

УДК 628.112.9:621.577:620.92

<https://doi.org/10.18524/0367-1631.2026.64.361466>**Годик К. О.**

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

E-mail: godykkostas@gmail.comORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3889-8472>

Експериментальне дослідження термоелектричних систем отримання води з атмосферного повітря

Найближчою годиною найціннішим ресурсом на планеті стане вода і ця тенденція буде тільки зростати в майбутньому. Ця ситуація призводить до катастрофічних наслідків і в найближчу годину може мати місце і в Україні. Атмосферне повітря постає як перспективний, відновлюваний та поширений джерело вологи. Вважається, що у земній атмосфері одночасно міститься близько $12,9 \cdot 10^3$ км³ води. Системи отримання води з атмосферного повітря, які забезпечують температуру нижче за точку роси можуть частково вирішити проблеми водозабезпечення. Певні перспективи у таких системах мають термоелектричні модулі, які не потребують холодильних агентів та екологічно безпечні. Мета роботи — вивчення перспектив використання термоелектричних модулів у системах одержання води з атмосферного повітря. Методика вивчення — експериментальні дослідження. Наведено результати експериментального дослідження процесів конденсації вологи з атмосферного повітря за допомогою термоелектричних модулів (елементів Пельтьє). В ході експериментів на базі модулів TEC1-12706 проаналізовано вплив напруги живлення, швидкості повітряного потоку і відносної вологості середовища на вихід конденсату. Встановлено, що найбільш енергоефективним є режим роботи при напрузі 9–10 В та силі струму 3,8–4,2 А, що дозволяє уникати перегріву модуля. Визначено оптимальну швидкість обдування радіаторів (2,5–3,0 м/с), що забезпечує найкращий теплообмін. Результати дослідження показали, що питомі енерговитрати в оптимізованому режимі становлять 0,9–1,1 кВт·год/л. Виявлено «критичну точку» вологості повітря (40%), нижче за яку процес конденсації стає енергетично недоцільним. Отримані дані підтверджують ефективність інтеграції термоелектричних генераторів води з фотоелектричними панелями для створення повністю автономних систем водопостачання в посушливих регіонах. Наукова новизна проведених експериментальних досліджень пов'язана з визначенням області оптимальних параметрів експлуатації термоелектричних модулів, у якій забезпечуються мінімальні енергетичні витрати при отриманні води з повітря. Практична цінність полягає у можливості створення компактних приладів для роботи як за умов стабільного електропостачання, так і від сонячних батарей.

Ключові слова: термоелектричні модулі, атмосферна генерація води, енергоефективність, експериментальні дослідження, точка роси, системи отримання води з атмосферного повітря

Постановка проблеми. Сьогодні глобальний дефіцит прісної води є одним із найбільш критичних викликів для людства. Згідно з даними міжнародних організацій, понад третина населення планети проживає в регіонах з обмеженим



доступом до безпечних джерел водопостачання [1-3]. Традиційні методи (використання підземних вод, опріснення морської води) часто потребують значних капіталовкладень та складної інфраструктури.

У цьому контексті атмосферне повітря постає як перспективне, відновлюване та повсюдне джерело вологи. Вважається, що в земній атмосфері одночасно міститься близько $12.9 \cdot 10^3$ км³ води [4].

Технології отримання води з повітря (Atmospheric Water Generation – AWG [5]) дозволяють забезпечити питну воду навіть у посушливих та віддалених регіонах, де відсутні наземні гідроресурси [6-7].

Переважна кількість технологій отримання води з атмосферного повітря пов'язане з охолодженням повітряного потоку нижче точки роси з наступним відведенням та збиранням конденсату .

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні системи AWG в основному базуються на парокомпресійному циклі охолодження [8]. Вони мають високу продуктивність, но також мають і значні недоліки: високий рівень шуму, значні габарити, наявність рухомих механічних частин та використання холодоагентів, що можуть шкодити довкіллю.

В останні роки в умовах переходу на екологічно безпечні робочі тіла почали широко поширюватися тепловикористовуючі холодильні системи на природних робочих тілах. Це і абсорбційні, і адсорбційні, і пароежекторні холодильні агрегати, що входять до складу систем одержання води із атмосферного повітря [2; 3; 9-11].

