | 10 |
| | Висновки до розділу 2 | 12 |
| 3 | Визначення метрологічних характеристик електронного ємнісного гігро- | |
| | метра | 14 |
| 3.1 | Визначення метрологічних характеристик | 14 |
| 3.1.1 | Визначення чутливості | 14 |
| 3.1.2 | Визначення сумарної середньої квадратичної похибки вимі- | |
| | рювання | 15 |
| 3.1.3 | Визначення приведеної похибки вимірювання | 16 |
| 3.1.4 | Визначення відносної похибки вимірювання | 17 |
| 3.1.5 | Визначення варіації | 17 |
| 3.1.6 | Статична характеристика | 17 |
| 3.1.7 | Визначення роздільної здатності | 17 |
| | Висновки до розділу 3 | 18 |
| | Висновки | 19 |
| | Список використаних інформаційних джерел | 20 |

| | | | | | | |
|------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Контроль показників мікроклімату у виробничих приміщеннях, а зокрема відносної вологості, здійснюється з метою:

1. Дотримання умов технологічного процесу — надто низька або надто висока вологість може негативно впливати навіть на волого-нечутливі процеси, та псувати обладнання.
2. Забезпечення безпечного робочого середовища для персоналу — не нормовані значення вологості та інших показників мікроклімату згубно впливають на здоров'я персоналу, особливо під час тривалого впливу протягом робочої зміни.

Для вимірювання відносної вологості застосовується широкий спектр електронних та аналогових пристроїв від традиційних психрометрів з двома термометрами, які застосовуються в основному для контролю показників безпосередньо на робочому місці працівника до складних точних електронних пристроїв для контролю умов самого виробничного процесу, який може бути частково чи повністю ізольований від персоналу.

Контроль параметрів мікроклімату, в тому числі і відносної вологості є невід'ємною і життєво важливою частиною будь-якого виробництва.

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 3 |

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТА ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ

1.1 Загальні вимоги до проведення вимірювання вологості

Для отримання комплексних результатів Вимірювання проводяться тричі під час однієї робочої зміни (на початку зміни, в середині, та в кінці) При вимірювання вологості варто враховувати температуру в приміщенні.

1.2 Методи вимірювання вологості повітря

1.2.1 Прямі методи вимірювання

1.2.1.1 Вимірювання швидкості випаровування при вимірюванні вологості повітря

Швидкість випаровування води збільшується в міру зменшення відносної вологості повітря. Випаровування води, в свою чергу, викликає охолодження конденсованої. Таким чином, температура вологого об'єкта зменшується.

За різницею температур повітря і вологого об'єкта можна визначити швидкість випаровування, а значить, і вологість повітря. При цьому треба враховувати той факт, вода, яка випаровується залишається навколо вологого предмета, і, таким чином, локально збільшується вологість повітря. Для усунення цього ефекту при вимірюванні вологості застосовують аспірацію (створюється потік повітря над вологим об'єктом).

На цьому принципі ґрунтуються *психрометри*.

1.2.2 Непрямі методи вимірювання

1.2.2.1 Вимірювання ємності при вимірюванні вологості повітря

На дві пластини подається змінна напруга, в залежності від кількості водяної пари між пластинами, змінюється діелектрична проникність та ємність, яка впливає на

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 4 |

реактивний опір конденсатора.

На цьому принципі побудовані *ємнісні електронні гігрометри*.

1.2.2.2 Вимірювання опору при вимірюванні вологості повітря

В датчику встановлюється полімерна мембрана яка змінює свій опір в залежності від кількості поглинутої води.

На цьому принципі побудовані *опірні електронні гігрометри*. Варто зауважити, що при вимірюванні вологості електронними датчиками потрібно враховувати температуру, оскільки вона впливає на калібрування приладів.

1.2.2.3 Вимірювання сили натягу при вимірюванні вологості повітря

Принцип ґрунтується на здатності знежиреної людської волосини змінювати свою довжину при зміні вологості, цей принцип взятий за основу у класичних *гігрометрах*.

