



Анатичук Л.І.

Анатичук Л.І. акад. НАН України^{1,2}

Кібак А.М.¹

¹Інститут термоелектрики НАН і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна;
e-mail: anatyck@gmail.com

²Чернівецький національний університет
ім. Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського 2,
Чернівці, 58000, Україна



Кібак А.М.

ІНДИВІДУАЛЬНІ КОНДИЦІОНЕРИ ДЛЯ ОДЯГУ ЛІКАРІВ

У роботі розглядаються можливості використання індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів. Їх застосування дозволить покращити температурні умови перебування медичного персоналу під час проведення довготривалих операцій. Для визначення найбільш раціональних варіантів використання даних кондиціонерів розроблено їх фізичні моделі, а також проаналізовані переваги та недоліки відомих варіантів індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів. Також у роботі розглянуто перспективи використання термоелектричних кондиціонерів. Бібл. 25, рис 6, табл. 1

Ключові слова: кондиціонер для одягу, термоелектричний кондиціонер, теплові умови, фазовий перехід, одяг для лікарів.

Вступ

Загальна характеристика проблеми. В останні роки широко проводяться роботи по дослідженню індивідуальних кондиціонерів для людини. Так у роботі [1] було здійснено їх класифікацію за способом кондиціонування та призначенням. У результаті цієї класифікації було знайдено майже 20 нових конструктивних можливостей кондиціонерів, які можуть бути корисними при розробці варіантів кондиціонерів як масового, так і спеціального призначення. Із запропонованої класифікація, в залежності від сфер застосування, особливо перспективними були визначені індивідуальні кондиціонери для лікарів. При цьому у роботі не було здійснено їх детального вивчення.

Із розвитком медичних технологій все більшого поширення набувають сучасні методики проведення операцій без виконання розрізів (рентгенохірургія, ангіографія, лапароскопія і т.д.). [2]. Водночас все частіше хірурги, медсестри та технологи, що працюють із рентгеновськими методами контролю операції, зазнають небезпеки пов'язаної із опроміненням. Для захисту від радіації медичний персонал використовує спеціальний радіаційно-захисний одяг [3]. При тривалому використанні такого одягу виникає проблема, яка полягає у тому, що через відсутність вентиляції між тілом та одягом відбувається значний перегрів тіла, що призводить до підвищення втомлюваності та неможливості виконувати поставлену роботу [4].

Для вирішення вказаної проблеми використовують індивідуальні кондиціонери. У роботах [5 – 7] розглядаються різні варіанти здійснення кондиціонування в залежності від типу охолодження

чи різних конструктивних особливостей. Найбільш поширеними варіантами забезпечення кондиціонування для медичного персоналу є використання фазового переходу та оточуючого повітря, на основі яких розроблені реальні кондиціонери [8]. Також перспективним є використання варіанту кондиціонування із використанням термоелектричних перетворювачів. Це пов'язано із наявністю у таких перетворювачів низки переваг, а саме: висока надійність, можливість забезпечення і охолодження і нагріву, відсутність шкідливих холодоагентів, низька вартість технічного обслуговування, можливість регулювання температури у широкому діапазоні [9]. Але при усіх цих перевагах, такий варіант кондиціонування не має реального застосування.

Аналіз літератури. На сьогодні проблема кондиціонування одягу вирішується різними методами. Зокрема відомі методи засновані на використанні речовин із високою теплоємністю; на фазовому переході рідини (випаровування води); на використанні оточуючого повітря та на охолодженні і нагріванні завдяки термоелектричним ефектам.

У [4] наведено проект, метою якого була розробка охолоджувального жилету з використанням матеріалу із фазовими переходами для підвищення теплового комфорту хірурга. Даний кондиціонер забезпечував деяке покращення температурних умов, проте усі результати ґрунтувалися лише на суб'єктивних оцінках досліджуваних медичних працівників. Крім того, конструкція такого жилету була недосконалою у зв'язку із низькою ефективністю охолодження та потребою у постійній заміні охолоджуваних елементів.

