

УДК 697.932

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ ЗА
ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЗВОЛОЖУВАЧА

Бєлагаєв І. М., Кулік Т. І., Гладчук О. З.

Київський національний університет технологій і дизайну

Мета. Вдосконалення технологічного процесу зволоження повітря за допомогою побутових зволожувачів.

Методика. Теоретичною базою дослідження є основні положення фізики та теорії тепломасопереносу. Експериментальні дослідження виконувались з використанням спеціально розробленого лабораторного стенду та стандартних вимірювальних приладів.

Результати. Запропоновано технічне рішення по вдосконаленню роботи ультразвукового зволожувача.

Наукова новизна. На основі отриманих даних була розроблена система раціональної експлуатації зволожувача у приміщенні.

Практична значимість. Заміна вентилятора з постійною швидкістю обертання на вентилятор з частотою обертання, що регулюється, зменшила загальний час зволоження повітря в приміщенні.

Ключові слова: ультразвуковий зволожувач, вентилятор, зволоження, вологість

Зволожувач повітря – прилад призначений для отримання комфортної вологості в житлових приміщеннях. Зволожувач забезпечує отримання відносної вологості опалювального приміщення на рівні, достатньому для здоров'я людини, домашніх тварин і рослин. Одночасно зволожувач очищає повітря від пилу і диму, небажаних домішок, збагачує повітря бажаними компонентами. Під час роботи зволожувача повітря в житлових приміщеннях внаслідок електризації розпорошених частинок води наближається до повітря біля моря, в горах, поблизу водоспадів. Оптимальним рівнем вологості в приміщенні вважається вологість 45-60 % для дорослого 50-70 % та для дитини.

Сучасні побутові зволожувачі повітря за принципом роботи поділяються на чотири типи: фонтанчикові, роторні (відцентрові), парові та ультразвукові (УЗ) [1].

Робота фонтанчикового зволожувача полягає в продуванні повітря через тканинний фільтр, занурений у воду, або в охолодженні багатоструменевого фонтанчика. Продуктивність такого приладу невисока, він здатний забезпечити вологість повітря не вище 60 %.

Основними елементами роторного зволожувача є корпус та розміщений у ньому ротор, зібраний з паралельно встановлених гладких дисків, закріплених на

горизонтальному валу. Принцип роботи приладу полягає в наступному: занурений у воду ротор приводиться в обертання електродвигуном через редуктор, повітря з приміщення надходить через вхідний патрубков у корпус, проходить в щілинних каналах між дисками, що обертаються, і виходить через вихідний патрубков. Регулювання вологості здійснюється зміною частоти обертання ротора за допомогою частотного перетворювача. Ефективність зволожувача і його ресурс суттєво залежать від якості води, а прилад потребує регулярного очищення.

У парових зволожувачах вода кип'ятиться, перетворюється на пару та насичує повітря вологою. Випаровуючим елементом слугують два електроди, занурені у воду. До електродів підводиться напруга, через воду протікає струм, вода нагрівається, починає кипіти і випаровуватися. При повному випаровуванні води, ланцюг розмикається, і прилад автоматично відключається. При цьому усі домішки, що були розчинені у воді, осідають у вигляді накипу на нагрівальному елементі та можуть привести до поломки зволожувача, тому ці прилади обов'язково необхідно періодично очищати від накипу. Продуктивність парового зволожувача дуже висока, але високою є і споживана потужність: при продуктивності 7-16 літрів на добу він споживає близько 300-600 Вт. Через шум в процесі кипіння води їх використання в житлових приміщеннях може доставляти дискомфорт. Крім того, вони можуть являти небезпеку внаслідок високої температури пари.

Найбільш сучасними та ефективними є ультразвукові зволожувачі, які працюють на п'єзоелектричному випромінювачі. Вода потрапляє на невелику мембрану, яка вібрує з високою частотою, за рахунок чого утворюється хмара водного пилу, яка розповсюджується у приміщенні природним шляхом. Прилад працює майже безшумно, а температура пари не перевищує 20 °С. Продуктивність УЗ зволожувачів – 7-12 літрів на добу при споживаній потужності 40-50 Вт.