1.3 Прилади для вимірювання вологості повітря

В даному розділі наведено прилади, що використовувались в межах даної курсової роботи.

1.3.1 Гігрометричний психрометр “ВІТ-1”

Прилад зображено на рис. 1.1.

Метрологічні характеристики:

- Діапазон вимірювання відносної вологості — 20 . . . 90 %.
- Температурний діапазон вимірювання вологості, 5 . . . 25 °С.
- Діапазон вимірювання температури 0 . . . 25°С.
- Ціна поділки шкали термометрів: 0.2°С.

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 5 |

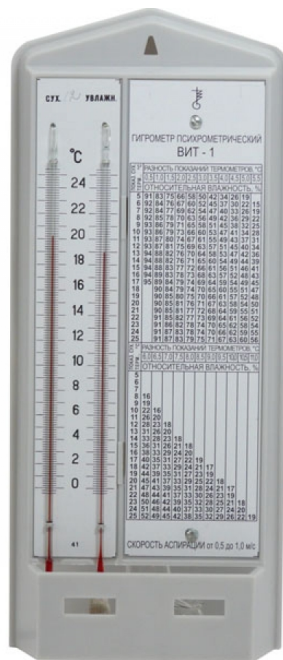


Рис. 1.1: Гігрометричний психрометр “ВИТ-1”



Рис. 1.2: Ємнісний електронний гігрометр “Testo 605 H1”

1.3.2 Ємнісний електронний гігрометр “Testo 605 H1”

Прилад зображено на рис. 1.2.

Метрологічні характеристики:

- Діапазон вимірювань — 5 ... 95% ВВ, $-10 \dots + 50^{\circ}\text{C}$;
- Похибка — $\pm 1\%$ ВВ;
- Робоча температура — $0 \dots + 50^{\circ}\text{C}$;
- Роздільна здатність — 0,1% ВВ, $0,1^{\circ}\text{C}$;

Висновки до розділу 1

В цьому розділі було розглянуто методи та засоби для вимірювання відносної волосисти повітря. На практиці застосовуються як прямі так і не прямі методи вимірювання.

Прямий метод — ґрунтується вимірюванні швидкості випаровування. Непрямі методи ґрунтуються на вимірюванні ємності, опору або сили натягу.

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 7 |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2

ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ

2.1 Вимірювання вологості прямим методом

2.1.1 Методика вимірювання

Для проведення дослідження було обрано гігрометричний психрометр “ВІТ-1”. Прилад було встановлено на висоті 0.5м, що відповідає вимогам до вимірювання показників мікроклімату для сидячих робочих місць.

2.1.2 Результати спостереження

Таблиця 2.1

Результати спостереження при вимірюванні психрометром

| Термометри | Вимірювані температури, °C | Поправки до температур за паспортом, °C | Температура після введення поправок, °C |
|------------|----------------------------|---|---|
| Сухий | 22.5 | −0.15 | 22.35 |
| Зволожений | 16.1 | +0.20 | 16.3 |

2.1.3 Обробка результатів спостереження

Округлимо покази сухого термометра до цілих:

$$t_c = 22.35 \approx 22.4^{\circ}\text{C}. \quad (2.1)$$

Знайдемо різницю температур сухого та зволоженого термометра:

$$\Delta t = t_c - t_{зв} = 6.1^{\circ}. \quad (2.2)$$

Де: Δt — різниця температур, °C;

t_c — температура сухого термометра, °C;

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 8 |

$t_{зв}$ — температура зволоженого термометра, °C.

