

УДК 697.94

## Експериментальні дослідження осушення повітря з використанням синтетичних напівпроникних мембран в системах кондиціонування повітря

О. В. Задоянний<sup>1</sup>, Ю. М. Євдокименко<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, Alvasil21@Gmail.com

<sup>2</sup>аспірант. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, bonnesante91@gmail.com

*Анотація.* Зберігання сільськогосподарської продукції в регламентованих умовах потребує цілорічного та цілодобового підтримання параметрів повітряного середовища – температури та відносної вологості – у певних діапазонах, які встановлюються технологічним регламентом для кожного виду такої продукції. Для підтримання відносної вологості системи кондиціонування повітря обладнують секціями осушення. У процесі осушення в системах кондиціонування повітря витрачається найбільша кількість енергії порівняно з іншими стадіями обробки повітря. Сучасні дослідження в області технологічного кондиціонування повітря направлені на підвищення ефективності перебігу процесів обробки повітря з одночасним зменшенням енерговитрат. В останніх дослідженнях застосовують в основному адсорбційні процеси осушення, які не зменшують радикально енерговитрати. Напівпроникні мембрани не набули широкого застосування в системах технологічного кондиціонування повітря, але мають реальну перспективу забезпечити енергоощадне осушення в системах кондиціонування повітря порівняно з традиційними конденсаційним та адсорбційним способами. Вони дозволяють крім зниження витрати енергії на осушення повітря уникнути негативного явища обмерзання теплообмінника. У даній роботі наведено результати експериментальних досліджень щодо оцінки можливості застосування напівпроникних мембран для осушення повітря складу для зберігання сільськогосподарської продукції. Наведено результати експериментальних досліджень зменшення вологовмісту в секції мембранного осушення, наведена експериментальна залежність продуктивності осушення від питомого повітряного навантаження на мембрану. Отримані результати дають можливість практичного застосування мембранного осушення при послідовній багатоступеневій обробці повітря в системах кондиціонування з чергуванням стадій охолодження та мембранним осушення повітря.

*Ключові слова:* кондиціонування повітря; напівпроникна мембрана; осушення повітря; проникність парів вологи; питома продуктивність осушення.

**Постановка проблеми.** Зберігання насіння гарбузу, капусти, редису, редьки, брукви, буряка та іншої сільськогосподарської продукції в регламентованих умовах потребує підтримання параметрів повітряного середовища - температури повітря в межах 10...12 °С та відносної вологості не вище 60 % [1]. Для виконання зазначених вимог системи кондиціонування повітря обладнують секціями охолодження та осушення повітря.

Традиційно в СКП застосовують переважно способи конденсаційного та адсорбційного осушення повітря [2]. Для загальноживаного конденсаційного способу осушення характерні значні витрати енергії для переохолодження повітря нижче точки роси й наступного нагрівання до параметрів припливу. Крім того, при переохолодженні нижче 5 °С відбувається обмерзання поверхні теплообмінного апарату [3], і система функціонує в циклічному режимі з періодичним відтаванням теплообмінника. Сорбційний спосіб осушення вимагає значних витрат енергії на регенерацію сорбенту. Тому розробка більш енергоефективних способів осушення для систем кондиціонування повітря є важливою задачею

для зменшення споживання енергії на забезпечення мікроклімату.

**Актуальність дослідження.** Дані дослідження проводяться відповідно до законодавчих актів: Постанови Верховної Ради України №75/94-ВР від 1.07.94 р. що затвердила “Закон України про енергозбереження”, Постанови Кабінету Міністрів України №148 від 5.02.97 р. “Про комплексну державну програму енергозбереження України”.

**Останні дослідження та публікації.** На *i-d*-діаграмі (рис. 1) наведено зону [1] потрібних параметрів повітря (лінія 1-2-3-4) для зберігання сільськогосподарської продукції та процес конденсаційного осушення повітря (відрізок *B-O-O'-in*). Необхідна температура повітря після секції осушення становить 2 °С. У такому режимі система працює нестабільно з періодичним відтаванням теплообмінника, що не сприяє стабільності підтримки заданих параметрів мікроклімату.

Даного недоліку позбавлені системи осушення повітря на основі сорбентних технологій (процес ext-A на рис.1)

