

ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНІ УМОВИ ЗБЕРІГАННЯ ПАМ'ЯТОК ІСТОРІЇ ТА КУЛЬТУРИ У ПРИМІЩЕННЯХ ПРИ ПОНИЖЕНОМУ ТИСКУ ПОВІТРЯ

Проблема збереження найрізноманітніших цінностей посідає особливе значення у сучасному житті суспільства.

Необхідні температура та вологість повітря, світло склад атмосферного повітря, біологічний режим — основні фактори, які у відповідному співвідношенні складають умови, які потрібні для нормального існування експонатів у музейних приміщеннях.

У літературі [1, 2] наведений метод зберігання пам'яток історії та культури в умовах вакууму чи пониженому тиску повітря. Цим досягається добрий захист експонатів від руйнівного впливу кисню та забрудненого повітря. Разом з тим відзначається неможливість контролю відносної вологості повітря, що перешкоджає зберіганню експонатів, відзначається відсутність належної техніки для створення умов зберігання музейних цінностей при пониженому тиску повітря. Схеми установок та обладнання для створення у приміщенні пониженого тиску повітря наведені у праці [3]. Тому актуальним є визначення вихідних даних для розробки основ технологічного кондиціонування повітря при його пониженому тиску стосовно проблеми зберігання музейних експонатів.

На рис.1 наведена діаграма вологого повітря для тиску $0,001 \div 0,0975$ МПа [4] — інструменту, що дає можливість аналізувати стан середовища у сховищах, шафах, вітринах, контейнерах тощо (далі сховищах) з пониженим тиском повітря.

При розрахунках та будівні Id-діаграми вологого повітря при пониженому тиску використані відомі правила та положення [5]: розташування ізотерм та ліній постійного вологовмісту не залежить від тиску; при зміні тиску змінюється тільки розташування ліній постійної вологості повітря; при зміні тиску відношення ϕ/P залишається постійним (на Id-діаграмі лінії $\phi = \text{const}$ замінені лініями $\phi/P = \text{const}$).

Id-діаграма побудована для тиску $0,0975$ МПа. Параметри ліній ϕ/P наведені у таблиці.

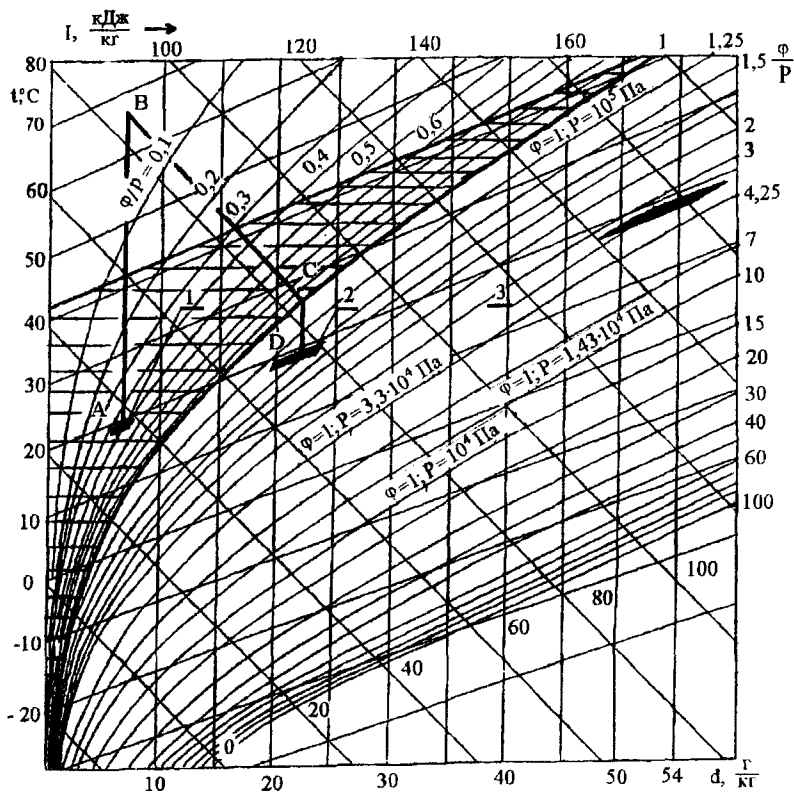


Рис. 1. Области характерних температурно-вологісних параметрів при атмосферному та пониженому тиску при зберіганні пам'яток історії та культури