Визначаємо відносну вологість для t_c , для чого інтерполюємо значення відносної вологості за таблицею для t_c від 22 до 23°C — отримуємо вологість 48%. При збільшенні температури на 1°C вологість збільшується на 2%, а при збільшенні температури на 0.4°C вологість збільшується відповідно:

$$t_c + \Delta t = 48 + 0.4 \cdot 2 = 48.8\% \quad (2.3)$$

Визначаємо відносну вологість для t_c і Δt , для чого інтерполюємо значення відносної вологості при різниці показів від 6.0 до 6.5°C. При збільшенні Δt на 0.5°C відносна вологість зменшується на 4%, а при збільшенні різниці температур на 0.1°C відносна вологість зменшується на:

$$\frac{0.14}{0.5} = 0.8\% \quad (2.4)$$

Отже, вологість φ при температурі t_c і різниці температур Δt , враховуючи абсолютну похибку психрометра, що складає $\pm 0.2\%$, буде дорівнювати:

$$48.8 - 0.8 = 48 \pm 0.2\%. \quad (2.5)$$

2.2 Вимірювання вологості непрямым методом

2.2.1 Методика вимірювання

Для вимірювання вологості непрямым методом було обрано електронний емнісний гігрометр “Testo 605 H1”. Прилад було встановлено на висоті 0.5м, що відповідає вимогам до вимірювання показників мікроклімату для сидячих робочих місць.

2.2.2 Результати спостереження

Результати отримані під час виконання замірів наведено в табл. 2.2.

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 9 |

2.2.3 Обробка результатів спостереження

1. Обрахуємо середнє квадратичне відхилення

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (\varphi_i - \bar{\varphi})^2} \quad (2.6)$$

Де: N — кількість проведених дослідів;

φ_i — i -тий елемент результатів спостереження;

$\bar{\varphi}$ — середнє арифметичне результатів спостереження;

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{30-1} \cdot \sum_{i=1}^{30} (\varphi_i - 48.00)^2} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{30} (\varphi_i - 48.00)^2 &= \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + (47.9 - 48.0)^2 + \\ &+ (47.9 - 48.0)^2 + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + (48.1 - 48.0)^2 + (48.1 - 48.0)^2 + \\ &+ \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + (47.9 - 48.0)^2 + \\ &+ (47.9 - 48.0)^2 + (47.9 - 48.0)^2 + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \\ &+ \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + (48.1 - 48.0)^2 + (48.1 - 48.0)^2 + \\ &+ (48.1 - 48.0)^2 + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + (47.9 - 48.0)^2 + \\ &+ (47.9 - 48.0)^2 + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + (48.1 - 48.0)^2 + \\ &+ (48.1 - 48.0)^2 + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} + \cancel{(48.0 - 48.0)^2} = \\ &= (-0.10^2) + (-0.10^2) + 0.10^2 + 0.10^2 + (-0.10^2) + (-0.10^2) + \\ &+ (-0.10^2) + 0.10^2 + 0.10^2 + 0.10^2 + (-0.10^2) + (-0.10^2) + 0.10^2 + \\ &+ 0.10^2 = 0.14\% \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{30-1} \cdot 0.14} = \sqrt{0.005} \approx 0.069\% \quad (2.9)$$

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 10 |

2. Обрахуємо середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного:

$$\delta_{ca} = \frac{\delta}{\sqrt{N}} = \frac{0.069}{\sqrt{30}} = 0.013\% \quad (2.10)$$

3. Обрахуємо довірчий інтервал результату спостереження:

$$\Delta_i = \bar{\varphi} \pm K \cdot \delta \quad (2.11)$$

Де: K — коефіцієнт Лапласа;

δ — середнє квадратичне відхилення, %;

$\bar{\varphi}$ — середнє арифметичне результатів спостереження, %;

$$\Delta_i = 48.00 \pm 2.0 \cdot 0.069 = (48.00 \pm 0.139)\% \quad (2.12)$$

4. Обрахуємо довірчий інтервал результату вимірювання

$$\Delta_i = \bar{\varphi} \pm K_{ca} \cdot \delta_{ca} \quad (2.13)$$

Де: K_{ca} — коефіцієнт Стюдента;

δ_{ca} — середнє арифметичне середнього квадратичного відхилення, %;

$\bar{\varphi}_{ca}$ — середнє арифметичне результатів спостереження, %;

$$\Delta_{ca} = 48.00 \pm 2.04 \cdot 0.013 = (48.00 \pm 0.026)\% \quad (2.14)$$

Жоден із результатів спостереження не виходить за границі довірчого інтервалу, отже грубі похибки відсутні.