Враховуючи переваги УЗ зволожувачів, саме вони були обрані у якості предмета дослідження. Проте і вони не позбавлені недоліків, тому виявлення та усунення цих недоліків є актуальним завданням, вирішення якого дозволить підвищити ефективність процесу зволоження.

Постановка завдання

Метою роботи є вдосконалення технологічного процесу зволоження повітря у приміщенні за допомогою побутового ультразвукового зволожувача.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішувалися такі задачі:

- огляд існуючих конструкцій побутових зволожувачів повітря, вивчення їх принципів дії та режимів роботи;
- огляд існуючих конструкцій побутових зволожувачів повітря, вивчення їх принципів дії та режимів роботи;
- дослідження конструкції УЗ зволожувача та принципу його дії;
- дослідження методів вимірювання вологості та приладів, які при цьому використовуються (гігрометри, психометри та ін.);
- проведення експериментальних досліджень технологічного процесу зволоження повітря за допомогою УЗ зволожувача з регульованою подачею повітря;
- розроблення рекомендацій по вдосконаленню конструкції УЗ зволожувачів повітря.

Результати досліджень

В УЗ зволожувачах повітря (рис. 1) використовується властивість п'єзоелектричного матеріалу перетворювати електричні коливання в механічні. На занурений в воду п'єзоелемент подається високочастотна напруга, що перетворюється ним на механічну вібрацію [2].

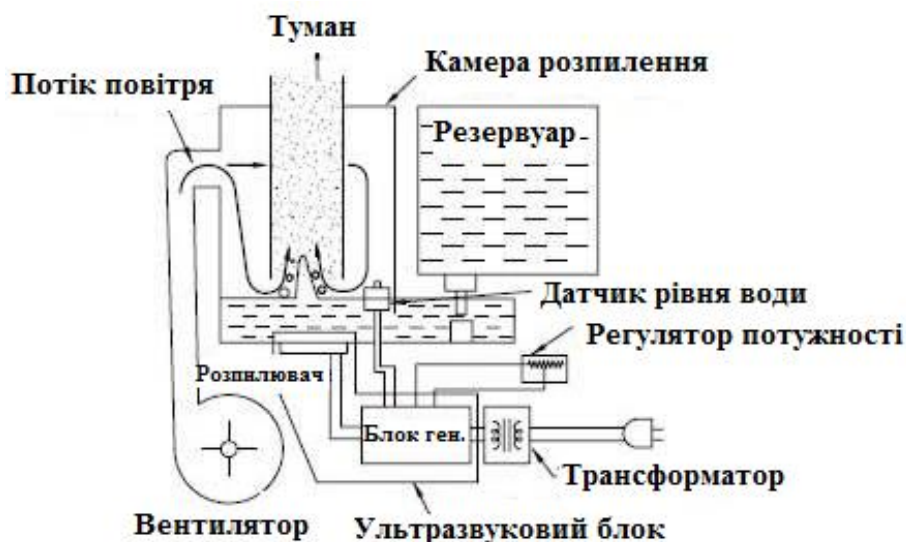


Рис. 1. Функціональна схема ультразвукового зволожувача повітря

Елемент починає вібрувати з ультразвуковою частотою. При досягненні певної потужності, швидкість коливання зростає до такого ступеня, що починає розбивати поверхню води на найдрібніші частинки. В водяному шарі утворюються хвилі підвищеного і зниженого тисків, що чергуються між собою. В областях зниженого тиску

відбувається скипання рідини при звичайній кімнатній температурі (кавітація) з викидом в повітря дрібнодисперсних частинок. Потік повітря, що створюється вентилятором, подає аерозоль в приміщення, де він переходить в пароподібний стан. Гігрометр, встановлений в приладі, показує відносну вологість повітря для зручності користувача. Після досягнення пристроєм потрібних значень вологості, він зупиняється і знаходиться в режимі очікування. Після зниження вмісту вологи в повітрі приміщення, прилад автоматично вмикається і цикл повторюється.