Крім екологічної безпеки робочого тіла, тепловикористовуючі системи можуть працювати і на неелектричних джерелах теплової енергії [12].

Цей аспект є важливим для країн екваторіального поясу, де висока сонячна інсоляція і, як правило, є дефіцит водних ресурсів [13].

Водночас усі типи тепловикористовувальних машин досить громіздкі, прив'язані до джерел теплової енергії та мають значно нижчу, порівняно з компресійними аналогами, енергетичну ефективність [14]. У разі роботи із сонячними колекторами вони вимагають додаткових акумуляторів тепла та холоду для цілодобової роботи [15].

Зі всіх типів приладів штучного охолодження окремо стоять термоелектричні модулі. Використання термоелектричних модулів (ТЕМ), що працюють на основі ефекту Пельтьє, відкриває нові можливості для створення компактних пристроїв отримання води [16].

Головними перевагами ТЕМ є:

а) надійність: повна відсутність рухомих деталей (окрім системи обдування) та вібрацій;

б) масштабованість – можливість створення як мікроустановок, так і потужних модульних систем;

в) гнучкість керування – точне регулювання температури охолодження шляхом зміни сили струму;

г) екологічність – відсутність хімічних холодоагентів та легка інтеграція з системами постійного струму, зокрема з фотоелектричними панелями та вітрогенераторами.

ТЕМ можуть знайти широке застосування як в умовах стабілізованих джерел електричної енергії, так і при роботі з сонячними батареями, наприклад, у польових умовах та віддалених місцевостях.

На ринку кліматичної техніки системи одержання води з атмосферного повітря на базі ТЕМ відсутні і у зв'язку з цим актуальними стають дослідження, спрямовані на вивчення перспектив їх використання, насамперед у частині енергоефективностей.

Очевидно, що з урахуванням складності процесів тепломасообміну при конденсації пари води з атмосферного повітря на першому етапі розробок систем отримання води з атмосферного повітря слід провести експериментальні дослідження.

Метою роботи є проведення експериментального дослідження енергоефективності термоелектричного модуля для конденсації води із атмосферного повітря.

Об'єктом дослідження є термоелектричний модуль у складі системи отримання води з атмосферного повітря.

Предметом дослідження є енергетичні характеристики. Очевидно, що з урахуванням складності процесів тепломасообміну при конденсації пари води з атмосферного повітря на першому етапі розробок систем отримання води з атмосферного повітря слід провести експериментальні дослідження.

Результати дослідження. Для проведення експериментальних досліджень було спроектовано та зібрано установка, що імітує роботу системи отримання води з атмосферного повітря (рис.1). Основними компонентами установки є:

а) термоелектричні перетворювачі: використано модулі Пельтьє типу TEC1-12706 [17], які забезпечують необхідну різницю температур між «гарячою» та «холодною» сторонами при проходженні постійного електричного струму;

б) система охолодження та конденсації: на «холодній» стороні встановлено алюмінієвий радіатор із розвиненою площею поверхні, на якій відбувається процес десублімації та конденсації вологи;

в) для відведення надлишкового тепла з «гарячої» сторони використано комбіновану систему, що складається з алюмінієвого радіатора та вентилятора примусового обдуву Delta PFC1212DE (12V, 4.8A 12cm) 4 pin (активне повітряне охолодження);

г) система живлення.

Оскільки дослідження фокусується на роботі від відновлюваних джерел енергії, реальну сонячну панель було змодельоване за допомогою лабораторного блоку живлення з можливістю точного регулювання вихідної напруги (U) та струму (I). Це дозволило імітувати зміну інтенсивності сонячного випромінювання протягом світлового дня.