Відповідь: $\varphi = (48.0 \pm 0.026)\%$, ($P = 0.95$)

Висновки до розділу 2

За допомогою електронного гігрометру “Testo 605 H1” було проведено вимірювання вологості у виробничому приміщенні. Отриманні результати свідчать про те, що значення вологості лежить в діапазоні 40 — 60 % Таким чином, згідно санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень [1], значення вологості для даного виробничого приміщення є оптимальними та відповідає нормі. Вплив мікроклімату на фізичний стан персоналу мінімальний.

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 12 |

Результати спостереження

| № | $\varphi_i, \%$ | $\Delta\varphi_i = \varphi_i - \bar{\varphi}$ | $\Delta\varphi_i^2$ | Примітка |
|----|---|---|---------------------|----------|
| 1 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 2 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 3 | 47.9 | -0.10 | 0.01 | |
| 4 | 47.9 | -0.10 | 0.01 | |
| 5 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | 48.1 | 0.10 | 0.01 | |
| 7 | 48.1 | 0.10 | 0.01 | |
| 8 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 9 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 10 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 11 | 47.9 | -0.10 | 0.01 | |
| 12 | 47.9 | -0.10 | 0.01 | |
| 13 | 47.9 | -0.10 | 0.01 | |
| 14 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 15 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 16 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 17 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 18 | 48.1 | 0.10 | 0.01 | |
| 19 | 48.1 | 0.10 | 0.01 | |
| 20 | 48.1 | 0.10 | 0.01 | |
| 21 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 22 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 23 | 47.9 | -0.10 | 0.01 | |
| 24 | 47.9 | -0.10 | 0.01 | |
| 25 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 26 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 27 | 48.1 | 0.10 | 0.01 | |
| 28 | 48.1 | 0.10 | 0.01 | |
| 29 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 30 | 48.0 | 0.00 | 0.00 | |
| | $\bar{\varphi} = \frac{1}{30} \cdot \sum_{i=1}^{30} \Delta\varphi_i = 48.0$ | 0.00 | $\delta = 0.07\%$ | |

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОННОГО ЄМНІСНОГО ГІГРОМЕТРА

3.1 Визначення метрологічних характеристик

Для визначення метрологічних характеристик ємнісного гігromетра було використано зразковий (еталонний) гігromетр “Testo 605 H1” і мультиметр налаштований на вимірювання ємності який було під’єднано до досліджуваного гігromетра.

Отримано 11 значень вологості і напруги. Результати обрахунків та вимірювань наведені в таблиці табл. 3.1

Таблиця 3.1

Результати обрахунків та вимірювань

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\varphi, \%$ | 24.1 | 32.3 | 42.0 | 53.1 | 67.0 | 82.3 | 65.9 | 51.6 | 42.4 | 33.2 | 24.0 |
| $C, \text{ пФ}$ | 160 | 256 | 343 | 452 | 600 | 722 | 594 | 450 | 347 | 255 | 166 |
| $\Delta C_1, \text{ пФ}$ | 7.73 | | | | | | | | | | |
| $\Delta C_2, \text{ пФ}$ | 20 | | | | | | | | | | |
| $\Delta C_{\Sigma}, \text{ пФ}$ | 83.29 | | | | | | | | | | |
| $\gamma_{\Sigma}, \%$ | 1.07 | | | | | | | | | | |
| $\delta_n, \%$ | 13.4 | 8.4 | 6.2 | 4.7 | 3.6 | 3.0 | 3.6 | 4.8 | 6.2 | 8.4 | 12.9 |

3.1.1 Визначення чутливості

Знайдемо чутливість для кожного з результатів:

$$S = \frac{C}{\varphi} \quad (3.1)$$

Де: C — ємність мембрани, пФ;

φ — значення вологості, %.