Основними конструктивними елементами УЗ зволожувача повітря (рис. 2) є корпус 1, в якому розміщений ультразвуковий вібратор 5, вентилятор 9, друкована плата з розміщеними на ній елементами, силовий трансформатор 10.

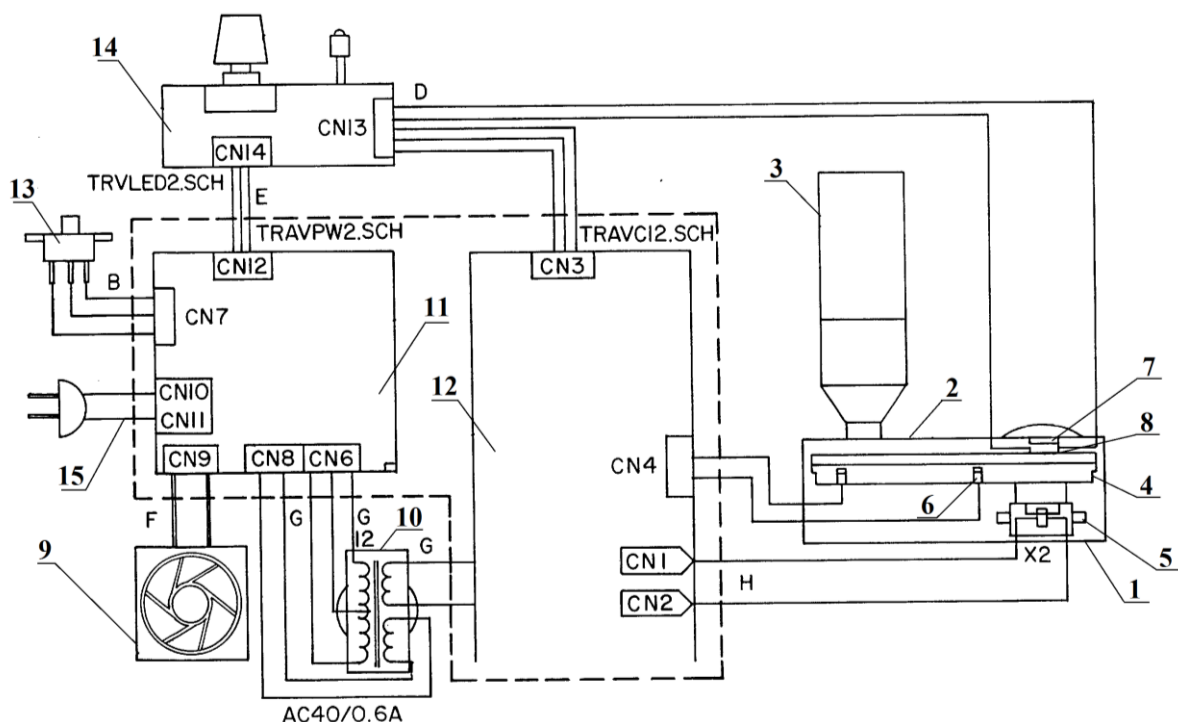


Рис. 2. Монтажна електрична схема ультразвукового зволожувача повітря:
1 – корпус; 2 – кришка корпусу; 3 – водяний бачок; 4 – водяна камера;
5 – ультразвуковий вібратор; 6 – датчики наявності води; 7 – магніт; 8 – геркон;
9 – вентилятор; 10 – силовий трансформатор; 11 – схема блоку живлення;
12 – схема керування ультразвукового вібратора; 13 – перемикач напруги живлення; 14 – регулятор вологості; 15 – шнур живлення з вилкою

Зверху корпус 1 закритий кришкою 2, в якій розміщений штуцер для з'єднання з клапанним пристроєм водяного бачка 3.

Корпус 1 також містить водяну камеру 4, в якій розміщено два датчики наявності води 6. В корпусі 1 також розміщена головна плата з електронними компонентами.