Для моніторингу параметрів навколишнього середовища та робочих характеристик системи використано такий комплекс приладів:

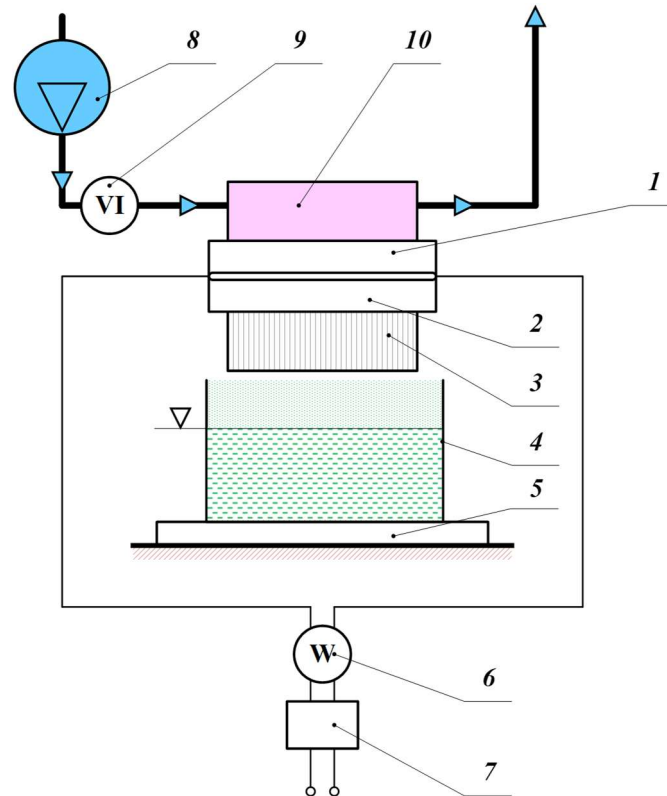


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

1 – «холодна» сторона; 2 – «гаряча» сторона; 3 – оребрена поверхня; 4 – мірна ємність; 5 – ваги; 6 – ватметр; 7 – система підведення електричного навантаження; 8 – нагнітальний вентилятор; 9 – ареометр; 10 – система відведення тепла

а) датчики температури (T) та відносної вологості (RH) – цифрові сенсори високої точності HTU21 для фіксації параметрів повітря на вході до установки та безпосередньо на поверхні конденсації;

б) цифровий анемометр Venetech 0,1-30 м/с для вимірювання швидкості повітряного потоку, що створюється вентиляторами обдуву;

в) цифровий ватметр Walcom PMB05 для контролю споживаної потужності (P) та аналізу енергоефективності в реальному часі;

г) електронні ваги Dnerproves ВТД-ТЗЕ та мірний посуд для точного визначення маси та об'єму отриманого конденсату.

Експериментальні дослідження проводилися шляхом варіювання ключових факторів впливу для пошуку точки максимальної ефективності.

Методика передбачала наступні кроки:

а) варіювання напруги: на термоелектричні модулі подавалася напруга в діапазоні від 6В до 12В з кроком 2В, що дозволило встановити залежність між споживаною потужністю та швидкістю досягнення точки роси;

б) регулювання обдуву: швидкість повітряного потоку змінювалася в межах від 1 до 5 м/с, що необхідно для визначення балансу між швидкістю подачі вологого повітря та часом його контакту з охолодженою поверхнею;

в) фіксація результатів: кожні 30 хвилин проводився замір об'єму накопиченої води та паралельно реєструвалися показники температури радіатора та споживаної енергії;

г) розрахунок ККД: на основі отриманих даних розраховувався показник питомих енерговитрат (кВт·год/л) для кожного режиму роботи.

Для ефективного отримання води температура поверхні «холодного» радіатора (T_s) повинна бути нижчою за точку роси (T_d) навколишнього повітря. Розрахунок точки роси для різних значень відносної вологості RH та температури T проводився за допомогою формули Магнуса-Тетенса, яка забезпечує високу точність у робочих діапазонах температур (від 0 до 50 °С) [18]:

$$T_d = \frac{c \cdot \gamma(T, RH)}{b - \gamma(T, RH)} \quad (1)$$

де коефіцієнт $\gamma(T, RH)$ визначається як:

$$\gamma(T, RH) = \ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{b \cdot T}{c + T}. \quad (2)$$

Прийняті сталі значення для розрахунків: $b = 17.27$; $c = 237.7$ °С.