У роботі [5] були запропоновані конструкції радіаційно-захисного одягу в яких більш детально описано вирішення проблеми саме рівня захисту від радіації, а не ефективності охолодження. Тому виникає необхідність у подальшому дослідженні цього питання.

У [10] описано одяг з охолодженням для лікарів, що базується на поглинанні теплової енергії внаслідок фазового переходу речовини. Такий одяг розробляється у вигляді жилетів з каналами, що заповнені спеціальною рідиною (вода, гель тощо). Охолодження в такому випадку здійснюється шляхом випаровування рідини через спеціальну пористу зовнішню поверхню кондиціонера.

У [11] використано метод охолодження організму шляхом його обдуву навколишнім повітрям. Такий кондиціонер виготовляється у вигляді комбінезону з каналами для проходження повітря, яке нагнітається в одяг електричним вентилятором.

У [12 – 14] розглянуто можливість використання термоелектричних кондиціонерів для одягу. У більшості випадках такі кондиціонери являють собою розміщені у одязі (чи у спеціальних пристроях, які кріпляться до одягу) модулі Пельтьє, що здійснюють охолодження або нагрів одягу залежно від напрямку електричного струму.

Всі перераховані варіанти індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів мають свої переваги та недоліки. Тому важливо розглянути відомі методи здійснення кондиціонування одягу лікарів та визначити найбільш перспективні із них.

Мета пропонованої роботи – визначення найбільш раціональних варіантів відомих індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів та дослідження можливості використання термоелектричних кондиціонерів.

Відомі варіанти індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів

Найбільш визначальною ознакою, що відрізняє індивідуальні кондиціонери один від одного, є тип джерел тепла або холоду. Від них у першу чергу залежить ефективність функціонування кондиціонерів. Серед основних варіантів виділяють наступні: використання *акумуляторів тепла та холоду (із наявністю фазових переходів речовин)*; використання *навколишнього повітря (із наявністю*

електричних вентиляторів); використання електричного нагрівника; використання каталітичного нагрівника; використання компресійного теплового насоса та використання термоелектричного теплового насоса. Також є можливість поєднання вищезгаданих джерел тепла та холоду [1].

На сьогодні існує ряд компаній, які розробляють індивідуальні кондиціонери для одягу лікарів. В основному такі кондиціонери використовують три типи охолодження: використання акумуляторів тепла та холоду; використання навколишнього повітря та використання рідинного способу охолодження у поєднанні із тепловим насосом.

Для визначення найбільш раціональних варіантів індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів розглянемо їх реальні впровадження та проведемо порівняльний аналіз їх основних параметрів.

Японська компанія Kuchofuku Co. Ltd розробляє охолоджуючий одяг, в основі роботи якого лежить інтенсифікація теплообміну повітряними вентиляторами. Основний продукт – це сорочка із кондиціонером. Використання такої сорочки дає можливість протягом тривалого часу забезпечити комфортні умови для медичного персоналу, оскільки вентилятори підключені до літій-іонного акумуляторного блоку, який може працювати до 24 годин при одній зарядці, в залежності від режиму охолодження [15]. Фізичну модель такого одягу зображено на рис. 1.

