

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ УДАРНО-ПІННИЙ АПАРАТ ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Наведено дослідження енергоефективності компактного ударно-пінного апарату для забезпечення умов зберігання та переміщення музейних експонатів, виявлено основні фактори впливу на процеси тепломасообміну в пінному шарі, проведено техніко-економічне порівняння апаратів для тепловологісної обробки повітря.

Основною умовою оптимального зберігання музейних фондів є дотримання нормативного та максимально стабільного режиму температури та вологості повітря в усіх приміщеннях будівлі музею. Крім широковідомої дії змін температури і відносної вологості повітря, великий вплив на стан музейних предметів має чистота та газовий склад повітря [1].

На даний час оптимальні параметри мікроклімату, для зберігання та експонування музейних колекцій, як правило створюють за допомогою центральних чи автономних систем кондиціювання з обладнанням для тепловологісної обробки повітря.

Стабільність мікрокліматичних параметрів повинна забезпечуватись не тільки при експозиції, але й при передачі експонатів на тимчасове зберігання до інших музеїв. На сьогодні відсутні компактні апарати, які могли б забезпечити температурно-вологісний режим при переміщенні музейних експонатів та для забезпечення і підтримання оптимальних умов у спеціальних музейних приміщеннях, таких як, приміщення для витримування предметів після обробки, ізоляторах, дезкамерах, приміщеннях дезінфекції, дезінсекції. У кожному з даних приміщень свої особливі вимоги до параметрів мікроклімату, що потребує застосування енергоефективних автономних апаратів для здійснення процесів обробки повітря відповідно до специфіки кожного з приміщень.

Аналіз існуючих конструкцій поверхневих зрошувальних теплообмінних апаратів, які представляють собою поєднання контактного та поверхневого теплообмінника в одній конструкції виявив, що пінний спосіб обробки повітря порівняно з іншими відомими способами дозволяє значно інтенсифікувати процеси тепло- і масообміну дякуючи сильній турбулізації газорідинної системи, що забезпечує зменшення дифузійних або термічних опорів, різке збільшення поверхні дотику взаємодіючих фаз, віднесеної до одиниці активного об'єму і безперервне оновлення даної поверхні [2, 3, 4]. На сьогодні є декілька конструкцій ударно-пінних апаратів з розміщеними в них теплообмінними контурами [5, 6, 7, 8]. Існуючі апарати є промисловими агрегатами, в них використанні теплообмінники з проміжним теплоносієм, що

вимагає їх підключення до холодильної машини або компресійного контуру, вони є великогабаритні, та енергозатратні.

Нами розроблено комбінований компактний пінний апарат з блоком термоелектричних модулів [9].

Принцип роботи апарату полягає в наступному. Повітря вентилятором через патрубок для подачі повітря 2 та щілинний канал 3 з великою швидкістю подається на поверхню рідини, яка заповнює піддон 4 апарату. Витіснена рідина інтенсивно перемішується з повітрям, внаслідок чого, утворюється рухомий шар піни, який проходить крізь пластини радіатора 6 термоелектричних модулів 7. Потім повітря проходить крізь радіатор, який виконує функцію сепаратора 8, де відділяються краплини вологи, а також інтенсифікуються процеси тепломасообміну на його поверхні. Повітря, позбавлене краплин вологи, проходить через радіатор 6 другого підігріву і видаляється через випускний отвір 10.

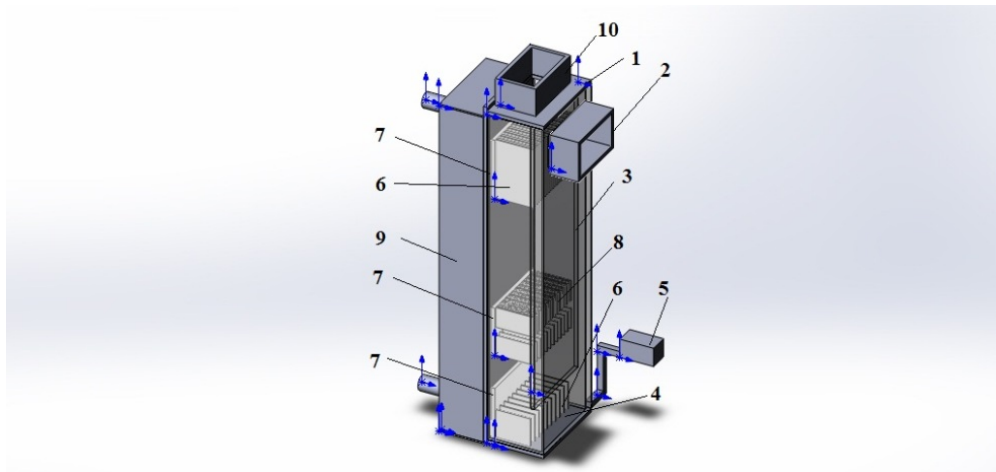


Рис.1. Конструкція комбінованого пінного апарату

1 – корпус; 2 – патрубок для подачі повітря; 3 – щілинний канал; 4 – піддон; 5 – регулятор рівня води; 6 – радіатор; 7 - термоелектричний модуль; 8 – радіатор-краплевлловлювач; 9 - канал допоміжного потоку; 10 – випускний отвір.