$$\begin{aligned}
S_1 &= \frac{160}{24.1} = 6.64 \text{ пФ/\%}; & S_7 &= \frac{594}{65.9} = 9.01 \text{ пФ/\%}; \\
S_2 &= \frac{256}{32.3} = 7.93 \text{ пФ/\%}; & S_8 &= \frac{450}{51.6} = 8.72 \text{ пФ/\%}; \\
S_3 &= \frac{343}{42.0} = 8.17 \text{ пФ/\%}; & S_9 &= \frac{347}{42.4} = 8.18 \text{ пФ/\%}; \\
S_4 &= \frac{452}{53.1} = 8.51 \text{ пФ/\%}; & S_{10} &= \frac{255}{33.2} = 7.68 \text{ пФ/\%}; \\
S_5 &= \frac{600}{67.0} = 8.96 \text{ пФ/\%}; & S_{11} &= \frac{166}{24.0} = 6.92 \text{ пФ/\%}; \\
S_6 &= \frac{722}{82.3} = 8.77 \text{ пФ/\%};
\end{aligned}
\tag{3.2}$$

Розрахуємо середню чутливість:

$$S_{\text{ср}} = \frac{\sum S_n}{n} \tag{3.3}$$

Де: S_n — чутливість n-го результату спостереження, пФ/\%;

n — кількість результатів спостереження.

$$\begin{aligned}
\sum S_{\text{ср}} &= 6.64 + 7.93 + 8.17 + 8.51 + 8.96 + 8.77 + 9.01 + 8.72 + \\
&+ 8.18 + 7.68 + 6.92 = 89.49 \text{ пФ/\%}
\end{aligned}
\tag{3.4}$$

$$S_{\text{ср}} = \frac{89.49}{11} = 8.14 \text{ пФ/\%} \tag{3.5}$$

3.1.2 Визначення сумарної середньої квадратичної похибки вимірювання

$$\Delta C_{\Sigma} = \sqrt{\Delta C_1^2 + \Delta C_2^2} \tag{3.6}$$

$$\Delta \varphi = \frac{\varphi_{\text{max}} \cdot \gamma_{\text{гір.}}}{100} \tag{3.7}$$

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 15 |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | |

Де: φ_{max} — максимальне значення вологості, %;

$\gamma_{гир.}$ — приведена похибка гігрометра.

$$\begin{aligned}\varphi_{max} &= 95\%; \\ \Delta\gamma_{гир.} &= 1\%; \\ \Delta\varphi &= \frac{95 \cdot 1}{100} = 0.95\%.\end{aligned}\tag{3.8}$$

$$\Delta C_1 = \Delta\varphi \cdot S_{сер} = 0.95 \cdot 8.14 = 7.73 \text{ пФ}\tag{3.9}$$

$$\begin{aligned}C_{max} &= 2000 \text{ пФ}; \\ \Delta\gamma_{мульт.} &= 1\%; \\ \Delta C_2 &= \frac{C_{max} \cdot \gamma_{мульт.}}{100} = \frac{2000 \cdot 1}{100} = 20 \text{ пФ}.\end{aligned}\tag{3.10}$$

$$\Delta C_{\Sigma} = \sqrt{23.16^2 + 20^2} = 83.285 \text{ пФ}\tag{3.11}$$

3.1.3 Визначення приведеної похибки вимірювання

Визначимо приведену похибку:

$$\delta_{\Sigma} = \frac{\Delta C_{\Sigma}}{C_i}\tag{3.12}$$

Де: ΔC_{Σ} — сумарна середня квадратична похибка вимірювання, пФ;

C_i — і-й результат спостереження.

