

Кобилянський Р.Р., канд. фіз.-мат. наук^{1,2}

Розвер Ю.Ю., науковий співробітник^{1,2}

Прибила А.В., канд. фіз.-мат. наук^{1,2}

Кобилянська А.К., канд. фіз.-мат. наук¹

Іваночко М.М., канд. фіз.-мат. наук²

¹ Інститут термoeлектрики НАН та МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна;

² Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського 2, Чернівці, 58012, Україна
e-mail: anatykh@gmail.com

ПРО МЕДИЧНІ ОБМЕЖЕННЯ ДО РЕЖИМІВ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ КОНДИЦІОНЕРІВ

У роботі проведено детальний опис температурних обмежень, що накладаються на кондиційоване середовище. Розглянуті медичні аспекти впливу різких перепадів температури на організм людини дають можливість створювати та експлуатувати кондиціонери, що будуть відповідати необхідним умовам їх безпечного використання. Визначено основні переваги та недоліки використання термоелектричних кондиціонерів у порівнянні із компресійними кондиціонерами з позиції медичних обмежень.

Ключові слова: термоелектричний кондиціонер, медичні обмеження, перепад температури, компресійний кондиціонер.

Вступ

Загальна характеристика проблеми. Використання кондиціонера на сьогоднішній день є найбільш поширеним методом зниження температури в офісі, квартирі чи транспортних засобах. В основному це пов'язано з тим, що кондиціонери дозволяють людям легше пережити літню спеку. Особливо це важливо для тих, хто страждає на серцево-судинні захворювання і ризикує від спеки та спричиненого нею надмірного навантаження на серце та судини, бути ураженим гіпертонічним кризом чи інфарктом.

Не зважаючи на явну користь при забезпеченні комфортних умов кондиціонери мають ряд вагомих недоліків. Наприклад, накопичення вуглекислого газу, вірусних та інфекційних мікроорганізмів при відсутності будь-якої вентиляції, які при звичайному провітрюванні швидко випаровуються. Також охолоджене пересушене повітря, яке шкідливе для шкірних покривів і слизових оболонок дихальних шляхів. Але основний і найбільш поширений недолік пов'язаний із різкою зміною температури між навколишнім та кондиційованим середовищем, що спричиняє ряд негативних наслідків на здоров'я людини. Ця проблема все частіше стає предметом різноманітних досліджень, але, на жаль, лише як складова більш широкої проблеми, що полягає у загальному дослідженні теплового комфорту людини.

Для створення ефективного кондиціонера необхідно врахувати та, по можливості, максимально мінімізувати усі його негативні наслідки на організм людини. Для цього потрібно

дослідити наявну у цьому напрямі інформацію та зробити необхідні висновки по медичних обмеженнях роботи кондиціонерів у режимі охолодження. Водночас особливий інтерес буде зосереджуватися на термоелектричних кондиціонерах, а їх порівняння із компресійними кондиціонерами із позиції медичних обмежень дозволить визначити раціональні шляхи їх безпечного та ефективного використання.

Мета даної роботи – визначення необхідних медичних обмежень до режимів охолодження термоелектричних кондиціонерів та їх порівняння із компресійними кондиціонерами.

Температурні вимоги до кондиціонування приміщень та транспортних засобів

Вимоги до кондиціонування приміщень.

Згідно ГОСТ 30494-2011 «Будівлі житлові та громадські. Параметри мікроклімату у приміщеннях» визначено наступні оптимальні та допустимі норми температури для житлових, громадських, адміністративних приміщень [1].

Таблиця 1

Оптимальні і допустимі параметри мікроклімату

Період року	Температура повітря, °С		Загальна температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
Теплий	22 – 25	20 – 28	22 – 24	18 – 27	30 – 60	65	0.2	0.3