В якості джерела холоду і тепла в апараті використанні термоелектричні модулі. Організація допоміжного каналу циркуляції рідкого або газового носія 9 дозволяє ефективно знімати тепло чи холод з термоелектричних модулів. Пристрій дає можливість інтенсифікувати теплопередачу з мінімальними затратами електроенергії. Тобто створити таку різницю температур рідини або суміші газів в допоміжному каналі, що створює термоелектрорушійну силу, яка забезпечує живлення термоелектричних батарей. Застосування термоелектричних модулів покращують вагові та габаритні характеристики, знижують експлуатаційні затрати, підвищують екологічну безпеку при експлуатації винаходу.

Щоб виявити основні фактори, що впливають на піноутворення та процеси тепло- та масообміну в компактному ударно-пінному апараті були проведені експериментальні дослідження.

Оцінку процесів тепло та масообміну було здійснено за допомогою чисел одиниць переносу явного і повного тепла, що в загальному вигляді описується наступними формулами [10]:

$$NTU_{\alpha} = \frac{\alpha F}{c_{p,r} G_T} \quad (1)$$

$$NTU = \frac{\sigma F}{G_T} \quad (2)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°C})$; F – поверхня тепло- і масообміну, м^2 ; σ – коефіцієнт тепло та масообміну, визначений по різниці ентальпій, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Основний вплив на величину кількості одиниць переносу явного і повного тепла має висота пінного шару, яка визначає активну частину поверхні теплообмінника рис.1. Менший вплив має швидкість повітря і густина рідини, проте, з їхнім ростом кількість одиниць переносу також зростає рис. 2.

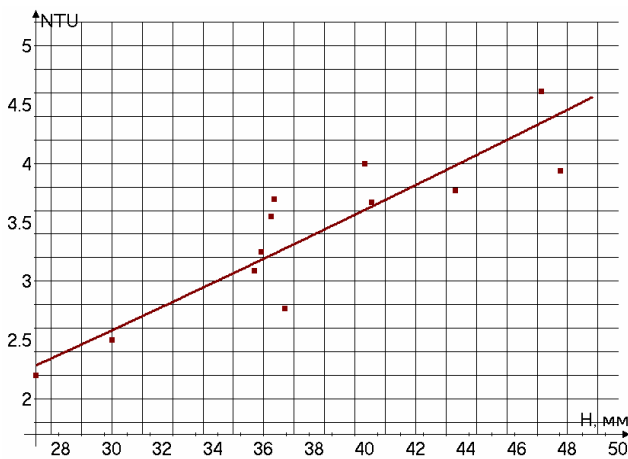


Рис.1.

Залежність числа одиниць переносу повного тепла NTU від висоти піни H при $w_a=3$ м/с

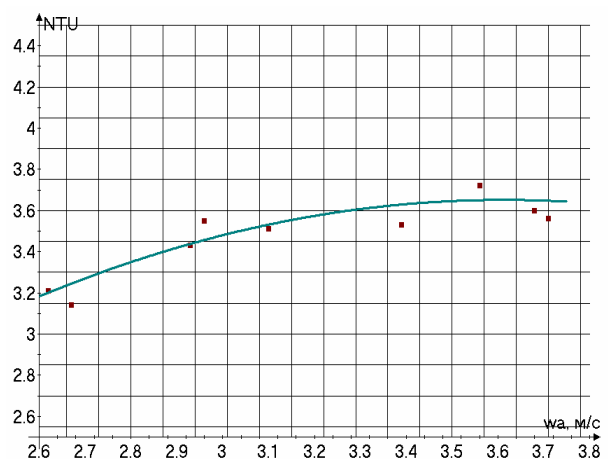


Рис.2.

Залежність числа одиниць переносу повного тепла NTU від швидкості повітря в режимі охолодження і осушення при піни $H = 35-40$ мм

Щоб оцінити ефективність апарату необхідно знати кількість тепла і маси, що переносяться від повітря до води за одиницю часу і приходиться на одиницю об'єму робочого простору, що оцінено коефіцієнтом повного теплообміну $K_{v,l}^p$:

$$K_{v,l}^p = \frac{NTU \rho_T w_T \cdot 3600}{l_p} \quad (3)$$

де ρ_T – густина газу(повітря), що проходить обробку в апараті, $\text{кг}/\text{м}^3$; w_T – швидкість повітря в перерізі апарату, м/с; l_p – довжина робочого простору апарату, м.