$$\delta_{\Sigma 1} = \frac{21.443}{24.1} \cdot 100\% = 13.40\%; \quad \delta_{\Sigma 7} = \frac{21.443}{65.9} \cdot 100\% = 3.61\%; \quad (3.13)$$

$$\delta_{\Sigma 2} = \frac{21.443}{32.3} \cdot 100\% = 8.38\%; \quad \delta_{\Sigma 8} = \frac{21.443}{51.6} \cdot 100\% = 4.77\%;$$

$$\delta_{\Sigma 3} = \frac{21.443}{42.0} \cdot 100\% = 6.25\%; \quad \delta_{\Sigma 9} = \frac{21.443}{42.4} \cdot 100\% = 6.18\%;$$

$$\delta_{\Sigma 4} = \frac{21.443}{53.1} \cdot 100\% = 4.74\%; \quad \delta_{\Sigma 10} = \frac{21.443}{33.2} \cdot 100\% = 8.41\%;$$

$$\delta_{\Sigma 5} = \frac{21.443}{67.0} \cdot 100\% = 3.57\%; \quad \delta_{\Sigma 11} = \frac{21.443}{24.0} \cdot 100\% = 12.92\%;$$

$$\delta_{\Sigma 6} = \frac{21.443}{82.3} \cdot 100\% = 2.97\%;$$

3.1.4 Визначення відносної похибки вимірювання

Визначимо відносну похибку вимірювання за наступною формулою:

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{\Delta C_{\Sigma}}{C_{\text{макс}}} \cdot 100\% \quad (3.14)$$

Де: ΔC_{Σ} — сумарна середня квадратична похибка вимірювання, пФ;

$C_{\text{макс}}$ — максимальне значення ємності.

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{21.443}{2000} \cdot 100\% = 1.07\% \quad (3.15)$$

3.1.5 Визначення варіації

$$b_4 = |452 - 450| = 2 \text{ пФ} \quad (3.16)$$

3.1.6 Статична характеристика

Графік статичної характеристики наведено на рис. 3.1

3.1.7 Визначення роздільної здатності

Згідно документації до приладу [2], роздільна здатність для вимірювань відносної вологості становить 0, 1% ВВ, а для вимірювання температури — 0, 1 °С.