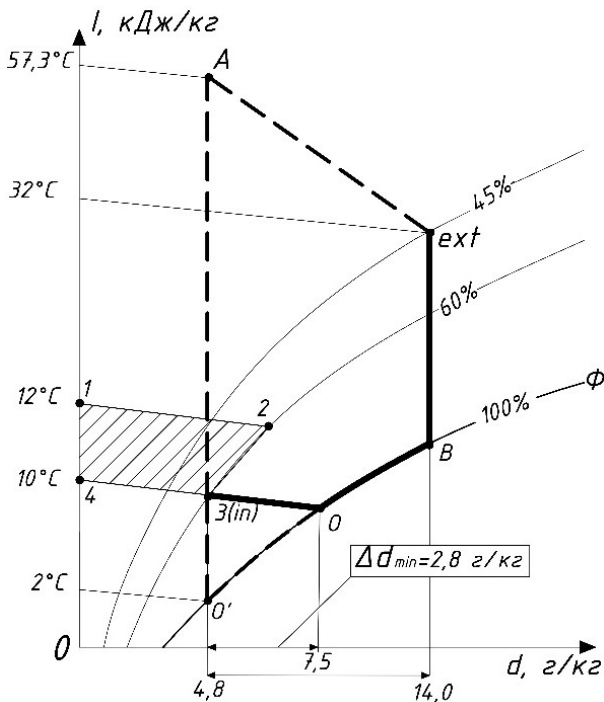


Рис. 1. *I-d* – діаграма вологого повітря із процесами обробки для зберіганні сільськогосподарської продукції

У них здійснюється осушення без конденсації, проте вони потребують більших енерговитрат при сухому охолодженні (процес А-3) та при регенерації адсорбенту. До вказаних недоліків слід долучити необхідність додаткових площ приміщень для основного обладнання, що разом стримує широке застосування даного методу осушення повітря.

У роботі [4] наведено спосіб багатостадійного осушення повітря в СКП із застосуванням адсорбції. Він має певні переваги порівняно із вказаними щодо енерговитрат. Проте цей спосіб несуттєво зменшує потребу в енергії, оскільки залишає стадії перегріву й переохолодження і також потребують відповідних додаткових площ (рис.2).

У технологічних процесах осушення стисненого повітря застосовують системи мембранного розділення повітря та водяних парів [2], які на відміну від вищенаведених не потребують суттєвих перепадів температури, але з іншого боку потребують достатньо великих перепадів тисків. Крім того, як зазначають автори вказаної роботи, дані процеси потребують значного удосконалення матеріалу мембран задля збільшення пропускної спроможності.

Заслугує уваги застосування напівпроникних мембран у будівельній галузі для запобігання конденсації водяних парів у даховому просторі під покрівлею [5].

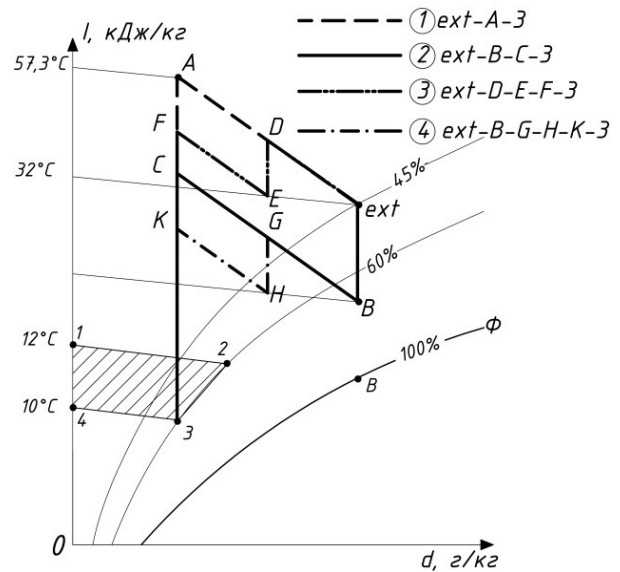


Рис.2. *I-d*-діаграма процесів багатостадійного адсорбційного осушення повітря в СКП:

1 – одностадійне адсорбційне осушення повітря без попереднього охолодження; 2 – одностадійне адсорбційне осушення повітря з попереднім охолодженням; 3 – двостадійне адсорбційне осушення повітря без попереднього охолодження; 4 – двостадійне адсорбційне осушення повітря з попереднім охолодженням.

Розроблені спеціально для вказаної мети напівпроникні мембрани достатньо ефективно – з продуктивністю понад 1300 кг/(доб. м<sup>2</sup> Па) – пропускають крізь себе водяні пари із подальшим видаленням назовні [6]. До процесу не залучають додаткової енергії. Він здійснюється завдяки сукупності капілярних ефектів та перепаду парціальних тисків водяної пари. З наведеного випливає достатньо приваблива можливість застосування напівпроникних мембран для осушення повітря в СКП.

У роботі [7] представлена порівняльна ексергетична оцінка різних способів осушення повітря із використанням поточкових ексергетичних діаграм, на яких спостерігаються характерні для конденсаційного способу осушення значні пікові стрибки питомої ексергії повітря в процесах переохолодження (осушення) й догрівання повітря. У роботі [4] ексергетичний аналіз адсорбційного способу осушення також показує значні втрати ексергії на регенерацію адсорбенту і охолодження його після регенерації.

Осушення повітря за допомогою напівпроникних (селективних) мембран, а також особливості протікання такого процесу детально розглянуті в роботах [8, 9]. В роботах [10, 11] представлені методи регулювання вологості повітря із застосуванням мембранних технологій та перспективи застосування мембран для осушення повітря. В даних роботах підкреслюється при-

важливість наведеного способу осушення завдяки протіканню цього процесу ізотермічно, що не потребує теплової енергії, або холоду.