Використалась наступна методика моніторингу конденсації:

а) перед початком кожного циклу експерименту за показниками датчиків фіксувалися поточні T та RH , після чого програмно розраховувалася цільова T_d ;

б) напруга на модулях Пельтьє регулювалася таким чином, щоб забезпечити стабільне підтримання $T_s < T_d$ з урахуванням теплового навантаження від повітряного потоку;

в) окремо фіксувався «час виходу на режим» — інтервал від моменту ввімкнення ТЕМ до появи перших крапель конденсату на ребрах радіатора.

У ході експерименту було встановлено, що зниження температури на «холодній» стороні ТЕМ має нелінійну залежність від поданої напруги та сили струму.

При малих значеннях напруги (6–8 В) різниця температур була недостатньою для стабільної конденсації при вологості нижче 60 %.

При підвищенні напруги до 12 В спостерігалось інтенсивне охолодження, проте через певний час виникав ефект «саморозігріву». Це явище зумовлене надмірним виділенням джоулевого тепла на гарячій стороні модуля, яке через обмежену пропускну здатність радіатора починало дифундувати на холодну сторону.

Оптимальний струм для модуля ТЕС1-12706 у даній конфігурації становив 3,8–4,2 А. [6] У цьому діапазоні забезпечувався стабільний температурний градієнт без ризику теплового пробою.

Швидкість обдуву радіаторів виявилася критичним параметром для ефективності теплообміну.

Низька швидкість (менше 2 м/с) призводила до швидкого обмерзання ребер радіатора або утворення «шуби», що погіршувало контакт вологого повітря з охолодженою поверхнею.

Висока швидкість (понад 4 м/с): повітряний потік проходив через радіатор занадто швидко, не встигаючи охолотитися до точки роси, що знижувало ефективність конденсації.

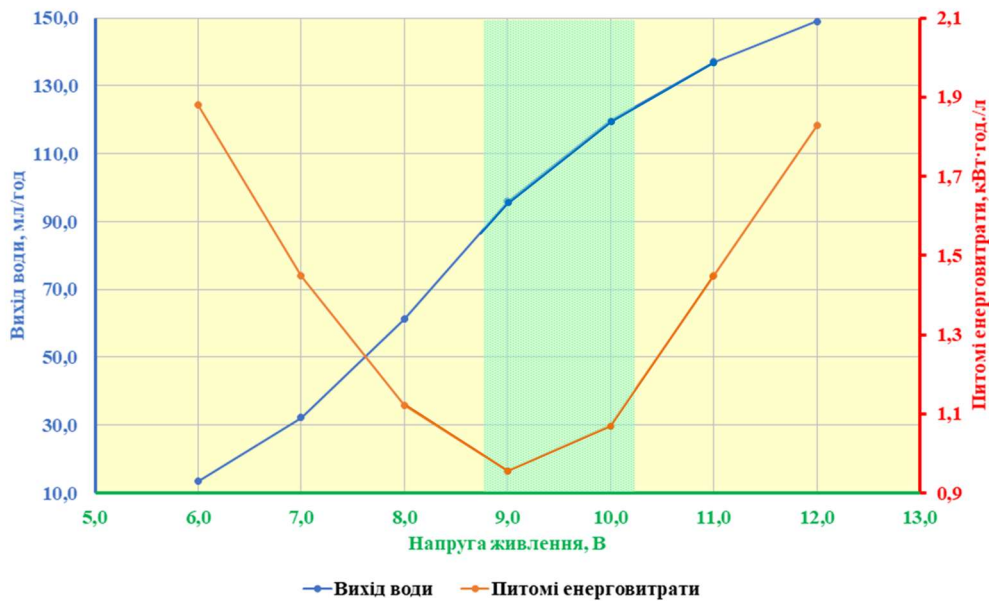


Рис. 2. Залежність продуктивності та енергоефективності ТЕМ від напруги живлення

Таким чином експериментально було підтверджено, що швидкість потоку в межах 2.5–3.0 м/с забезпечує оптимальний баланс між інтенсивністю відведення тепла від гарячої сторони та швидкістю досягнення точки роси на холодній стороні.