Таблиця

Параметри ліній ϕ/P

| ϕ/P | $\phi=1; P=\text{var}$ | | $P=1 \text{ атм} (0,1 \text{ МПа}); \phi = \text{var}$ | |
|----------|------------------------|-------|--|-----|
| | ϕ | P | ϕ | P |
| 0,1 | 1 | 10 | 0,1 | 1 |
| 0,2 | 1 | 5 | 0,2 | 1 |
| 0,5 | 1 | 2 | 0,5 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1,5 | 1 | 0,667 | | |
| 2 | 1 | 0,5 | | |
| 3 | 1 | 0,333 | | |

| | | | | |
|------|---|--------|--|--|
| 4,25 | 1 | 0,235 | | |
| 7 | 1 | 0,143 | | |
| 10 | 1 | 0,1 | | |
| 15 | 1 | 0,0666 | | |
| 20 | 1 | 0,05 | | |
| 30 | 1 | 0,0333 | | |
| 40 | 1 | 0,025 | | |
| 60 | 1 | 0,0167 | | |
| 100 | 1 | 0,01 | | |

Відзначені області на Id-діаграмі дають уявлення про температурно-вологісні параметри зовнішнього середовища протягом року (заштрихована область) та повітря в умовах пониженого тиску. Так, область 1 це область параметрів, що рекомендовані для зберігання експонатів при атмосферному тиску ($t = (18 \pm 1)^\circ\text{C}$ та $\phi = 0,5 + 0,05$ [1]). Області 2 та 3 — тіж самі області параметрів, що рекомендовані при атмосферному тиску, відповідно при абсолютному тиску $3,3 \cdot 10^4$ Па та $1,43 \cdot 10^4$ Па.

З діаграми випливає:

1. Чим нижче тиск повітря, тим ширше межі вологовмісту повітря d , що відповідає $t = (18 \pm 1)^\circ\text{C}$ та $\phi = 0,5 + 0,05$. Так, при $p = 9,75 \cdot 10^4$ Па значення d змінюється на кілька одиниць, а при $p = 1,43 \cdot 10^4$ Па вже на десяток одиниць, г/кг.

2. У зимовий період у сховищі при тиску менше атмосферного потребується нагрів та зволоження повітря. У теплий період можливе проведення як зволоження вентиляційного повітря при малих абсолютних тисках, так зволоження чи осушку при абсолютних тисках близьких до атмосферного.

3. При зниженні тиску повітря його стан первісно характеризується параметрами, що знаходяться у заштрихованій області. Їх кількісне визначення буде проводитися відносно лінії $\phi = 1$ при даному абсолютному тиску. З початком зберігання буде відбуватися процес насичення повітря вологою за рахунок води експонатів. Цьому сприяє побічно низька відносна вологість повітря. Так, згідно з Id-діаграмою вологого повітря, якщо при атмосферному тиску стан повітря описується параметрами $t = 18^\circ\text{C}$ і $\phi = 0,5$, то при, наприклад, $P = 10^4$ Па — $\phi = 0,05$. Тобто при зниженні абсолютного тиску при постійній темпера-

турі зменшується парціальний тиск водяної пари, а тиск насичення залишається без зміни.

4. При нещільному закритті сховища має місце надходження зовнішнього повітря, що призводить до зміни абсолютного тиску та відносної вологості повітря у сховищі, та можливості випадання крапельної вологи.

У літературі відсутні дані з оптимальних значень відносної вологості повітря ϕ в залежності від тиску, загалом не розроблена технологічна передусім у частині термодинаміки повітря та теплотехнічних процесах база організації зберігання музейних експонатів при пониженому тиску повітря. Для широкої технічної реалізації способу зберігання експонатів в умовах вакууму насамперед треба мати уявлення про проведення зволоження та усущки повітря при тиску менш атмосферного. Так, підвищення вологовмісту повітря можна виконати двома шляхами. Перший – подачею води, вивіреної кількості води, безпосередньо у сховище. Витрати води визначаються з урахуванням початкового та кінцевого вологовмісту повітря згідно з Id-діаграмою в умовах зміни тиску. При цьому найважливішим є герметичність сховища. Способи подачі води можуть бути різні: у ємкості, вимушеним зволоженням повітря, з допомогою зволжених капілярно-пористих тіл тощо. Другий — подачею кондиціонованого повітря з витратами достатніми для підтримки необхідного режиму зберігання, що порушується за рахунок натікання повітря скрізь нещільності сховища.

Визначену цікавість уявляє реалізація процесів зберігання експонатів окремо у малих та великих сховищах з пониженим тиском повітря.

У малих сховищах встановлення нормативної температури у більшості випадків відбувається за рахунок нормативної температури у приміщенні, де розташоване сховище. При періодичних змінах температури у приміщенні внаслідок зменшеної теплопередачі в умовах вакуума температура експонатів буде змінюватися з меншою амплітудою, що є позитивним. При стійкій низькій температурі у приміщенні можливо проведення нагріву середовища у сховищі; при цьому із-за зменшеної теплопередачі в умовах вакууму будуть менші тепловтрати у приміщення. Тобто процес зберігання музейних цінностей у вакуумі у малих сховищах у деякій мірі є енергозбережливим. Ці сховища потребують високої герметизації.