**Формулювання цілей статті.** Ціллю статті є експериментальне підтвердження можливості осушення повітря в СКП із застосуванням селективних мембран. Об'єктом застосування даного способу вибрано СКП складів зберігання сільськогосподарської продукції згідно з технічними умовами на проект кондиціонування повітря складу зберігання гарбузового насіння.

**Основна частина.** Схемне рішення СКП для вказаного об'єкту прийнято комбінованим, із запобіганням зони можливого обмерзання теплообмінного апарату (процес "ext-B-O-3" на рис. 1). Процес складається з сухого охолодження "ext-B", конденсаційного охолодження і першої ступені осушення "B-O" та остаточної ізотермічної ступені осушення "O-3" в мембранній тканині. Мінімально необхідне ізотермічне осушення становить  $\Delta d = 2,8$  г/кг.

Процес перенесення речовини крізь мембрану описується теорією нерівноважної термодинаміки [12], де його відносять до феноменологічних понять і описують терміном «проникнення». Цей термін охоплює багато механізмів перенесення речовини, викликаних різними за природою рушійними силами і за присутності градієнтів різних потенціалів: концентрації парів вологи, парціальних тисків вологи, надлишкових тисків з обох боків мембрани тощо.

Для визначення феноменологічної проникності записується загальне рівняння для коефіцієнта проникності мембрани, кг/с:

$$G = Q_p \cdot F \cdot (P_1 - P_2) / l, \quad (1)$$

де  $G$  – масова витрата потоку рідини, кг/с;  $F$  – площа поверхні мембрани, м<sup>2</sup>;  $Q_p$  – проникність мембрани, кг/(с·м·Па);  $P_1, P_2$  – різниця тисків, створених з обох боків мембрани, Па;  $l$  – товщина мембрани, м.

Механізм перенесення речовини крізь мембрану описують законом Дарсі [9]. Рушійною силою процесу згідно з рівнянням для фільтрації рідини є градієнт тиску, створений з обох боків мембрани. Загальна проникність речовини в даних рівняннях визначається різницею тиску речовини з обох боків мембрани, м<sup>2</sup>:

$$k = \frac{2 P_0 \cdot Q \cdot \mu \cdot L}{(P_1 - P_2) \cdot F}, \quad (2)$$

де  $Q$  – об'ємна витрата рідини, м<sup>3</sup>/с;  $F$  – площа

поверхні фільтрації, м<sup>2</sup>;  $P_1$  і  $P_2$  – тиск, створений з обох боків мембрани, Па;  $\mu$  – динамічна в'язкість рідини, Па·с;  $L$  – товщина мембрани, м;  $P_0$  – атмосферний тиск, Па

Рівняння (1) є зручним для розуміння процесу відокремлення вологи, якщо не вдаватися до реального механізму перенесення речовини, який містить ефекти проникнення речовини в прилеглих шарах і в товщі самої мембрани [12]. Загальна проникність речовини не є постійною характеристикою мембрани і залежить від умов процесу. Розрахунки за залежністю (1) дозволили отримати орієнтовні значення необхідної площі фільтрації для проектування експериментального обладнання стосовно проникнення теоретично необхідної кількості вологи  $G$  кг/год (рис. 1), градієнту надлишкового тиску з обох боків мембрани та фактичної проникності, яка залежить від типу обраної мембрани [6].

Для дослідження процесу осушення повітря в лабораторній установці з мембранною тканиною була складена наступна математична модель. Розглянуто сталий рух потоку вологого повітря крізь елементарну площину поперечного перерізу вздовж  $dx$ , м (рис. 3), мембранного модуля осушення повітря. Зменшення вологи  $-dG$ , кг/с, прямо пропорційне перепаду тиску на мембрані ( $P_1 - P_2$ ), Па, та проникності, віднесеної до площі мембрани,  $Q_{pF}$ , кг/(с·м<sup>2</sup>·Па), при сталому діаметрі рукава  $d$ , м, [12, 13]. Маємо, кг/(с·м):

$$-dG = \pi \cdot d \cdot Q_{pF} \cdot (P_1 - P_2) dx. \quad (3)$$

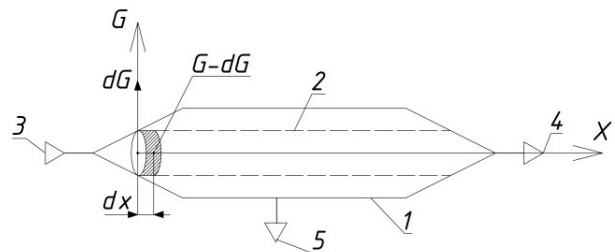


Рис. 3. Схема мембранного модуля  
1-камера розрідження; 2-рукав з мембранної тканини; 3-вхід вологого повітря; 4- вихід осушеного повітря;

Інтегрування рівняння (3) дає залежність для визначення зменшення потоку вологи при русі повітря вздовж мембранного модуля, кг/с:

$$-G = \pi \cdot d \cdot Q_{pF} \cdot (P_1 - P_2) x + C. \quad (4)$$

Для експериментального дослідження загальної проникності обраної мембрани  $Q_{pF}$ , кг/(с·м<sup>2</sup>·Па) розроблена дослідна установка (рис. 4).