За результатами вимірювань було побудовано залежності об’єму отриманого конденсату від відносної вологості повітря (*RH*).

Було виявлено «порог ефективності»: при *RH* < 40% вихід води стає мінімальним, що робить використання ТЕМ у дуже сухих умовах енергетично недоцільним.

При підвищенні вологості від 60 % до 85 % спостерігалось зростання об’єму конденсату за експоненційною залежністю. Максимальна продуктивність установки була зафіксована при високій вологості та температурі навколишнього середовища близько 25–28 °С.

Для оцінки економічної доцільності було розраховано питомі витрати енергії (W_{sp}) за формулою:

$$W_{sp} = \frac{P \cdot t}{V}, \tag{3}$$

де *P* – споживана потужність (кВт), *t* – час роботи (год), *V* – об’єм отриманої води (л).

Отримані наступні результати (рис.2):

- а) в режимі максимальної потужності (12 В) витрати склали близько 1.5–1.8 кВт·год/л;
- б) в оптимальному режимі (при знайденому балансі струму та обдуву) питомі витрати вдалося знизити до 0.9–1.1 кВт·год/л.

Ці показники демонструють, що при живленні від відновлюваних джерел енергії (наприклад, сонячних панелей потужністю 250–300 Вт) система здатна генерувати достатню кількість технічної або питної води для автономних потреб протягом світлового дня.

Аналіз графічних залежностей показує:

- а) кількість води зростає разом із напругою (синя лінія);
- б) енерговитрати спочатку падають (бо система виходить на робочий температурний режим), але після 9–10 В знову різко йдуть вгору (червона лінія);
- в) оптимальний режим — тут ми отримуємо достатньо води, не переплачуючи за зайву електроенергію (зелена зона).

Обговорення отриманих результатів. Хоча холодильні компресорні цикли мають більший коефіцієнт корисної дії та нижчі питомі енерговитрати (близько 0,3-0,5 кВт·год/л), термоелектричний метод виявляється конкурентоспроможним у специфічних умовах.

Головним фактором є використання відновлюваних джерел енергії (ВІЕ). У системах, що живляться від сонячних панелей, на перший план виходить не абсолютна енергоефективність, а:

- а) вартість володіння (CAPEX/OPEX) – ТЕМ не потребують дорогого обслуговування компресорів, заправки холодоагентом та мають значно довший термін служби;
- б) пряме живлення – відсутність потреби в інверторах (перетворення DC/AC) знижує втрати енергії та спрощує конструкцію.

За умови «безкоштовної» сонячної енергії, термоелектричні системи є ідеальним рішенням для автономних точок водоспоживання.

На основі експериментів було визначено межі, за яких експлуатація системи є доцільною. Критичною точкою для даної установки є поєднання відносної вологості 40 % та температури повітря 20 °С.

Важливо, якщо вологість падає нижче 40 %, енерговитрати на отримання одного літра води зростають експоненціальне (понад 2,5 кВт·год/л), оскільки різниця між температурою середовища та точкою роси стає занадто великою для ефективної роботи елемента Пельтьє.

Найвищу ефективність система продемонструвала в умовах «нічного та ранкового збору», коли вологість повітря природним чином зростає, що дозволяє отримувати воду з мінімальним температурним градієнтом.

Для переходу від лабораторного прототипу до побутового використання пропонується наступне.

1. Модульний підхід – замість використання одного потужного елемента краще застосовувати каскад або масив з декількох ТЕМ (наприклад, 4-8 одиниць), з'єднаних паралельно-послідовно. Це дозволяє рівномірно розподілити теплове навантаження на радіатор.
2. Інтелектуальне керування – впровадження контролера з датчиком точки роси. Система має автоматично знижувати потужність або вимикатися, коли умови навколишнього середовища стають енергетично не вигідними.
3. Гібридне охолодження – для масштабованих систем доцільно розглянути водяне охолодження гарячої сторони ТЕМ, що дозволить ще більше знизити температуру на холодній стороні та підвищити вихід конденсату на 15-20 %.

4. Використання накопичувачів: Інтеграція буферного акумулятора дозволяє системі продовжувати роботу у вечірні години, коли вологість повітря максимальна, використовуючи енергію, накопичену сонячними панелями вдень.