В якості енергетичного показника для теплообмінних апаратів використовують енергетичний коефіцієнт, який є відношенням теплової енергії,

переданої в апараті від одного середовища до іншого, віднесеного до енергії, яка затрачена на здійснення процесу теплообміну.

$$E = \frac{Q}{N_r + N_p} \quad (4)$$

де N_r – енергія, що затрачається протягом однієї години на переміщення повітря, Дж/год; N_p – енергія, що затрачається протягом години на подачу необхідної кількості води, Дж/год.

Нами було порівняно дворядну політропну камеру зрошення КОП-10 зі взаємно зустрічним розпилем, номінальною витратою повітря 10 тис. м³/год, габаритами 0,99×1,2×1,9 м, ударно-пінний зрошувальний апарат конструкції Римкевича А.А. ПИВ-9, номінальною витратою повітря 9 тис. м³/год, габаритними розмірами 1,46×1,17×2,66 м та компактним ударно-пінним апаратом з блоком термоелектричних модулів, витрата апарату 40 м³/год, розміри 0,44×0,12×0,08 м [11, 12].

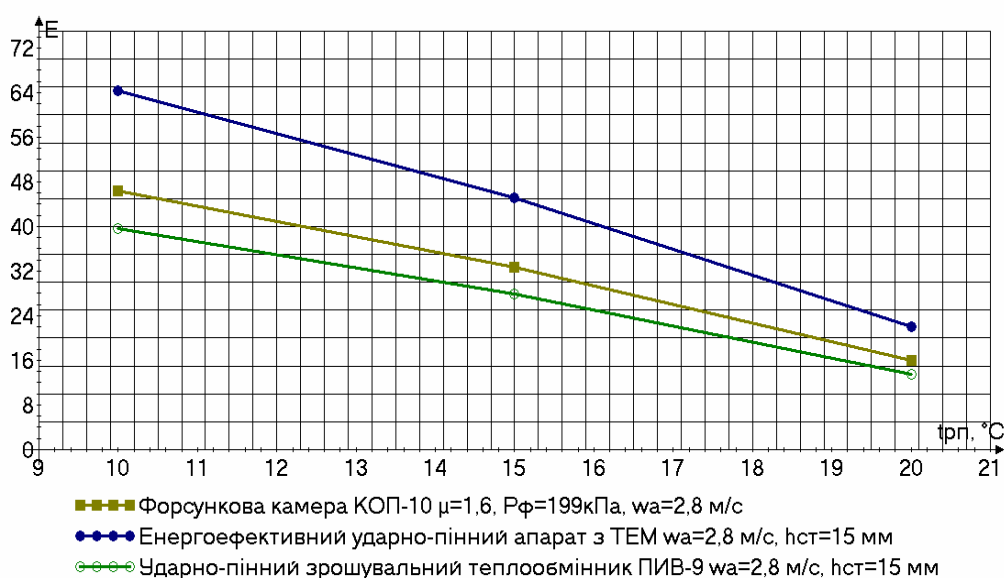


Рис.3.

Залежність енергетичного коефіцієнту від початкової температури води в апараті при початковій ентальпії повітря $I_p=72$ кДж/кг

Порівняння апаратів по енергетичному коефіцієнту рис.3 показують, що використання енергії потоку повітря для зрошення поверхні теплообмінників збільшує не тільки інтенсивність тепловіддачі радіаторів, але й опір апарату, проте, дозволяє відмовитись від рециркуляційного насосу, трубопроводів і форсунок, які є основним конструктивним елементом форсунокових камер. В результаті, затрати енергії на обробку повітря в апаратах близькі, а інтенсивність теплообміну в компактному ударно-пінному апараті більша.