В основному оптимальна для охолодження повітря температура кондиціонера становить 22 – 25 °С (таб. 1). Допустимою нормою комфортності вважається діапазон від 20 °С до 28 °С. Але це за умови, що різниця температури кондиційованого приміщення та вуличного середовища не більша за ~ 7 °С [1]. Інакше при зміні середовища різко зростає додаткове навантаження на людський організм. Для одних подібний перепад дорівнює незначному почуттю дискомфорту, а для інших – загрози захворіти. Найбільш детально негативні наслідки різкого перепаду температури були досліджені у роботі [2]. У вказаній роботі говориться про те, що при зміні температури повітря більше 5 °С уже можливі негативні наслідки для дихальної системи і для організму людини існує серйозний ризик загострення симптомів респіраторної хвороби (астма та хронічна обструктивна хвороба легень). Це відбувається тому, що дихальні шляхи вистелені тонким шаром рідини. Охолоджене повітря призводить до більш швидкого випаровування цієї рідини, що у свою чергу призводить до її висихання [3, 4]. Але навіть і у людей без серйозних респіраторних захворювань охолоджене повітря викликає зміну дихальних шляхів. Дія охолодженого повітря збільшує кількість гранулоцитів та макрофагів (їх роль полягає у фагоцитозі (охопленні та травленні) уламків клітин і патогенів, як стаціонарних, так і рухомих клітин, також як і стимуляції лімфоцитів та інших імунних клітин відповісти на

проникнення патогена) у нижніх дихальних шляхах [5]. Носове дихання охолодженим повітрям викликає нагнітання венозних синусів підслизової оболонки [6], що призводить до кашлю, закладеності та чхання як у здорових, так і у хворих на риніт [7]. Однак ці наслідки більші у суб'єктів з ринітом, ніж у здорових добровольців [8] і більше в суб'єктів з астмою та ринітом, ніж у суб'єктів лише із ринітом [9]. За короткий час охолоджене повітря провокує звуження бронхів у хворих на астму [10], особливо у дітей та молодих людей. До довготривалих реакцій на вплив перепаду температури входять зміни дихальних шляхів, а також частково анатомічні, що включають збільшення в бронхоальвеолярному лаважі рідких гранулоцитів у здорових людей [5], втрату миготливого епітелію, підвищену концентрацію запальних клітин, гіперчутливість і непрохідність дихальних шляхів [11]. Але слід зазначити, що все перераховане в основному відноситься до різкого перепаду температури більше 5 °С. При поступовому спаді температури із певним кроком, рекомендований діапазон може бути вищим 5 °С.

Так, згідно [12] із метою запобігання можливих захворювань перепад температури може бути і вищим за 5 °С, в залежності від температури навколишнього середовища і досягати 13 °С (таб. 2).

Таблиця 2

Значення перепаду температури в залежності від температури зовнішнього середовища

Зовнішня температура повітря (°С)	Перепад температури (°С)
< 32	5
34	7
36	9
38	11
40	13

Система охолодження приміщення, встановлена для забезпечення комфорту, може спричинити різні нездужання. Респіраторна хвороба від кондиціонера, що охолоджує повітря, – поширене явище сучасності. Різкий перепад температури, наприклад від 32 °С до 18 °С стає стресом для організму. Виникає стан, що нагадує застуду осінньо-зимового періоду. У перші дні нездужання супроводжується ломотою у м'язах, головним болем, загальною слабкістю, невеликим підвищенням температури тіла, чханням. Якщо не почати лікування, ситуація ускладнюється запаленням горла, кашлем. У занедбаному стані недуга призводить до хронічних захворювань дихальної системи [13].

Вимоги до кондиціонування транспортних засобів.

Кліматична техніка не має строго встановленої температури для охолодженого повітря. Робити висновки про ефективність охолодження необхідно не по температурі повітря, а по різниці між зовнішнім і охолодженим повітрям. Прийнято, що кондиціонер працює ефективно, якщо йому вдається забезпечити різницю із зовнішньою температурою на 15 – 20 °С. Тобто температура струменя повітря, що виходить із дефлектора салону, повинна бути приблизно на 20 °С нижчою, ніж температура зовнішнього повітря.

Інженери-розробники автомобілів досліджують режими кондиціонування з метою створення систем, які б забезпечували максимальний комфорт для водія та пасажирів. Було з'ясовано, що для салону автомобіля оптимальною вважається температура 22 °С. Залежно від власних уподобань водії можуть регулювати її в межах 2 °С. Дослідження показали, що саме такий

мікроклімат дозволяє максимально сконцентруватися на дорозі [14]. При зниженні температури до 18 °С виникає ризик простудних захворювань. Якщо температура більша 24 °С, то це помітно позначається на стомлюваності водія, його хилить в сон, що особливо небезпечно при їзді вночі.