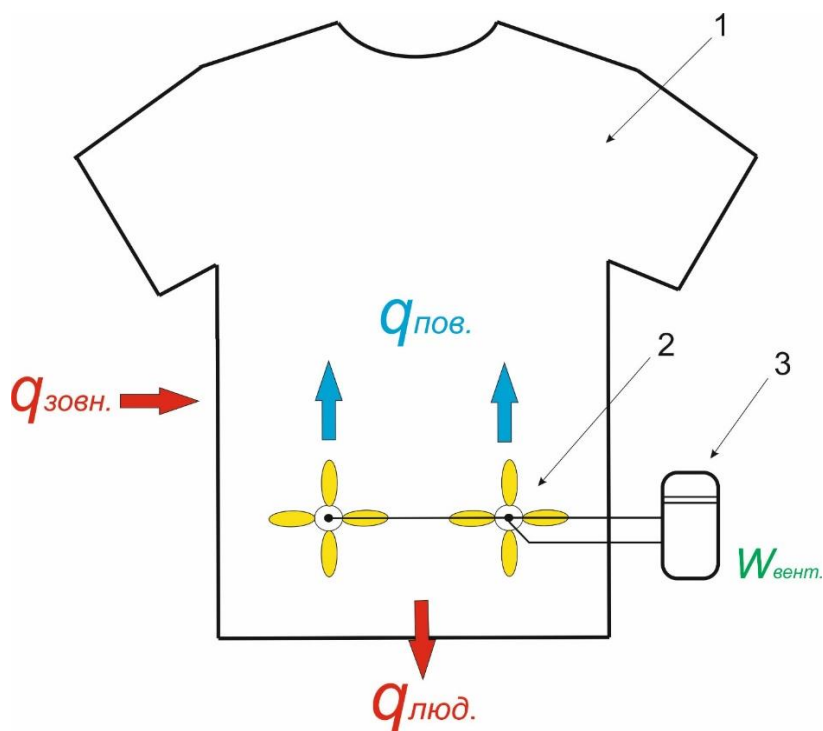


Рис. 1. Фізична модель кондиціонера для одягу
із використанням оточуючого повітря (вентиляторів):

- 1 – кондиціонований одяг;
- 2 – система електрично зв'язаних вентиляторів;
- 3 – джерело живлення.

де $q_{\text{люд}}$ – потужність тепловиділення з тіла людини; $q_{\text{зовн.}}$ – потужність тепловиділення із навколишнього середовища; $q_{\text{пов.}}$ – тепла потужність, що відводиться у навколишнє середовище; $W_{\text{вент.}}$ – потужність вентиляторів.

Відомі зразки спеціального одягу для лікарів, що розроблені американською компанією Coolshirt Systems. Її продукція – жилети, які приєднанні до спеціальних охолоджувальних систем.

Далі ці системи подають воду з регульованою температурою в жилет для створення оптимальних температурних умов [16]. Така продукція ідеально підходить для хірургів та медичного персоналу під час роботи у будь-якій операційній.

Подібним чином розроблена і продукція американської компанії Polar Products. Спеціальна система для охолодження хірурга складається із охолоджуючого жилета в який приєднано понад 15 метрів тонких трубок, по яким проходить потік охолоджуючої води. Також до системи входять водонепроникний резервуар для охолодження, спеціальні муфти та ізольовані водопровідні трубки. Для зручності при транспортуванні резервуару використовують колісний візок [17]. Фізична модель таких варіантів індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів зображена на рис. 2.