Для великих сховищ із-за труднощів з герметизацією бажана їх вентиляція кондиціонованим повітрям. В умовах малих витрат венти-

ляційного повітря можлива реалізація простих технологічних кондиціонерів. Наприклад, при проведенні відомого процесу ABCD (рис.1) можливий нагрів повітря у електричному калорифері (AB), зволоження у мокрій камері з капілярно-пористою насадкою (BC) та охолодження у поверхневому теплообміннику (CD).

Уявляє деяку цікавість розрахунок режиму наповнення сховища атмосферним повітрям, що характерно при зніманні експонатів із збереження чи демонстрування, а також при натіканні повітря крізь нещільності.

Приклад. Сховище має об'єм $V = 1 \text{ м}^3$. Тиск зберігання $P_x = 1,43 \cdot 10^4 \text{ Па}$; температура $t_x = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ та відносна вологість повітря $\phi_x = 0,5$. Треба визначити різницю значень вологовмісту у повітрі сховища в умовах зберігання та після натікання атмосферного повітря із встановленням атмосферного тиску.

Згідно з Id-діаграмою вологовмісту повітря в умовах пониженого тиску — $d_x \approx 53,5 \text{ г/кг}$. З урахування питомої ваги та об'єму вміст води складає $m_x = 9,3 \text{ г}$.

При атмосферному тиску вологовміст $d_a = 7 \text{ г/кг}$.

При стисненні повітря у сховище, що там знаходилося перед втіканням атмосферного повітря, до атмосферного тиску, воно займе об'єм $V_{a,x} \approx 0,14 \text{ м}^3$. Інша частина сховища заповнена атмосферним повітрям $V_a = V - V_{a,x} = 0,86 \text{ м}^3$. Кількість води, що утримує атмосферне повітря, складає $m_a = V_a d_a \rho_a = 0,86 \text{ м}^3 \cdot 7 \text{ г/кг} \cdot 1,205 \text{ кг/м}^3 = 7,25 \text{ г}$.

Загальна кількість води у сховищі дорівнює $m = m_x + m_a = 9,3 \text{ г} + 7,25 \text{ г} = 16,55 \text{ г}$.

У атмосферних умовах в стані насичення повітря згідно з Id-діаграмою вологовмісту повітря складає $d_n \approx 13 \text{ г/кг}$ і загальна кількість води у повітрі $m_n = V \cdot d_n \rho \approx 15,6 \text{ г}$. Тобто з повітря випаде вода у кількості $m_{ax} = m - m_n = 16,55 \text{ г} - 15,6 \text{ г} = 0,95 \text{ г}$.

Зрозуміло, що коли ϕ_x буде більше 0,5, значення m_{ax} буде також значно більше.

З цього прикладу випливають висновки:

1. При натіканні атмосферного повітря у сховище з пониженим тиском повітря навіть в умовах параметрів повітря, що характеризується як нормативні, можливе випадіння води.

2. Із зниженням тиску, а отже, підвищенням вологовмісту d_x , значення m_{ax} підвищується.

3. З втіканням повітря відбувається два негативні процеси: перший — підвищення відносної вологості повітря; другий — випадіння вологи. В обох випадках створюються умови для вологого пошкодження експонатів та умови для розвитку біологічних шкідників.

Таким чином, реалізація зберігання музейних експонатів в умовах пониженого тиску повітря є складним технологічним завданням і потребує вивчення термодинамічних особливостей зміни стану повітря при зміні тиску, розробки теплотехнічних основ реалізації заданих режимів зберігання та розробки спеціального обладнання.

Використана література

1. *Панченко О. К., Кондратюк Т. О.* Вплив фізичних факторів на гриби-деструктори музейних об'єктів і на матеріали різних груп музейного зберігання: огляд літератури // Проблеми біопошкодження пам'яток історії та культури. — К.: ННДРЦУ. — 1998. — С.72—104.

2. Музейное хранение художественных ценностей. Практическое пособие. — М.: ГНИИРеставр. — 1995. — 204 с.

3. *Писарев В. Е.* Схемы и конструкции оборудования для реализации гипобарического способа хранения. Обзор. // Ред. журн. "Известия вузов. Энергетика". — Минск. — 1988. — 38 с.: Библиограф.: 13 назв. — Деп в ВАСХНИЛ, № 707 ВС — 88 Деп.

4. *Писарев В. Е., Бойко В. С.* Іd-діаграма вологого повітря для тисків 0,001 — 0,0975 МПа // Ред. журн. Известия вузов. Энергетика. — Минск. — 1988. — 13 с.: ил. — Библиограф.: 5 назв. — Деп в ВИНТИ 12.04.88 г. — № 2780. — В 88.

5. *Нестеренко А. Ф.* Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. — М.: Высшая школа. — 1971. — 400 с.