Якщо вмикається кондиціонер у гаражі, в якому термометр показує + 25 °С, то температура повітря, що виходить з дефлектора, повинна бути не нижче + 5 °С. За зовнішньої температури (+ 30 ÷ + 32) °С охолодження повітря до (+ 12 ÷ + 14) °С вважається цілком нормальним показником. При цьому температуру в салоні не рекомендується робити надто низькою, оптимальна величина – на 5 °С нижче, ніж зовні. Тобто, при температурі зовнішнього повітря + 30 °С у салоні має бути близько + 25 °С, щоб не спровокувати застуду, ангіну або запалення легень [2]. Але згідно [15] перепад у 5 °С стосується в основному короточасних поїздок. Тобто, коли водій чи пасажир часто покидають авто. При довготривалих поїздках (чи просто тривалому перебуванні в автомобілі) рекомендують поступове зниження температури. При цьому згідно [16] перепад температури може досягати 10 – 12 °С. Але крок переходу до більшого перепаду не повинен перевищувати 5 °С. Тобто, якщо потрібно охолодити салон автомобіля на 10 °С, наприклад від 35 °С до 25 °С, то це потрібно робити мінімум у два кроки: спочатку до 30 °С, і через деякий час до 25 °С. Також при використанні кондиціонера у транспортному засобі необхідно спрямовувати потік холодного повітря вгору, вбік чи вниз. Завдяки цьому можна також істотно знизити ймовірність виникнення різних захворювань.

Суттєвий недолік компресійних кондиціонерів – необхідність використання фреону. Фреон – холодоагент, який застосовується в більшості сучасних кондиціонерів. Фреон важчий за повітря, тому при його витоку він може витіснити повітря з приміщення. Деякі різновиди фреонів при розкладанні виділяють небезпечні токсини і можуть викликати отруєння.

Медичні аспекти впливу високих перепадів температури на організм людини

Коли температура повітря швидко знижується без будь-якої поступової адаптації, навіть при невеликих змінах до 2 – 3 °С, але особливо при змінах більше 5 °С, можливі негативні наслідки для організму людини. Так наприклад, такі перепади можуть спричинити ризик серйозного загострення симптомів обструктивної респіраторної хвороби (астма та ХОЗЛ) [2].

В основному негативний вплив зазначеного перепаду температури стосується дихальної системи. Згідно [17] дихальні шляхи вистелені війчастим епітелієм та секреторними клітинами. Війки взаємодіють із тонким шаром рідини, який вкриває зовнішню поверхню епітелію, що контактує з повітрям, – поверхневий захисний шар дихальних шляхів (airway surface layer, ASL). ASL включає навколівійковий шар (periciliary layer, PCL) із низькою в'язкістю, який змачує поверхні дихальних шляхів та сприяє роботі війок, а також додатковий шар слизу над ним. Об'єм, рН, вміст іонів і живильних речовин в ASL важливі для регулювання антимікробної активності і мукоциліарного транспорту. Антимікробні фактори, виявлені в ASL, приймають участь у вроджених і адаптивних захисних механізмах, які захищають дихальні шляхи від внутрішніх патогенів [18].

Іншими словами, поверхнева рідина дихальних шляхів (ASL) – це тонкий шар рідини, що покриває просвітну поверхню для нормальної фізіології дихальних шляхів. Вдихання охолодженого повітря може призвести до випаровування ASL швидше, ніж вона відновлюється, що призводить до висихання ASL та до ряду серйозних негативних наслідків для здоров'я.

Дослідження медиків підтверджують, що організму людини потрібен час, щоб акліматизуватися від спеки до холоду або від холоду до підвищеної температури [19].

Кровоносні судини взимку накопичують тепло, а влітку навпаки. Різка зміна температури впливає на їх функціонування і, як наслідок, на роботу серця. Щоразу, коли відбувається зміна температури повітря, послаблюється імунітет і організм стає більш сприйнятливим до зараження вірусними інфекціями. Раптова зміна температури може спричинити сильний дискомфорт у людей з респіраторними захворюваннями. Пацієнти з астмою, респіраторними недугами, проблемами з серцем можуть відчувати гострий стрес.