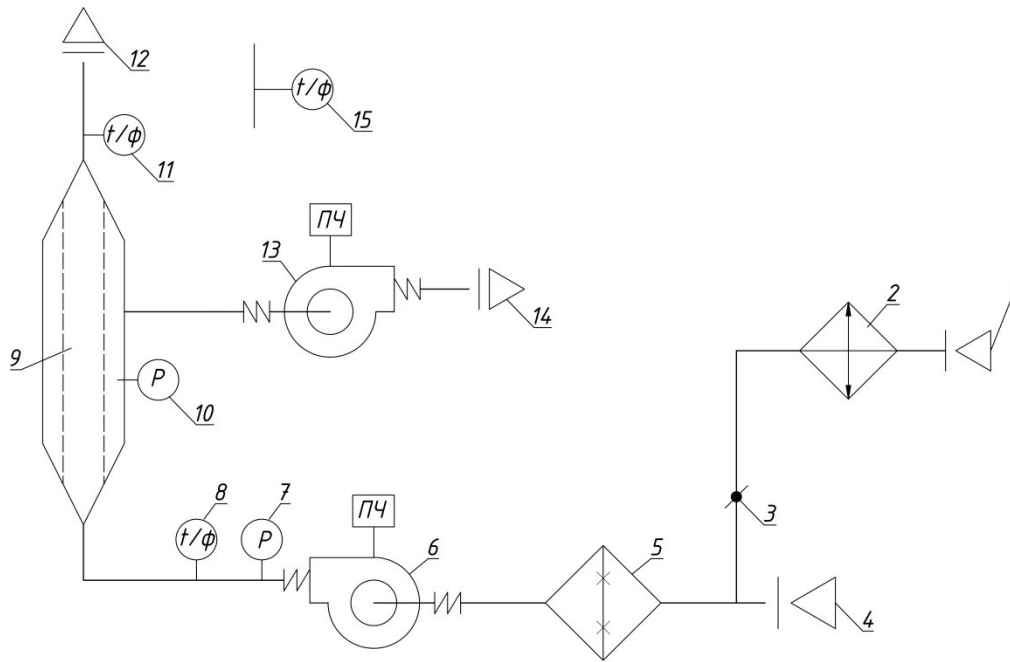


Рис. 4 Схема експериментальної установки:

1 і 4-входи повітряного потоку; 2 - охолоджувач; 3 – регулювальний дросель-кран; 5 – паровий зволожувач повітря; 6,13 – радіальний вентилятор з частотним перетворювачем; 6 – датчик температури та вологості повітря в приміщенні; 7 – цифровий диференціальний манометр ДМЦ-01М з трубкою Піто; 8,11 – каналний датчик температури та відносної вологості повітря; 9 – мембранний модуль осушення повітря; 10 – датчик тиску; 12 – вихід осушеного потоку повітря; 14 – вихід повітряного потоку та пермеату; 15-датчик температури та відносної вологості повітря в приміщенні

Для регулювання температури й вологості повітря до схеми було долучено охолоджувач та зволожувач повітря. Мембрана закріплена таким чином, що розділяє об'єм камери на дві ізолювані одна від одної частини. Зволожене повітря подавалося на мембранну секцію осушення, а в просторі між мембраною та стінками камери постійно підтримувалося розрідження, значення якого контролювалося цифровим мікроманометром. Приладом для вимірювання температури та вологості повітря фіксувалися значення відповідних параметрів на вході та на виході з секції осушення повітря

Площа поверхні мембрани в експериментальній установці розрахована за формулою (2). Перепад тиску на мембрані для умов проведення експериментального дослідження проникності мембрани становив 250 Па. Значення проникності мембрани для розрахунку її площі приймалося  $1,5 \cdot 10^{-5}$  кг/(с·м·Па) [6].

Значення витрати потоку повітря варіювалось у діапазоні від 0 до 400 м<sup>3</sup>/год, що відповідало питомому повітряному навантаженню для кожної серії експериментів 9,8; 19,6; 39,2; 78,4; 156,9 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год) відповідно. У ході експерименту за допомогою секцій обробки повітря штучно створювалися та підтримувалися умови початкових параметрів повітря (температура та відносна вологість) перед подачею повітря до

секції мембранного осушення, а також контролювалися значення параметрів повітря після секції мембранного осушення. За значеннями початкових та кінцевих параметрів повітря з *i-d*-діаграми розраховувалася зміна вологовмісту в процесі оброблення повітря.

На рис. 5 подана апроксимована залежність зміни вологовмісту повітря від питомого значення повітряного потоку на поверхню мембрани при сталому перепаді тиску на мембрані  $\Delta P = 250$  Па. Для умов експерименту оптимальне значення становило 89 м<sup>3</sup>/(год·м<sup>2</sup>). При цьому зменшення вологовмісту  $\Delta d$  спостерігалось у межах 1,1...1,2 г/кг.