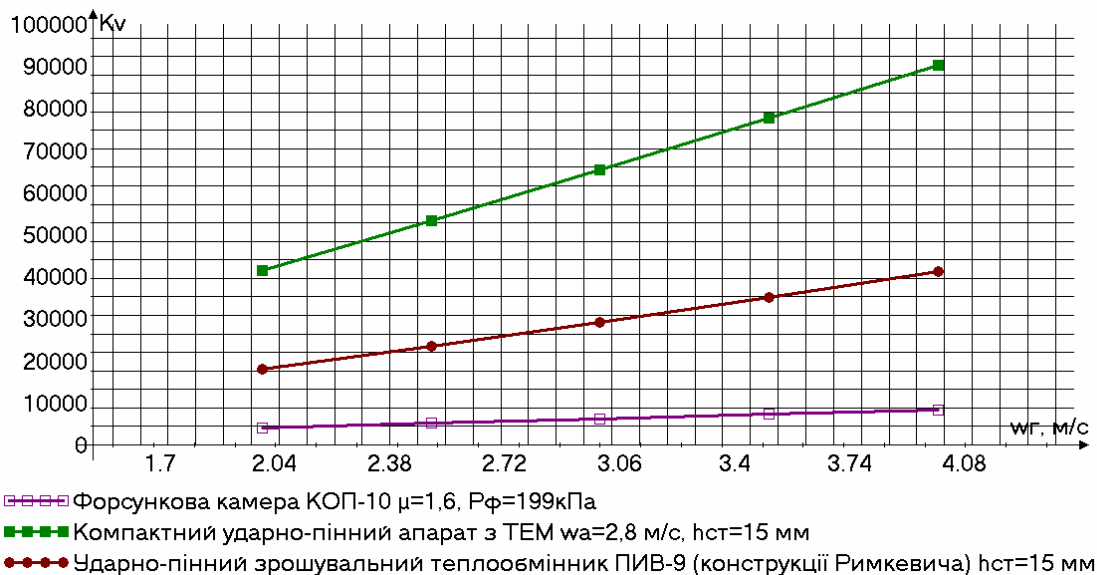


Рис.4.

Залежність об'ємного коефіцієнту повного теплообміну від швидкості в перерізі апарату

Підвищення ефективності процесу теплопередачі в запропонованому апараті [9], порівняно з камерою зрошення [12] та ударно-пінним апаратом А.А. Римкевича [11] досягається за рахунок поєднання крапле вловлювача та теплообмінника в одній конструкції. Інтенсифікація тепломасообмінних процесів, в пінному шарі апарату, досягнуто шляхом турбулізації газорідного середовища, за рахунок встановлення ребер теплообмінника паралельно повітряному потоку.

Таким чином, енергетична ефективність та конкурентоспроможності апарату досягнута за рахунок плавного та точного регулювання холодопродуктивності, легкості переходу з режиму охолодження в режим нагріву, зменшення габаритів та ваги апарату, підвищення екологічної безпеки, інтенсифікації процесів теплопередачі та тепломасообміну в пінному шарі, а також його універсальності, тобто, можливості реалізації в апараті широкого спектру процесів обробки повітря в діапазоні від охолодження осушення до нагріву-зволоження, включаючи адіабатне зволоження повітря.

Література

1. Технические нормативы /Рекомендации по проектированию музеев/ М: Стройиздат, 1988.
2. Ладыженский Р.М. Кондиционирование воздуха/ Ладыженский Р.М. .- М. : Пищепромиздат, 1957. - 442 с.
3. Стефанов Е.В. Исследование модернизированной схемы форсуночной камеры. Кондиционирование воздуха в промышленных общественных и жилых зданиях/ Стефанов Е.В., Коркин В.Д. - М. : Стройиздат, 1965.

4. Шаров Ю.И. Исследование теплоотдачи от поверхности в слое газожидкостной пены. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук/ Шаров Ю.И. - Л. : ЛТИ им. Ленсовета, 1968 г. - 22 с.
5. А. С. № 370965 СССР, Абсорбционное устройство для осушения газа./ Рымкевич А.А., Барский М.А., Купленов Н.И., Сыщиков В.И. опубл. 22.11.1973 г.
6. А. С. № 197917 СССР, Устройство для обработки воздуха/ Рымкевич А.А., Бросалин В.А. 1967 г.
7. А. С. №254745 СССР, Испарительный конденсатор/ Барский-Зорин, А.А. Рымкевич М.А., 4.06.1969 г.
8. А.С. № 482597 СССР, Устройство для тепловлажностной обработки воздуха. 30.08.1969 г.
9. Пат. №101290 України МПК F24F 3/Пристрій для тепловологісної обробки повітря/ Довгалюк В.Б., Шадура І.В.заяв. 12.06.12, опубл. 11.03.13, Бюл. № 5/2013.10.Лондон А. Контактные теплообменники/ Лондон А. Кейс В. - М: Энергия, 1967 г.
10. Рымкевич А.А., Барский М.А. Интенсивный теплообменный аппарат для холодильных установок и кондиционирования воздуха/ Холодильная техника, № 7, pp. 35-38, 1972.
11. Бялый Б.И. Тепломассообменное оборудование воздухообрабатывающих установок ООО "ВЕЗА"/ Бялый Б.И.- М.: ООО "Инфорт", 2005.- 278.

Аннотация

Приведены исследования энергоэффективности компактного ударно-пенного аппарата для обеспечения условий хранения и перемещения музейных экспонатов, выявлены основные факторы влияния на процессы тепломассообмена в пенном слое, проведено технико-экономическое сравнение аппаратов для тепловлажностной обработки воздуха.

Annotation

Shows energy research of a compact shock-foam system for the storage and movement of museum exhibits, identified the major factors influencing the processes of heat mass transfer in the foam layer made of technical and economic comparison of devices for thermal and humidity air handler.