Висновки. На основі проведеного експериментального дослідження термоелектричної системи отримання води з атмосферного повітря можна зробити наступні висновки:

а) визначено оптимальні робочі параметри: Експериментально встановлено, що для модуля типу ТЕС1-12706 найбільш енергоефективним є режим роботи при напрузі 9–10 В та силі струму 3.8–4.2 А. За таких умов вдається уникнути ефекту «саморозігріву» модуля, забезпечуючи стабільну роботу системи. Оптимальна швидкість обдуву радіаторів становить 2.5–3.0 м/с, що гарантує ефективне відведення тепла без надмірного обдування «холодної» зони.

б) енергетична доцільність: Питомі енерговитрати в оптимізованому режимі становлять близько 0.9–1.1 кВт·год/л. Це підтверджує гіпотезу про високу ефективність використання відновлюваних джерел енергії (зокрема фотоелектричних панелей) для живлення подібних установок [7]. Пряме живлення від постійного струму (DC) дозволяє уникнути втрат на інвертацію, що робить систему ідеальним рішенням для автономного водозабезпечення у віддалених регіонах;

в) вплив середовища: Встановлено, що робота системи стає економічно виправданою при відносній вологості повітря більш 40 %. При вищих показниках вологості продуктивність зростає експоненціальне, що вказує на перспективність використання пристроїв у прибережних та тропічних зонах.

Література

1. UN-Water. (2021). *Summary Progress Update 2021: SDG 6 – water and sanitation for all*. United Nations. https://lifewater.ca/the-problem-a-global-water-crisis/?gad_source=1&gad_campaignid=22742845878&gbraid=0AAAAA0Mkt-jfoc8yA5fHvydMPjE9YMoo0&gclid=CjwKCAjwhqfPBhBWEi-wAZo196gzGRxzJPw0YhzG8k-Odu2_7mJRRhfBr-D3z-W_rKt3v994WCWARf-hoCksQQA_vD_BwE
2. Robin Peeters, Hannah Vanderschaeghe, Jan Rongé. Fresh water production from atmospheric air: Technology and innovation outlook. *iScience*. 2021. Vol. 24, № 11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004221012359#cebib0010>
3. Asim, Nilofar; N. Badiei, Marzieh; Alghoul, Mohammad A.; Mohammad, Masita; Samudin, Nurul Asma. Sorbent-based air water-harvesting systems: progress, limitation, and consideration. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology Review*. 2021. DOI: 10.1007/s11157-020-09558-6.
4. Osadchuk, E., Titlov, O. Analysis of the climatic features of the regions of the primary application of the systems for producing water from the atmospheric air. *Scientific Journal «ScienceRise»*, 2020. Vol. 4. P. 3–9. DOI: 10.21303/2313-8416.2020.001390.
5. Atmospheric water generator/ https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_water_generator