На рис. 6 представлено залежність значення проникності від кількості вологи, що проходить крізь мембрану.

Отриманні експериментальні данні дозволяють розрахувати фактичне значення коефіцієнта проникності мембрани та розрахувати фактичне значення зменшення вологи в потоці повітря. За результатами розрахунків побудована графічна залежність зменшення кількості вологи в потоці повітря, що обробляється, в мембранному модулі (рис. 7). Також на рис. 7 наведено теоретичне зменшення вологи в повітрі при проходженні його вздовж модуля за залежністю (4).

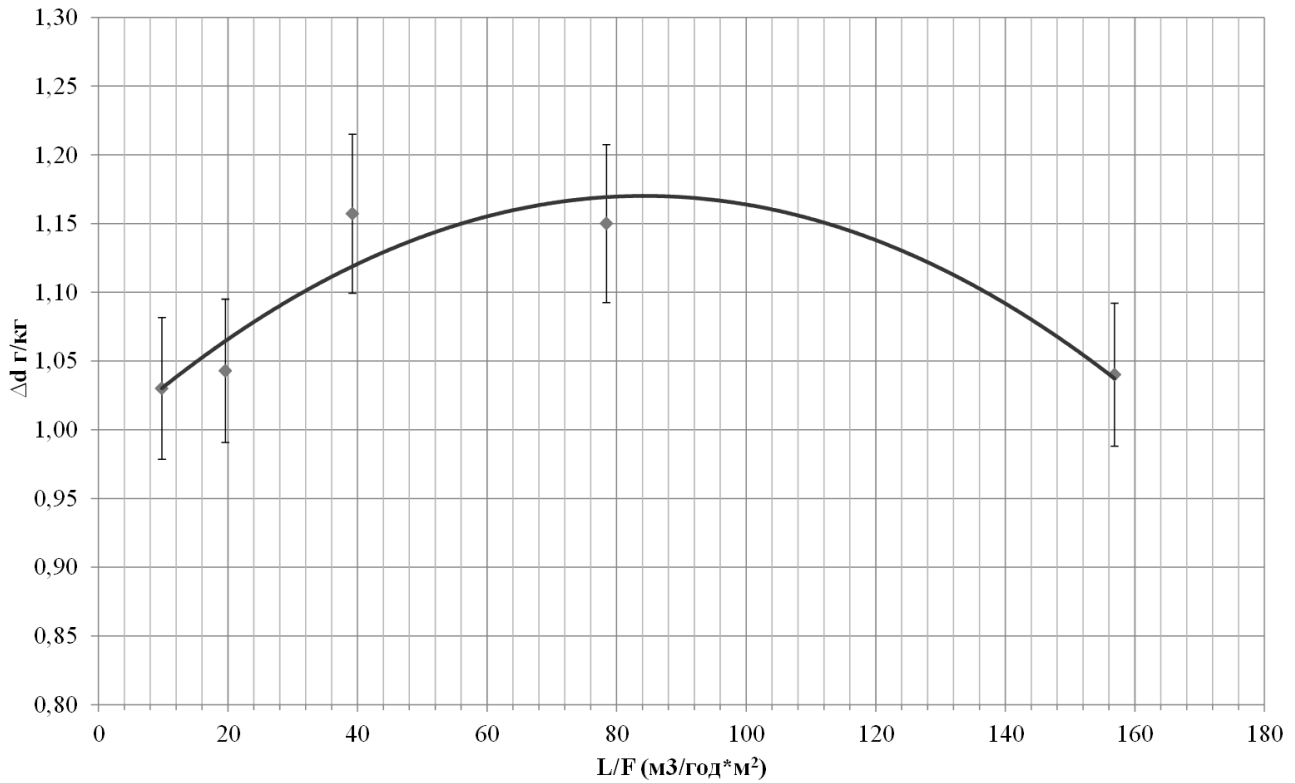


Рис. 5. Експериментальна залежність величини осушення від питомого повітряного навантаження