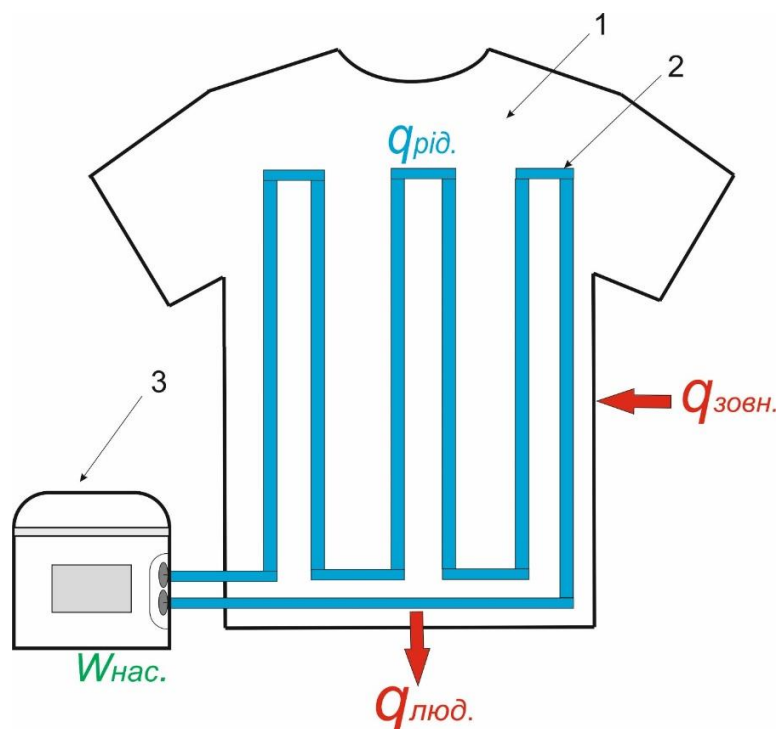


Рис. 2. Фізична модель кондиціонера для одягу
із використанням системи циркулюючої рідини:

- 1 – кондиціонований одяг;
- 2 – система із трубок по яким циркулює охолоджена рідина;
- 3 – охолоджуючий резервуар із насосом.

де $q_{\text{люд}}$ – потужність тепловиділення з тіла людини; $q_{\text{зовн.}}$ – потужність тепловиділення із навколишнього середовища; $q_{\text{рід.}}$ – теплова потужність, що відводиться у навколишнє середовище; $W_{\text{нас.}}$ – потужність насоса.

Найбільш поширеним типом охолодження є використання фазового переходу речовини (рис. 3). Такий спосіб використовують наступні компанії: німецька компанія E.COOLINE [18], американська компанія TechNiche [19], нідерландська компанія INUTEQ B.V [20] та американська компанія StacoolVEST [21]. Хоча продукція таких компаній і має однаковий тип охолодження, але параметри кондиціонерів можуть досить відрізнятися. Насамперед це залежить від робочої речовини, яку будуть використовувати кондиціонери, а також від особливостей конструкцій.

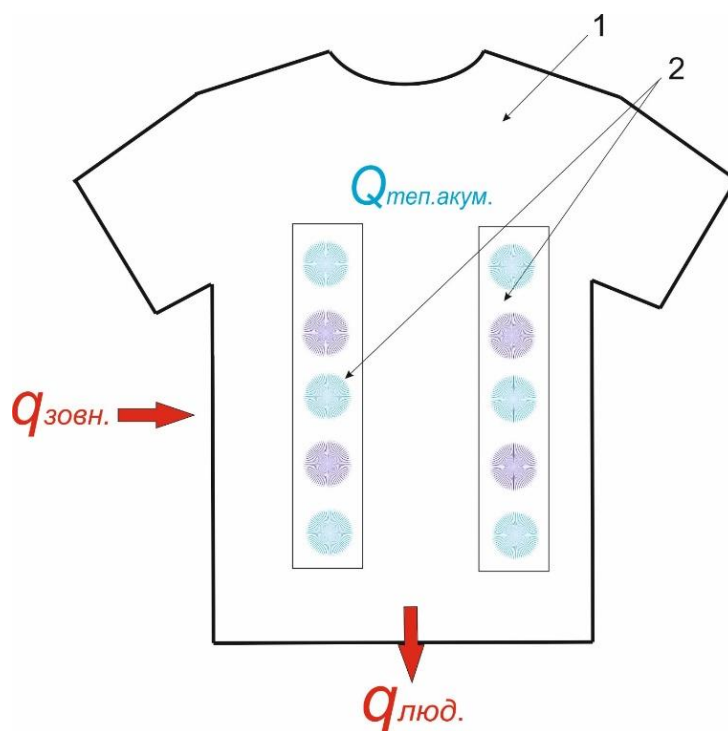


Рис. 3. Фізична модель кондиціонера для одягу із використанням фазового переходу (режим охолодження): 1 – кондиціонований одяг; 2 – охолоджуючі пакети із робочою речовиною (тепловий акумулятор).

На рис. 3: $q_{\text{люд}}$ – потужність тепловиділення з тіла людини; $q_{\text{зовн.}}$ – потужність тепловиділення із навколишнього середовища; $Q_{\text{теп.акум.}}$ – кількість теплоти, яку поглинає робоча речовина (тепловий акумулятор).