Схема керування блоком живлення містить перемикач 13 напруги живлення, завдяки чому споживач вибирає величину напруги, яка прийнята в його країні – 110 або 220 В змінного струму. До мережі змінного струму зволожувач приєднується за допомогою шнура 15 з вилкою.

Силовий трансформатор 10 призначений для перетворення напруги мережі живлення в два рівні низької напруги – 12 В та 40 В. Напруга 12 В призначена для живлення вентилятора 9. Оскільки двигун вентилятора 9 – безколекторний двигун постійного струму, то напруга 12 В з виходу трансформатора 10 випрямляється за допомогою випрямляча та згладжується схемою фільтрації. Інший рівень напруги 40 В – призначений для живлення схеми керування та ультразвукового вібратора 5.

Схема регулятора вологості містить потенціометр регулятора вологості, який виконує також функцію вимикача мережі. Поворотом ручки потенціометра користувач регулює амплітуду вібрації ультразвукового вібратора, завдяки чому змінюється кількість водяного туману. При вмиканні вимикача мережі на панелі керування зволожувача загорається світловий індикатор подачі напруги.

Схема блокуючого вимикача електрично з'єднана з потенціометром регулятора вологості та герконом 8, і забезпечує роботу зволожувача тільки при встановленій кришці 2 на корпусі 1. Геркон 8 замикається завдяки магнітному потоку, створюваним магнітом 7, що встановлений на кришці 2. Вентилятор 9 призначений для створення повітряного потоку, яким поширюється дрібнодисперсний водяний туман, створений ультразвуковим генератором коливань.

Дослідна установка розроблена на базі ультразвукового зволожувача ROWENTA VITALITY HU5010 з регульованою подачею повітря, який було модернізовано заміною базового вентилятора на вентилятор з регульованою швидкістю обертання [3]. Було встановлено відцентровий вентилятор з безколекторним двигуном постійного струму DC MB BLOWER MBDC24Z4S – 924 та регулятор швидкості на базі ШИМ, що дає змогу регулювати в широких межах швидкість повітряного потоку.

Розроблена установка (рис. 3, рис. 4) має блок живлення трансформатор, п'єзоелектричний елемент та електронний блок управління. Вимірювання вологості повітря виконується за допомогою метеорологічного гігрографа М-21АС.



Рис. 3. Зовнішній вигляд лабораторного стенду для дослідження роботи УЗ зволожувача: 1 – резервуар; 2 – сопло; 3 – регулятор частоти обертання; 4 – блок живлення; 5 – панель керування

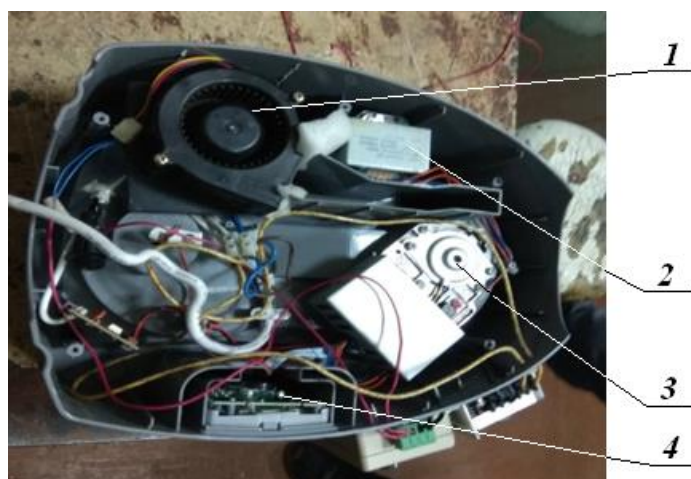


Рис. 4. Будова лабораторного стенду для дослідження роботи УЗ зволожувача: 1 – вентилятор з безколекторним двигуном; 2 – трансформатор; 3 – п'єзоелектричний елемент; 4 – електронний блок управління

Дослідження процесу зволоження повітря у приміщенні проводиться таким чином:

1. У резервуар зволожувача заливається вода, сопло приладу спрямовується на гігрограф.