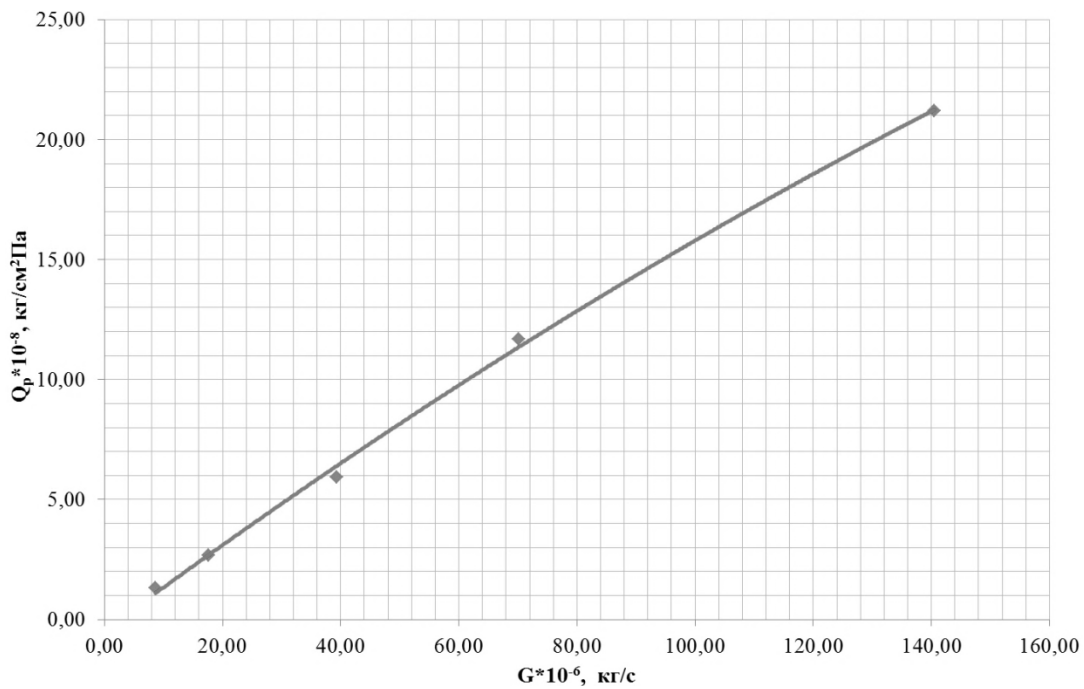


Рис. 6. Експериментальна залежність проникності від кількості вологи що проходить через мембрану

**Висновки.** Отримані результати матимуть практичне застосування при послідовній багатоступеневій обробці повітря охолодженням та мембранним осушенням. Експериментальні данні дозволяють зробити висновок, що напівпроникна мембрана може застосовуватися для осушення в системах кондиціонування повітря для уникнення можливого обмерзання теплообмінника за низької температури охолодження.

Найбільше значення осушення  $\Delta d$  в експерименті становило 1,1...1,2 г/кг. Суттєву розбіжність експериментальних та теоретичних даних, наведених на рис. 7, можна пояснити врахуванням не всіх капілярних та інших ефектів на мембрані, що пов'язано з браком необхідних характеристик мембрани. Оптимальне повітряне навантаження на мембрану для умов експерименту складає 80 м³/(год·м²).