Оптимальні температурні умови термоелектричного кондиціонера в режимі охолодження

Використання термоелектричних кондиціонерів дозволяє забезпечувати точне та плавне регулювання температури в жилих приміщеннях і в транспортних засобах. На відміну від компресійних кондиціонерів термоелектричні не вимагають наявності рідинних теплоносіїв (наприклад фреон), що виключає можливість отруєння повітря при розгерметизації гідравлічних вузлів. Крім цього, термоелектричні кондиціонери мають цілий ряд переваг: нижчі масогабаритні показники, висока надійність, простота у обслуговуванні, незалежність від просторової орієнтації, можливість просторового розосередження відповідно до умов експлуатації, просте переведення з режиму охолодження у режим нагріву [20 – 23]. Слід також зауважити, що, на відміну від компресійних кондиціонерів, ефективність термоелектричних кондиціонерів зростає із зменшенням потужності, ростом температури повітря та зниженням перепаду температури зовні й всередині кондиційованого середовища, що також створює їм додаткові переваги (рис. 1).

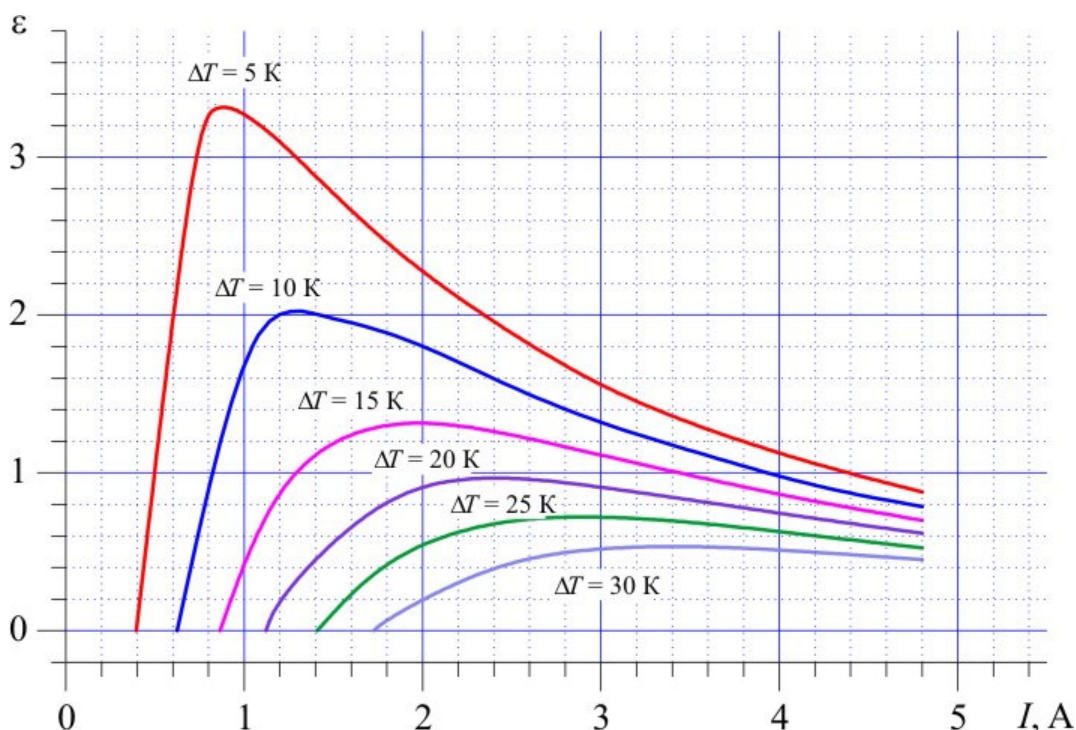


Рис. 1. Типова залежність холодильного коефіцієнта термоелектричного кондиціонера від струму живлення для різних значень перепаду температур між його гарячою і холодною сторонами.

Як видно з рис. 1, ефективність термоелектричного кондиціонера є максимальною при перепадах температур біля 5 °С, що рекомендовано медичними висновками та конкурує з компресійними кондиціонерами в багатьох кліматичних зонах (рис. 2).