6. Titlov Oleksandr, Vasylyv Oleh, Osadchuk Yevhen. Development of absorption water-ammonia refrigerating machines for operation in the systems for extracting water from atmospheric air. *10th IIR Conference: Ammonia and CO2 Refrigeration Technologies, Ohrid, 2023*. P. 317–324. DOI: 10.18462/iir.nh3-co2.2023.0038.
7. Kholodkov A., Osadchuk E., Titlov A., Boshkova I., Zhykhareva N. (2018). Improving the energy efficiency of solar systems for obtaining water from atmospheric air. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018. Vol. 3/8, no. 93, 41–51. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133643.
8. Tu, Y., Wang, R., Zhang, Y., & Wang, J. Progress and Expectation of Atmospheric Water Harvesting. *Joule*, 2018. Vol. 2, no 8. P.1452–1475. https://www.researchgate.net/publication/326855941_Progress_and_Expectation_of_Atmospheric_Water_Harvesting
9. Titlov A., Osadchuk E., Tsoy A., Alimkeshova A., Jamasheva R. Development of cooling systems on the basis of absorption water-ammonia refrigerating machines of low refrigeration capacity. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019. Vol. 2/8, no. 98, P. 57–67. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.164301>
10. P. Tsoy, A. S. Titlov, A. H. Alimkeshova, and R. A. Jamasheva. Development of autonomous cooling systems on the basis of renewable and waste sources of heat energy. *AIP Conference Proceedings 2020*. 2285, 030073-1-15. <https://doi.org/10.1063/5.0026909>.
11. Elashmawy, Mohamed. Experimental study on water extraction from atmospheric air using tubular solar still. *Journal of Cleaner Production Article*. 2020. <https://www.scopus.com/pages/publications/85075816851>
12. Adambayev D., Titlov A. Analysis of test results of a household absorption refrigerating appliance on an electric and gas source of thermal energy. *Technology Audit and Production Reserves*, 2021. Vol. 4/1, no. 60, P. 18–22. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.237173>
13. The European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF). <https://solarheat-europe.eu/about/our-mission/>
14. Kholodkov A., Titlov A. Modeling of thermal modes of the reflux condenser of the absorption refrigeration unit. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2017. no. 3. P. 31-40. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2017.00358>
15. Tsoy, A., Titlov, O., Granovskiy, A., Koretskiy, D., Vorobyova, O., Tsoy, D., Jamasheva, R. Improvement of refrigerating machine energy efficiency through radiative removal of condensation heat. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. Vol. 1/8, no. 115. P.35–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251834>
16. Rowe, D. M. Thermoelectric and its Energy Harvesting. 2-Volume Set. CRC Press. 2018. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b11869/thermoelectrics-energy-harvesting-2-volume-set-david-michael-rowe>
17. Hebei IT (Shanghai) Co., Ltd. (n.d.). Thermoelectric Cooler TEC1-12706 Specification. <https://manuals.plus/m/24cda3e3d7991cf633cb9fda7cf70c9e961fb74c8dc7f9f4b05c5206ac404fb2>
18. Saturation Vapor Pressure <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/saturation-vapor-pressure>

Дата надходження: 23.03.2026

Дата прийняття до друку: 27.04.2026

Дата публікації: 28.05.2026

K. Hodyk

Experimental study of thermoelectric systems for obtaining water from atmospheric air

Summary

In the near future, water will become the most valuable resource on the planet, and this trend will only increase in the future. This situation leads to catastrophic consequences and may also occur in Ukraine in the near future. Atmospheric air appears as a promising, renewable and widespread source of moisture. It is believed that the Earth's atmosphere simultaneously contains about $12.9 \cdot 10^3 \text{ km}^3$ of water. Systems for obtaining water from atmospheric air that provide a temperature below the dew point can partially solve the problems of water supply. Thermoelectric modules that do not require refrigerants and are environmentally friendly have certain prospects in such systems. The purpose of the work is to study the prospects for using thermoelectric modules in systems for obtaining water from atmospheric air. The study methodology is experimental research. The results of an experimental study of the processes of condensation of moisture from atmospheric air using thermoelectric modules (Peltier elements) are presented. During experiments based on TEC1-12706 modules, the influence of supply voltage, air flow velocity and relative humidity of the environment on the condensate output was analyzed. It was established that the most energy-efficient mode is the operation mode at a voltage of 9–10 V and a current of 3.8–4.2 A, which allows avoiding module overheating. The optimal speed of radiators blowing (2.5–3.0 m/s) was determined, which ensures the best heat transfer. The results of the study showed that the specific energy consumption in the optimized mode is 0.9–1.1 kWh/l. A “critical point” of air humidity (40%) was identified, below which the condensation process becomes energetically inexpedient. The obtained data confirm the effectiveness of integrating thermoelectric water generators with photovoltaic panels to create fully autonomous water supply systems in arid regions. The scientific novelty of the conducted experimental studies is associated with the determination of the area of optimal parameters of operation of thermoelectric modules, in which minimal energy costs are ensured when obtaining water from the air. The practical value lies in the possibility of creating compact devices for operation both under conditions of stable power supply and from solar panels.

Keywords: *thermoelectric modules, atmospheric water generation, energy efficiency, experimental studies, dew point, systems for obtaining water from atmospheric air*