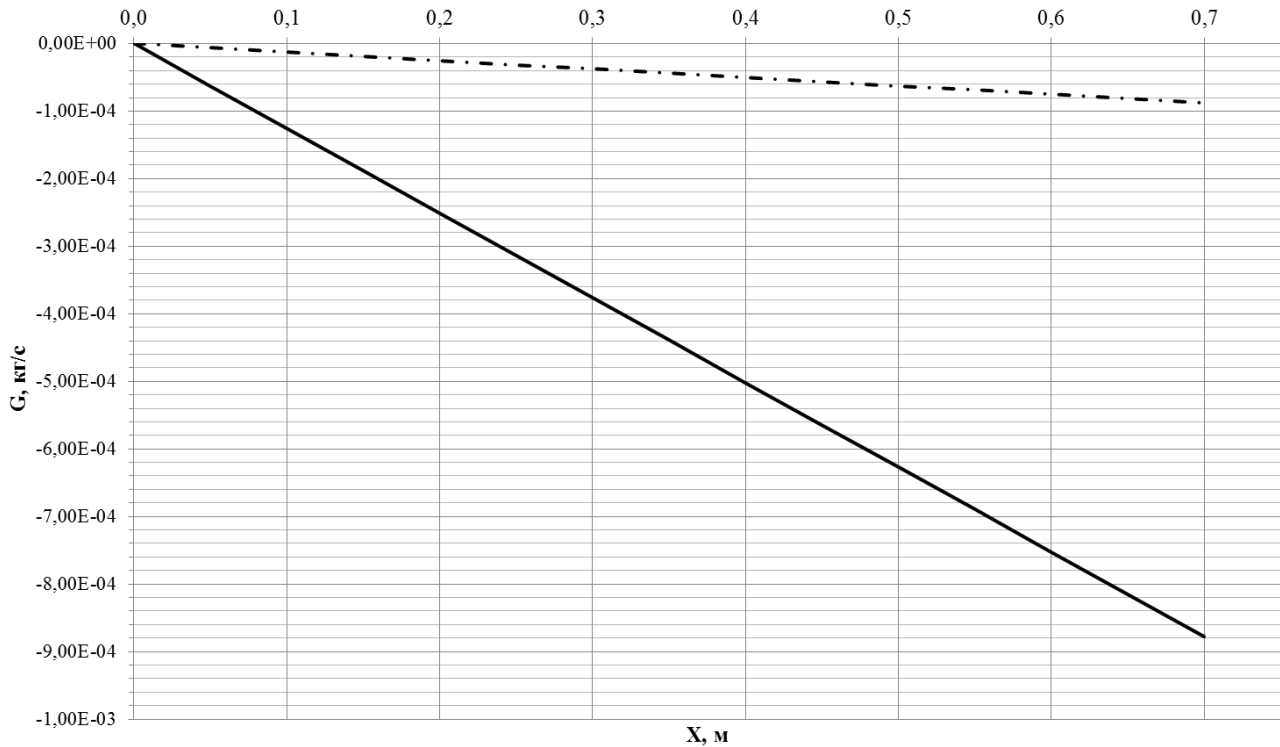


Рис. 7. Зменшення вологовмісту повітряного потоку по довжині мембранного модуля при обробці повітря в секції мембранного осушення (суцільна лінія – теоретична залежність ф.(4); пунктирна лінія – апроксимовані експериментальні дані)

**Перспективи подальших досліджень.** Подальші дослідження будуть направлені на розроблення конструкції для корисної моделі осу-

шувача повітря з використанням напівпроникних мембран та уточненню й поглибленню теоретичних положень.

### Література

1. Гордеева А. В. Плодоовощеводство. Производственное обучение / А. В. Гордеева, Н. И. Козлов, В. В. Скорина. – Минск: Урожай, 2002. – 432 с. – ISBN: 985-04-0506-6.
2. Хмельнюк М. Г. Современные технологии осушения воздуха / М. Г. Хмельнюк, Д. И. Важинский, Н. В. Жихарева // Холодильна техніка та технологія. – 2014. – № 3. – с. 15-21.
3. Липа А. И. Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха. Изд. второе, перераб., доп. – Одеса: ОГАХ, Издательство: «Издательство ВМВ», 2010. – 607с., ил. – ISBN 978-966-413-146-6..
4. Hua Liu Lowering the regeneration temperature of a rotary wheel dehumidification system using exergy analysis / Hua Liu, Yi Jiang // Energy Conversion and Management. – 2015. – Vol. 89. – p. 162-174.
5. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. – Чинні від 01.01.20184. – Київ: Укрархбудінформ, 2017. – 43 с.
6. Membrana Dachowa Strotex 1300 Basic [Electronic resource] / Folnet. – Skórzewo, – Access mode <https://folnet.pl/towar/membrana-dachowa-strotex-1300-basic>. – Title from the screen. – Access date 28.02.2018.
7. Zadoiannyi O. V. Exergoeconomic Analysis of Air Cooling Systems / O. V. Zadoyannyi, Y. M. Yevdokymenko // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2016. – Вип. 20. – с. 14-23.
8. Bergmair Daniel. Design of a system for humidity harvesting using water vapor selective membranes / Daniel Bergmair. – Eindhoven : Technische Universiteit Eindhoven, 2015. – 149 p.
9. Гамаюнов Н. И. Массоперенос в пористых и дисперсных материалах / Н. И. Гамаюнов // Вестник ТвГТУ. – 2012. – вып 22. – с. 46-54. – ISSN 2224-63
10. Левин Е. В. Мембранные системы регулирования влажности воздуха / Е. В. Левин, А. Ю. Окунев // Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – вып 3. – с. 505-511.
11. Окунев А. Ю. Перспективы применения мембранных технологий при эксплуатации зданий / А. Ю. Окунев // Academia. Архитектура и строительство. – 2009. – вып 5. – с. 389-394.
12. Хванг С.-Т. Мембранные процессы разделения / С.-Т. Хванг, К. Каммермейер. – Москва: Химия, 1981. – 464 с.

13. Мулдер М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер. – Москва: Мир, 1992. – 513 с.

#### References

1. Gordeeva A. V., Kozlov N. I. Skorina V. V. *Plodoovoshchevodstvo. Proizvodstvennoe obuchenie*. Urozhai, 2002.
2. Khmelniuk M. G., Vazhinsky D. I., Zhikharev N. V. “Modern technologies of air drying”, *Kholodylna tekhnika ta tekhnolohiia*, No. 3, 2014, pp. 15-21.
3. Lipa A. I. *Konditsionirovanie vozdukha. Ocnovy teorii. Sovremennye tekhnologii obrabotki vozdukha*. Izdatelstvo VMV», 2010.
4. Hua Liu, Yi Jiang. “Lowering the regeneration temperature using a rotary wheel dehumidification system using exergy analysis”. *Energy Conversion and Management*, vol. 89, 2015, pp. 162-174.
5. *Pokryttia budivel i sporud*. DBN 2.6-220: 2017, Ukrarkhbudinform, 2017.
6. “Membrana Dachowa Strotex 1300 Basic” *Folnet: Electronic resource*, <https://folnet.pl/towar/membrana-dachowa-strotex-1300-basic>. – Title from the screen. Accessed 28 February 2018.
7. Zadoyannyi O. V., Yevdokymenko Y. M. “Exergoeconomic Analysis of Air Cooling Systems.” *Ventylatsiia, osvitlennia ta teplohozopostachannia: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 20, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2016, pp. 46-54.
8. Bergmair D. *Design of a system for humidity harvesting using water vapor*. Technische Universiteit Eindhoven, 2015.
9. Gamaiunov N. I. “Massoperenos v poristyykh I dispersnykh materialakh.” *Vestnik TvGTU*, Iss. 22, 2012, pp 46-54.
10. Levin E. V., Okunev A. Yu. “Membrannyye sistemy regulirovki vlazhnosti vozdukha.” *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. Iss. 3, 2010, pp. 505-511.
11. Okunev A. Yu. “Perspektivy primeneniia membrannykh tekhnologii pri ekspluatatsii zdaniy.” *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. Iss. 5, 2009, pp. 389-394.
12. Hvang S.-T., Kammermeier K. *Membrannyye protsessy razdeleniia*. Khimiia, 1981.
13. Mulder M. *Vvedenie v membrannuiu tekhnologiu*. Mir, 1992.