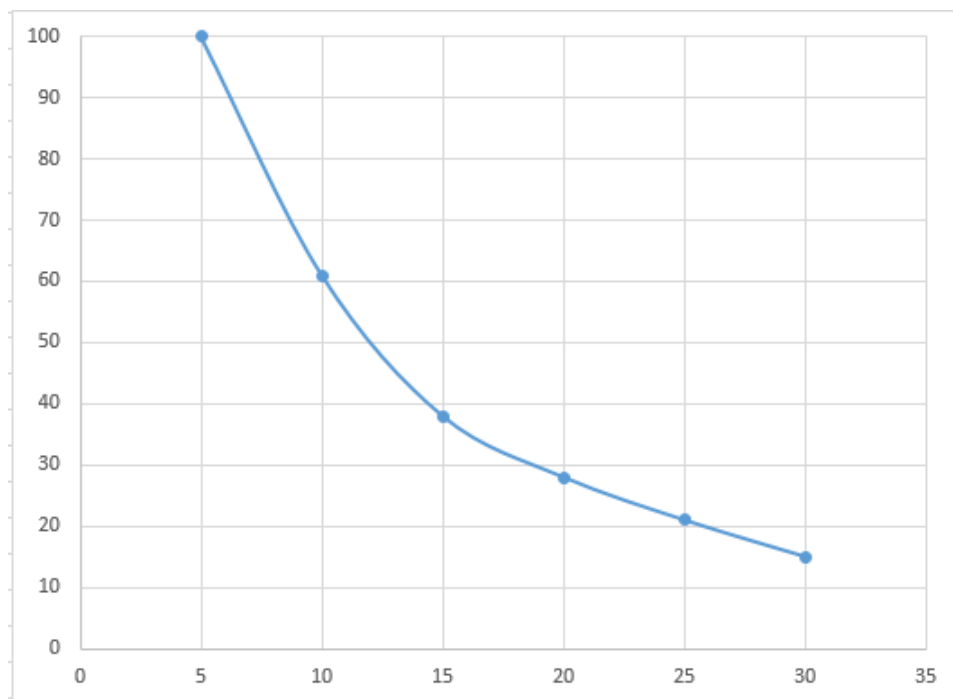


Рис. 2. Залежність ефективності термоелектричного кондиціонера від перепаду температур.

Як видно з рис. 2, ефективність термоелектричного кондиціонера зменшується при збільшенні перепаду температур, а електрична потужність споживання при цьому зростає.

Середньостатистичні значення зимових та літніх температур повітря в зонах доцільного використання термоелектричних кондиціонерів приведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Сезонна температура повітря в зонах переваги термоелектричного кондиціювання

Назва кліматичної зони	Температура влітку, °C	Температура взимку, °C
Помірний морський клімат	14 ± 6	8 ± 3
Помірний континентальний клімат	20 ± 5	-5 ± 3
Помірний мусонний клімат	23 ± 4	-20 ± 6
Субарктичний клімат	8 ± 2	-23 ± 4
Арктичний клімат	10 ± 6	-40 ± 3

Як видно з таблиці 3, температурний діапазон для роботи термоелектричного кондиціонера охоплює екстремальні значення влітку від 10 °C до 27 °C, а взимку від – 43 °C до 11 °C.