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 17 |

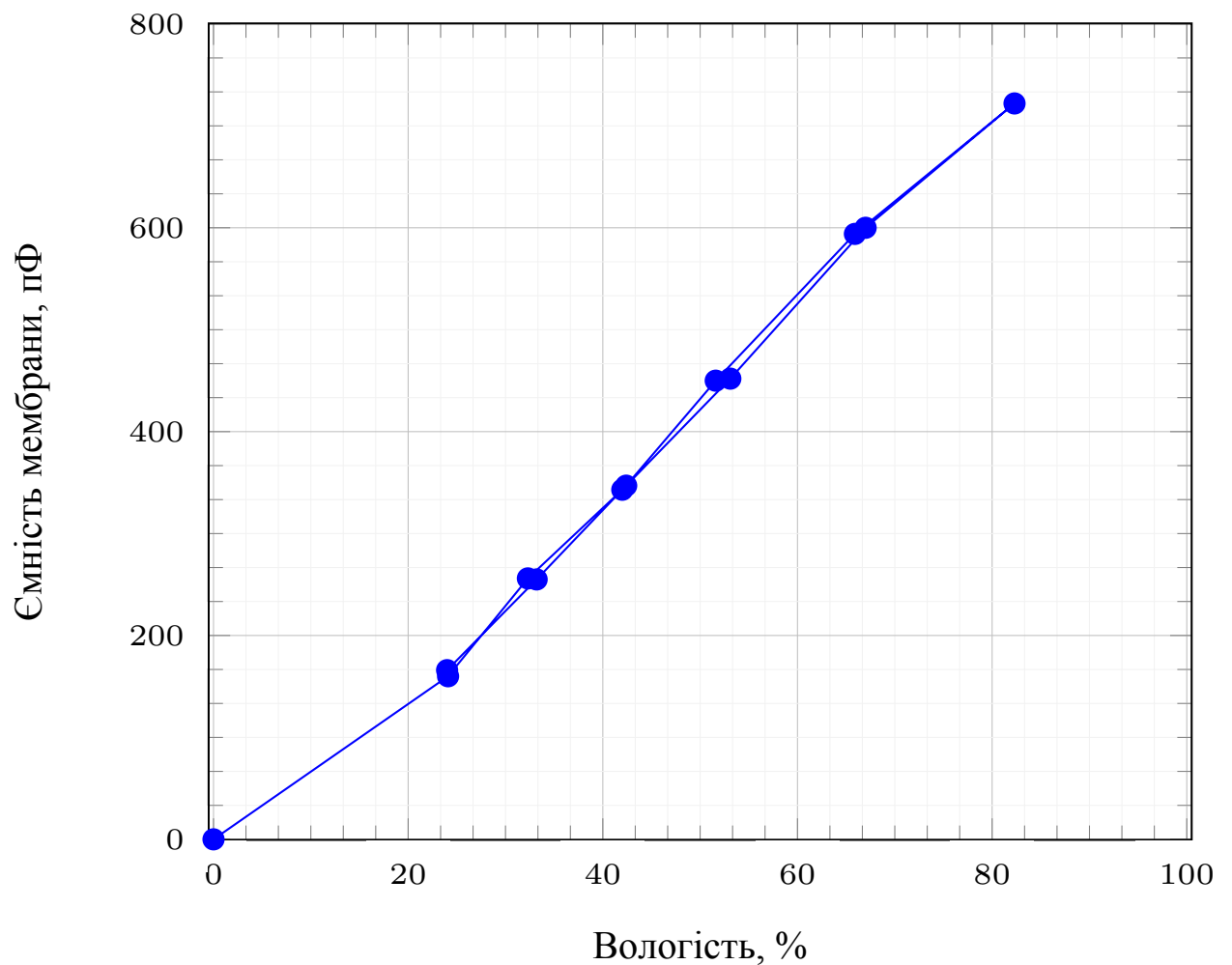


Рис. 3.1: Статична характеристика електронного ємнісного гігрометра

Висновки до розділу 3

Визначено метрологічні характеристики електронного ємнісного гігрометра “Testo 605 H1”, проведено ознайомлення з методикою повірки метрологічних приладів.

ВИСНОВКИ

В даному курсовому проекті була розкрита тема вимірювання відносної вологості повітря при оцінці мікроклімату виробничих приміщень. Були описані прямі методи вимірювання відносної вологості повітря, визначені величини мікроклімату виробничих приміщень, що характеризується сукупністю параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці, на його робочому місці та у робочій зоні.

Описали його вплив на організм людини та заходи щодо зниження його негативного впливу. Також було описано будову та принцип дії основних приладів для вимірювання відносної вологості повітря. У відповідності до завдання були проведенні розрахунки похибок відносної вологості повітря в виробничому приміщенні прямим методом.

Вимірювання здійснювалися ємнісним гігрометром, та “традиційним” психрометром з двома термометрами. Розраховано похибки вимірювання відносної вологості повітря. Результати дослідження показали, що відносна вологість в даному приміщенні лежить в допустимих межах.

В такому випадку можна вважати, що мікроклімат цього приміщення має незначний вплив на здоров'я людини. Оптимальні параметри мікроклімату забезпечують комфортні умови у виробничому приміщенні. Допустимі параметри можуть викликати у людини дискомфортні відчуття. Але змін у стані здоров'я не буде.

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | 19 |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 [Електронний ресурс] // Ліга Закон — Головний правовий портал України. — Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000604.html, вільний. — Довідкова інформація від 24.09.2002, Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. (8.09.2016).
2. Інструкція та технічні характеристики гігрометра “Testo 605 H1” [Електронний ресурс] // Нева — Супермаркет технологічного обладнання. — Режим доступу: http://neva.kiev.ua/uploads/pdf/1376052157_5204e3bdce019.pdf, вільний. — Інструкція та технічні характеристики гігрометра “Testo 605 H1”. (25.08.2016).

| | | | | | | |
|-------|-----|----------|--------|------|--|-----|
| | | | | | | Арк |
| | | | | | | 20 |
| Змін. | Арк | № Докум. | Підпис | Дата | | |