#### УДК 697.94

### Экспериментальные исследования осушения воздуха с использованием синтетических полупроницаемых мембран в системах кондиционирования воздуха

А. В. Задоянный<sup>1</sup>, Ю. М. Евдокименко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, [alvasil21@gmail.com](mailto:alvasil21@gmail.com)

<sup>2</sup> аспирант Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, [bonnesante91@gmail.com](mailto:bonnesante91@gmail.com)

*Аннотация. Хранение сельскохозяйственной продукции в регламентированных условиях требует круглогодичного и круглосуточного поддержания параметров воздушной среды - температуры и относительной влажности - в определенных диапазонах, которые устанавливаются технологическим регламентом для каждого вида такой продукции. Для поддержания относительной влажности системы кондиционирования воздуха оборудуют секциями осушения. В процессе осушения в системах кондиционирования воздуха расходуется большое количество энергии по сравнению с другими стадиями обработки воздуха. Современные исследования в области технологического кондиционирования воздуха направлены на повышение эффективности протекания процессов обработки воздуха с одновременным уменьшением энергозатрат. В последних исследованиях применяют в основном адсорбционные процессы осушения, которые не уменьшают радикально затраты энергии. Полупроницаемые мембраны не получили широкого применения в системах технологического кондиционирования воздуха, но имеют реальную перспективу обеспечить энергоэффективное осушения в системах кондиционирования воздуха по сравнению с традиционными конденсационным и адсорбционным методами. Они позволяют кроме снижения расхода энергии на осушку воздуха избежать негативного явления обледенения теплообменника. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований по оценке возможности применения полупроницаемых мембран с целью осушения воздуха склада для хранения сельскохозяйственной продукции. Приведены результаты экспериментальных исследований уменьшения влагосодержания в секции мембранного осушения, приведена экспериментальная зависимость производительности осушения от удельной воздушной нагрузки на мембрану. Полученные результаты дают возможность практического применения мембранного осушения при последовательной многоступенчатой обработке воздуха в системах кондиционирования воздуха с чередованием стадий охлаждения и мембранного осушения воздуха.*

*Ключевые слова: кондиционирования воздуха; полупроницаемая мембрана; осушения воздуха; проницаемость паров влаги; удельная производительность осушения.*

**UDC 697.94**

## **Experimental Studies of Air Dehumidification Using Synthetic Semipermeable Membranes in Air Conditioning Systems**

O. Zadoyannii<sup>1</sup>, Yu. Evdokimenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD, associate professor. National University of Construction and Architecture, City Kiev, Ukraine, Alvasil21@Gmail.com

<sup>2</sup> Post-graduate student. Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv, Ukraine, bonnesante91@gmail.com

*Annotation. Storage of agricultural products in regulated conditions requires year-round and round-the-clock maintenance of the air environment parameters - temperature and relative humidity - in certain ranges, which are established by the technological regulations for each type of such products. To maintain relative humidity, air conditioning systems are equipped with dehumidification sections. During dehumidification, air conditioning systems consume a large amount of energy compared to other air treatment stages. Modern research in the field of technological air conditioning is aimed at increasing the efficiency of air treatment processes with simultaneous reduction of energy costs. In recent studies, mainly adsorption drying processes are used, which do not reduce radically the energy expenditure. Semipermeable membranes have not been widely used in air conditioning systems, but have a realistic prospect of providing energy-efficient dehumidification in air conditioning systems compared to traditional condensation and adsorption methods. They allow, in addition, reducing the energy consumption for air-drying, avoiding the negative phenomenon of icing of the heat exchanger. In this paper, we present the results of experimental studies to evaluate the feasibility of using semipermeable membranes for drying air in a storage warehouse for agricultural products. The results of experimental studies of moisture content reduction in the membrane dehumidification section are presented; the experimental dependence of drainage performance on the specific air load on the membrane is given. The obtained results allow the practical application of membrane dehumidification in the successive multistage treatment of air in air conditioning systems with alternating cooling and membrane drying of air.*

*Keywords: air conditioning; semipermeable membrane; dehumidification of air; moisture vapour permeability; specific drainage capacity.*

Надійшла до редакції / Received 25.02.2018