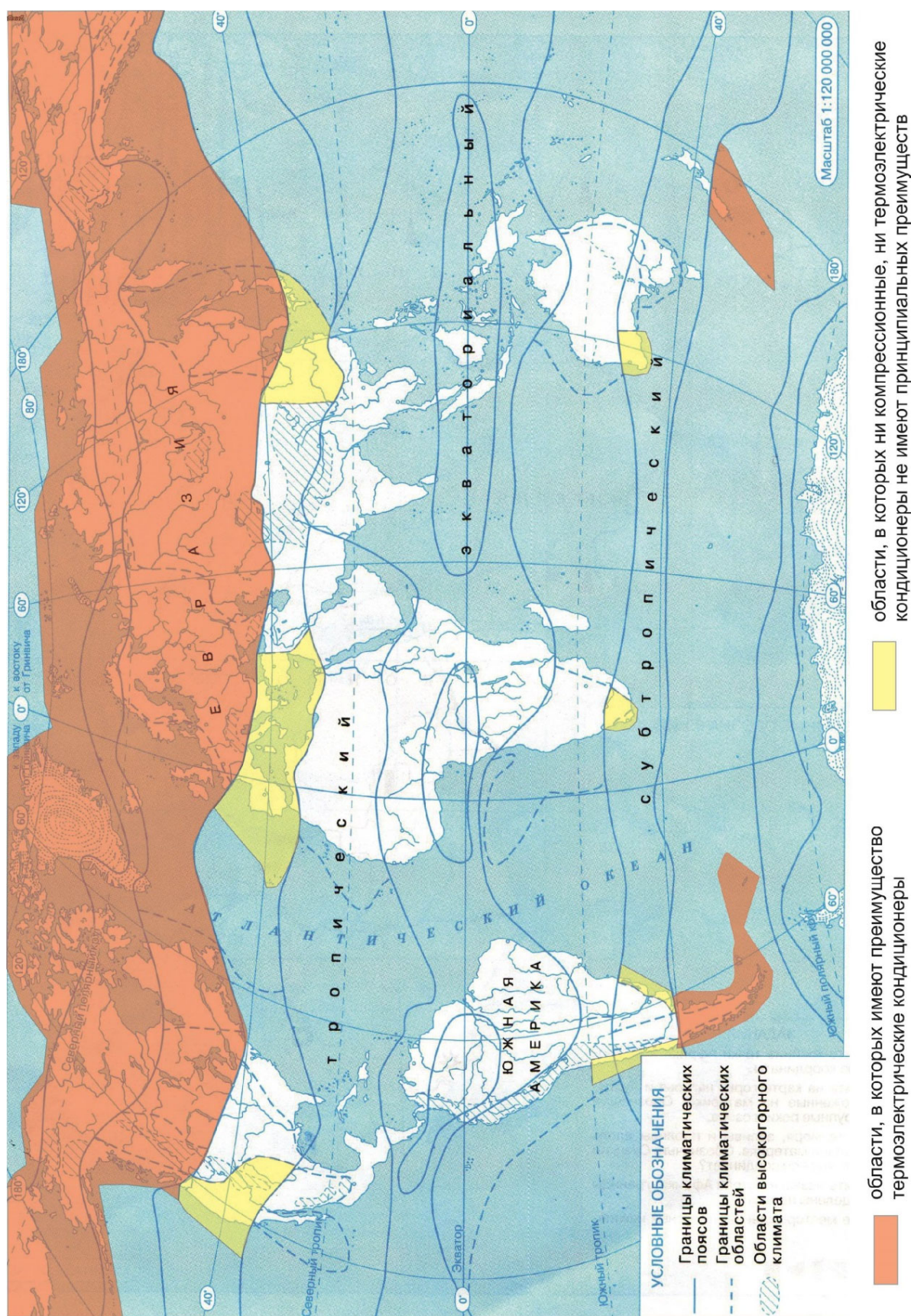


Рис. 3. Кліматичні зони раціонального використання термоелектричного кондиціювання.

Висновки

1. Досліджено медичні аспекти впливу понижених температур на організм людини при використанні кондиціонерів. Встановлено, що різкі перепади температур можуть викликати захворювання дихальної системи та загострення хронічних легеневих хвороб.
2. Визначено оптимальний перепад температури між оточуючим середовищем та кондиціонованим, що складає $\Delta T \leq 5^{\circ}\text{C}$.
3. Проаналізовано переваги термоелектричного способу кондиціонування перед компресійним.
Встановлені температурні діапазони роботи термоелектричних систем кондиціонування повітря для кліматичних зон, в яких використання таких систем є енергетично вигідним.