На основі продукції розглянутих компаній було створено таблицю 1, яка містить основні параметри індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів. Як видно, параметри різних кондиціонерів можуть змінюватися як у широких межах, так і в незначному діапазоні. Один із основних параметрів – температура охолодження, в усіх представлених варіантах майже однакова. Тобто, кожний кондиціонер може забезпечити охолодження приблизно на 10 °С, що є достатнім показником. Незважаючи на це, є суттєва різниця у масі, тривалості роботи та вартості кондиціонерів.

Варіанти продукції *Coolshirt Systems* та *Polar Products* є найдорожчими, але при цьому вони можуть забезпечувати безперервне охолодження, оскільки дозволяють працювати безпосередньо від розетки. При необхідності є можливість і автономної роботи від акумуляторів із часом роботи близько 6 годин. При цьому маса таких кондиціонерів не є найбільшою, навіть із врахуванням трубок, які розміщені по площі одягу. Варіант кондиціонера компанії *Kuchofuku Co. Ltd* є найбільш раціональним вибором при врахуванні вартості та маси, оскільки ці показники є найменшими у порівнянні із іншими. Водночас і час роботи таких кондиціонерів також є одним із найвищих серед розглянутих.

Широка група кондиціонерів, які використовують охолодження на основі фазових переходів, може конкурувати із іншими варіантами насамперед за рахунок вартості та маси, а також завдяки простоті та надійності самої конструкції. Один із вагомих недоліків – це час роботи, який сильно залежить від умов навколишнього середовища (температури, вологості).

Таблиця 1

Параметри індивідуальних кондиціонерів для одягу лікарів

№	Компанії, які розробляють кондиціонери	Тип охолодження	Частина тіла, яка охолоджується	Час роботи (год)	Маса (кг)	Температура охолодження (°C)	Робочий діапазон (°C)	Електричні компоненти	Ціна (\$)
1	Kuchofuku Co. Ltd (Японія) [15]	Кондиціонування із використанням оточуючого повітря (із наявністю вентиляторів).	Тулуб	8-24	0.5	5-10	15-35	Акумулятор (6500 мА)	200
2	INUTEQ B. V. (Нідерланди) [20]	Рідинне охолодження (робоча речовина – вода).	Тулуб	8-48	0.7	5-10	20-25	-	150
3	E.COOLIN E (Німеччина) [18]	Охолодження випаровуванням.	Тулуб	2-24	1	До 12	24-32	-	150-200
4	Polar Products (США) [17]	Рідинне охолодження із використанням насосу.	Живіт, груди, спина	від 6	1	5-10	15-30	Блок живлення (12 В і 3 А)	1000
5	TechNiche (США) [19]	Охолодження на основі фазового переходу.	Тулуб	2-3	1-1.5	До 10	Від 14	-	400
6	COOLSHIRT SYSTEMS (США) [16]	Рідинне охолодження із використанням насосу.	Тулуб	від 6	1.5-2	5-8	18-32	Насос 2A/12B	1500
7	StacoolVEST (США) [21]	Охолодження на основі фазового переходу.	Тулуб	1-3	2-2.5	5-10	20-30	-	190

Термоелектричні кондиціонери для одягу лікарів

Як зазначалося вище, термоелектричні кондиціонери для одягу лікарів не мають реального використання на практиці. Водночас ведуться роботи, які направлені на можливість виготовлення різних конструктивних варіантів таких кондиціонерів. Із проведеного аналізу літератури слідує, що переважно розглядаються лише три можливих варіанти термоелектричних кондиціонерів для одягу лікарів. Усі вони відрізняються розміщенням термоелектричних перетворювачів – у спеціальному рюкзаку поза одягом, по всій поверхні одягу та у пристрої, який діє лише на відповідну ділянку тіла людини. Для подальшого визначення переваг та недоліків кожного із варіантів розглянемо їх більш детально на основі відомих робіт.