2. Вмикається живлення установки, регулятор встановлюється у мінімальне положення. За допомогою анемометра вимірюється швидкість руху повітря на виході з сопла зволожувача. У мінімальному положенні регулятора швидкість потоку пароповітряної суміші склала $V_{пов} = 0,9$ м/с.

3. Вимірювання вологості відбувається безперервно протягом 3 годин.
4. Після цього регулятор переводиться у максимальне положення. Швидкість повітря на виході сопла складала при цьому $V_{нов} = 1,6$ м/с.
5. Протягом 3 годин відбувається запис зміни вологості при максимальній потужності приладу.

На рис. 5 представлена стрічка гігрографа з результатами експерименту.

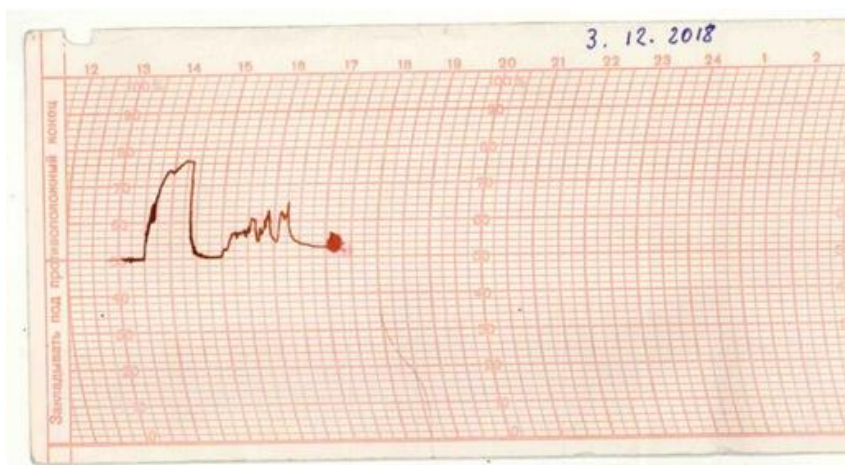


Рис. 5. Стрічка гігрографа з результатами експерименту

Отримані дані було зведено в таблицю та побудовано залежності швидкості зростання вологості повітря при мінімальній та максимальній продуктивності зволожувача (рис. 6).

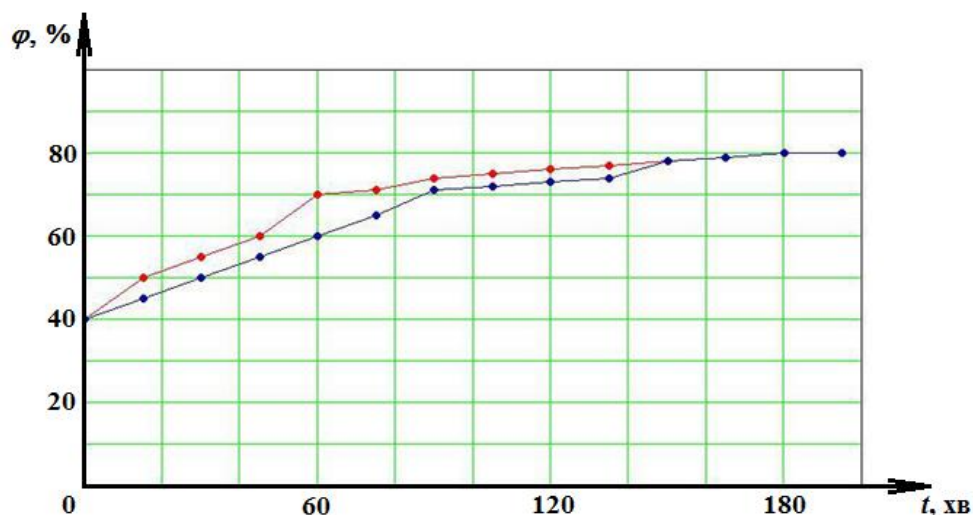


Рис. 6. Залежність швидкості зростання вологості повітря φ у часі t в залежності від швидкості повітряного потоку зволожувача:
●●● – $V_{нов} = 0,9$ м/с; ●●● – $V_{нов} = 1,6$ м/с

З рис. 6 можна бачити, що при використанні зволожувача у режимі максимальної продуктивності зростання рівня вологості відбувається на 5-10 % швидше, ніж при мінімальній продуктивності, а сам процес зволоження займає близько 2,5 годин. При цьому використання УЗ зволожувача дозволило забезпечити рівень вологості повітря 70 %.