Література

1. GOST 30494-2011.
2. D'Amato Maria, Molino Antonio, Calabrese Giovanna, Cecchi Lorenzo, Annesi-Maesano Isabella and D'Amato Gennaro (2018). The impact of cold on the respiratory tract and its consequences to respiratory health. *Clinical and Translational Allergy*.
3. Daviskas E, Gonda I, Anderson S.D. (1990). Mathematical modeling of heat and water transport in human respiratory tract. *J Appl Physiol.*, 69, 362 – 372.
4. Freed A.N, Davis M.S. (1999). Hyperventilation with dry air increases airway surface fluid osmolality in canine peripheral airways. *Am J Respir Crit Care Med*.159, 1101 – 1107.
5. [http://health-ua.com/article/67252-mukotcilarnij-klrens-zdorovya-dihalnih-shlyahv].
6. Cole P, Forsyth R, Haight J.S. (1983). Effects of cold air and exercise on nasal T patency. *Ann Otol Rhinollaryngol*. 92, 96 – 98.
7. Millqvist E, Bengtsson U, Bake B. (1987). Occurrence of breathing problems induced by cold climate in asthmatics – a questionnaire survey. *Eur Respir J*. 71, 444 – 449.
8. Driessen J.M, van derPalen J, van Aalderen W.W, de Jongh F.H, Thio R.J. (2012). Inspiratory airflow limitation after exercise challenge in cold air in asthmatic children. *Respir Med*. 106 (10), 1362 – 1368.
9. Hyrkas H, Jaakkola M.S., Ikaheimo T.M, Hugg T.T, Jaakkola J.J.K. (2014). Asthma and allergic rhinitis increase respiratory symptoms in cold weather among young adults. *Res Med*. 108, 63 – 70.
10. Bousquet J, van Cauwenberge P, Khaltaev N, (2001). Aria Workshop Group, World Health Organization. Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 108, 147 – 334.
11. Larsson K, Tornling G, Gavhed D, Müller-Suur C, Palmberg L. (1998). Inhalation of cold air increases the number of inflammatory cells in the lungs in healthy subjects. *Eur Respir J*. 12, 825 – 830.
12. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1182400-74.#Text>.
13. <https://strojdvor.ru/kondicionirovanie/obslyujivanie/mozhno-li-zabolet-ot-konditsionera-v-pomeshchenii-i-kak-etogo-izbezhat/>
14. <https://WWWdriven.ru/journal/novosti/kakuyu-temperaturu-optimalnee-vsego-derzhat-v-salone-avtomobilya-id30137>
15. <https://economics.segodny.ua/economics/avto/kak-ne-prostuditsya-i-ne-zabolet-v-zharu-ot-konditsionera-v-avtomobile-728083.html>
16. <https://car.ru/news/autogramota/76638-kak-ne-prostuditsya-i-ne-zabolet-v-zharu-ot-konditsionera-v-mashine/>
17. <http://health-ua.com/article/67252-mukotcilarnij-klrens-zdorovya-dihalnih-shlyahv>

18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2233658/>
19. <https://timesofindia.indiatimes.com/life-style/health-fitness/health-news/alert-sudden-change-from-hot-to-cold-can-be-harmful-to-your-health/articleshow/69354918.cms>
20. Anatychuk L.I., Prybyla A.V. (2016). Comparative analysis of thermoelectric and compression heat pumps for individual air conditioners. *J. Thermoelectricity*, 2, 33 – 42.
21. Anatychuk L.I., Prybyla A.V., Korop M.M. (2016). Comparative analysis of thermoelectric and compression heat pumps for individual air conditioners at elevated ambient temperatures. *J. Thermoelectricity*, 5, 95 – 98.
22. Anatychuk L.I., Vykhor L.M., Kotsur M.P., Kobylianskyi R.R., Kadeniuk T.Ya. (2016). Optimal control of time dependence of cooling temperature in thermoelectric devices. *J. Thermoelectricity*, 5, 5 – 11.
23. Anatychuk L.I., Kobylianskyi R.R., Kadeniuk T.Ya. (2017). Computer simulation of local thermal effect on human skin. *J. Thermoelectricity*, 1, 69 – 79.

Надійшла до редакції: 25.07.2023.

Kobylianskyi R.R., *Cand.Sc.(Phys-Math)*^{1,2}

Rozver Yu.Yu., *Researcher*^{1,2}

Prybyla A.V., *Cand. Sc (Phys &Math)*^{1,2}

Kobylianska A.K., *Cand. Sc (Phys &Math)*¹

Ivanochko M.M., *Cand. Sc (Phys &Math)*²

¹ Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine,
1 Nauky str., Chernivtsi, 58029, Ukraine;

² Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 2 Kotsiubynskyi str.,
Chernivtsi, 58000, Ukraine
e-mail: anatych@gmail.com

ON MEDICAL RESTRICTIONS TO COOLING MODES OF THERMOELECTRIC AIR CONDITIONERS

The paper provides a detailed description of the temperature restrictions imposed on the conditioned environment. The considered medical aspects of the impact of sharp temperature changes on the human body make it possible to create and operate air conditioners that will meet the necessary conditions for their safe use. The main advantages and disadvantages of using thermoelectric air conditioners in comparison with compression air conditioners from the standpoint of medical restrictions are identified.

Key words: thermoelectric air conditioner, medical restrictions, temperature difference, compression air conditioner.

References

1. GOST 30494-2011.
2. D'Amato Maria, Molino Antonio, Calabrese Giovanna, Cecchi Lorenzo, Annesi-Maesano Isabella and D'Amato Gennaro (2018). The impact of cold on the respiratory tract and its consequences to respiratory health. *Clinical and Translational Allergy*.

3. Daviskas E, Gonda I, Anderson S.D. (1990). Mathematical modeling of heat and water transport in human respiratory tract. *J Appl Physiol.*, 69, 362 – 372.
4. Freed A.N, Davis M.S. (1999). Hyperventilation with dry air increases airway surface fluid osmolality in canine peripheral airways. *Am J Respir Crit Care Med.* 159, 1101 – 1107.
5. [<http://health-ua.com/article/67252-mukotcilarnij-klrens-zdorovya-dihalnih-shlyahv>].
6. Cole P, Forsyth R, Haight J.S. (1983). Effects of cold air and exercise on nasal T patency. *Ann Otol Rhinollaryngol.* 92, 96 – 98.
7. Millqvist E, Bengtsson U, Bake B. (1987). Occurrence of breathing problems induced by cold climate in asthmatics – a questionnaire survey. *Eur Respir J.* 71, 444 – 449.
8. Driessen J.M, van derPalen J, van Aalderen W.W, de Jongh F.H, Thio R.J. (2012). Inspiratory airflow limitation after exercise challenge in cold air in asthmatic children. *Respir Med.* 106 (10), 1362 – 1368.
9. Hyrkas H, Jaakkola M.S., Ikaheimo T.M, Hugg T.T, Jaakkola J.J.K. (2014). Asthma and allergic rhinitis increase respiratory symptoms in cold weather among young adults. *Res Med.* 108, 63 – 70.
10. Bousquet J, van Cauwenberge P, Khaltaev N, (2001). Aria Workshop Group, World Health Organization. Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J Allergy Clin Immunol.* 108, 147 – 334.
11. Larsson K, Tornling G, Gavhed D, Müller-Suur C, Palmberg L. (1998). Inhalation of cold air increases the number of inflammatory cells in the lungs in healthy subjects. *Eur Respir J.* 12, 825 – 830.
12. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1182400-74.#Text>.
13. <https://strojdvor.ru/kondicionirovanie/obslyujivanie/mozhno-li-zabolet-ot-konditsionera-v-pomeshchenii-i-kak-etogo-izbezhat/>
14. <https://WWWdriven.ru/journal/novosti/kakuyu-temperaturu-optimalnee-vsego-derzhat-v-salone-avtomobilya-id30137>
15. <https://economics.segodny.ua/economics/avto/kak-ne-prostuditsya-i-ne-zabolet-v-zharu-ot-konditsionera-v-avtomobile-728083.html>
16. <https://car.ru/news/autogramota/76638-kak-ne-prostuditsya-i-ne-zabolet-v-zharu-ot-konditsionera-v-mashine/>
17. <http://health-ua.com/article/67252-mukotcilarnij-klrens-zdorovya-dihalnih-shlyahv>
18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2233658/>
19. <https://timesofindia.indiatimes.com/life-style/health-fitness/health-news/alert-sudden-change-from-hot-to-cold-can-be-harmful-to-your-health/articleshow/69354918.cms>
20. Anatychuk L.I., Prybyla A.V. (2016). Comparative analysis of thermoelectric and compression heat pumps for individual air conditioners. *J. Thermoelectricity*, 2, 33 – 42.
21. Anatychuk L.I., Prybyla A.V., Korop M.M. (2016). Comparative analysis of thermoelectric and compression heat pumps for individual air conditioners at elevated ambient temperatures. *J. Thermoelectricity*, 5, 95 – 98.
22. Anatychuk L.I., Vykhov L.M, Kotsur M.P., Kobylanskyi R.R., Kadeniuk T.Ya. (2016). Optimal control of time dependence of cooling temperature in thermoelectric devices. *J. Thermoelectricity*, 5, 5 – 11.
23. Anatychuk L.I., Kobylanskyi R.R., Kadeniuk T.Ya. (2017). Computer simulation of local thermal effect on human skin. *J. Thermoelectricity*, 1, 69 – 79.

Submitted: 25.07.2023.