Висновки

В результаті проведених досліджень був вдосконалений технологічний процес зволоження повітря за допомогою ультразвукового зволожувача. В процесі досліджень було встановлено недоліки ультразвукового зволожувача. Після заміни вентилятора, передбаченого базовою конструкцією зволожувача, на більш продуктивний швидкість зростання вологості повітря збільшилася у 2 рази. Крім того, оскільки вентилятор приводиться в дію безколекторним двигуном постійного струму, це дає можливість плавного регулювання частоти обертання крильчатки, а значить, і продуктивності вентилятора, в діапазоні від 0,9 до 1,5 м/с.

Список використаних джерел

1. Лир Э. В. Электробытовые машины и приборы / Э. В. Лир, И. В. Петко. – К. : Техника, 1990. – 190 с.
2. Петко І. В. Основи електропобутової техніки: навч. пос. / І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, Т. Я. Біла. – К. : КНУТД, 2013. – 239 с.
3. Загірняк М. В. Електричні машини: підручн. / М. В. Загірняк, Б. І. Невзлін. – К. : Знання, 2009. – 399 с.

References

1. Lir, E.V. & Petko, I.V. (1990). *Elektrobytovye mashiny i pribory* [Household electrical appliances]. Kiev : Tehnika [in Russian].
2. Petko, I.V., Burmistenkov, O.P. & Bila, T.Ya. (2013). *Osnovy elektropobutovoyi tekhniki* [Basics of electrical appliances]. Kyiv: KNUVD [in Ukrainian].
3. Zahirniak, M.V. & Nevzlin, B.I. (2009). *Elektrychni mashyny* [Electric machines]. Kyiv: Znannia [in Ukrainian].

Belagaev Illa
belagaevi@gmail.com
Kyiv National University of
Technologies and Design

Kulik Tetyana
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1006-7853>
t-81@ukr.net
Kyiv National University of
Technologies and Design
Gladchuk Olexandr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9921-0299>
anubisvip76@gmail.com
Kyiv National University of
Technologies and Design

Исследование технологического процесса увлажнения воздуха с помощью ультразвукового увлажнителя

Белагаев И. Н., Кулик Т. И., Гладчук А. З.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Совершенствование технологического процесса увлажнения воздуха с помощью бытовых увлажнителей.

Методика. Теоретической базой исследования являются основные положения физики и теории теплопереноса. Экспериментальные исследования выполнялись с использованием специально разработанного лабораторного стенда и стандартных измерительных приборов.

Результаты. Предложено техническое решение по совершенствованию работы ультразвукового увлажнителя.

Научная новизна. На основе полученных данных была разработана система рациональной эксплуатации увлажнителя в помещении.

Практическая значимость. Замена вентилятора с постоянной скоростью вращения на вентилятор с регулируемой скоростью вращения уменьшила общее время увлажнения в помещении.

Ключевые слова: ультразвуковой увлажнитель, вентилятор, увлажнение, влажность

Investigation of the technological process of air humidification using an ultrasonic humidifier

Belagaev I. N., Kulik T. I., Gladchuk O. Z.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. Improving the process of air humidification with household humidifiers.

Methodology. The theoretical basis of the research is the basic provisions of physics and the theory of heat and mass transfer. Experimental studies were carried out using a specially designed laboratory bench and standard measuring instruments.

Findings. The proposed technical solution to improve the operation of the ultrasonic humidifier.

Originality. On the basis of the data obtained, a system of rational operation of the humidifier in the room was developed.

Practical value. Replacing the fan with a constant rotational speed with a fan with an adjustable rotational speed reduced the total humidification time in the room.

Keywords: ultrasonic humidifier, fan, humidification, humidity