Варіант А

Розміщення термоелектричних перетворювачів у спеціальному рюкзаку поза одягом вивчалось у роботі [22]. Кондиціонер відноситься до хірургічного костюма, який забезпечує високу ступінь охолодження та стерильності. Він включає капюшон і жилет, які вільно прикріплені до голови та тіла користувача відповідно. Капюшон має великий козирок, через який користувач може вільно бачити. Корпус розміщений над головою користувача та під капюшоном. При цьому він несе значну частину ваги витяжки і підтримується над головою користувача за допомогою вертикально висунутих опорних стрижнів, які з'єднані з рюкзаком. У корпусі розміщений вентилятор, а також термоелектричний модуль. Витяжний вентилятор входить до складу рюкзака і змушує повітря всмоктуватися через фільтр, а потім протікати повз обличчя користувача. Вентилятор у рюкзаку призводить до того, що повітря втягується вниз навколо верхньої частини тіла користувача та виводить його із жилета через спеціальний фільтр.

Такий кондиціонер є досить складним у реалізації. При цьому його недоречно використовувати разом із радіаційно-захисним одягом. По-перше, він досить габаритний, що є вагомим недоліком, оскільки це додаткове навантаження на хірурга, який і так носить на собі важкий радіаційно-захисний одяг. По друге, охолодження у даному варіанті відбувається ззовні користувача, що є неефективним для тулуба, який знаходиться під одягом. Останню проблему вирішують постачанням охолодженого повітря із рюкзака безпосередньо під одяг, використовуючи при цьому систему спеціальних каналів. Але водночас потрібно розуміти складність такої конструкції у реалізації.

Варіант Б

Наступна можливість реалізації термоелектричного кондиціонера для одягу лікарів – використання термоелектричних перетворювачів, які розміщені безпосередньо в одязі. Фізична модель такого варіанта зображена на рис. 4.

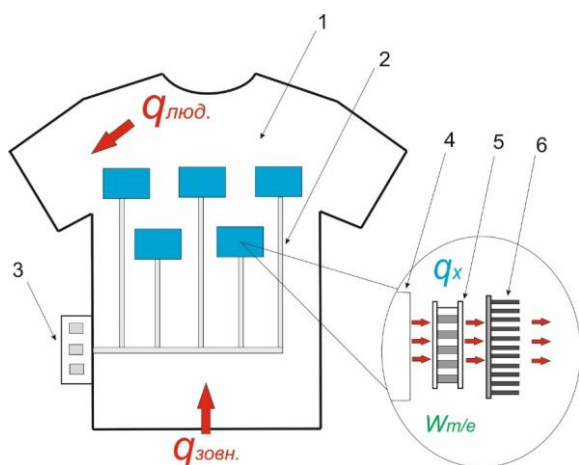


Рис. 4. Фізична модель кондиціонера для одягу із використанням термоелектричних модулів, які розміщені по площі кондиціонованого одягу. (режим охолодження):
1 – кондиціонований одяг; 2 – електричні з'єднання;
3 – джерело живлення; 4 – елемент для забезпечення теплового контакту; 5 – термоелектричний модуль;
6 – повітряний теплообмінник.

де $q_{\text{люд}}$ – потужність тепловиділення з тіла людини; $q_{\text{зовн.}}$ – потужність тепловиділення із навколишнього середовища; q_x – тепла потужність, що поглинається на холодній стороні термоелектричного перетворювача; $W_{m/e}$ – потужність, яка подається на термоелектричний модуль.

Система охолодження містить декілька термоелектричних модулів, які розміщені в необхідній для користувача зоні. Далі вони електрично з'єднані із джерелом живлення постійним струмом. Холодною стороною термоелектричний модуль з'єднаний із елементом для забезпечення теплового контакту, а гарячою – до повітряного теплообмінника із метою розсіювання непотрібного тепла у навколишнє середовище.

Недолік такого варіанта кондиціонування насамперед пов'язаний із відводом зайвого тепла, оскільки для високої ефективності охолодження передбачається використання термоелектричного кондиціонера під радіаційно-захисним одягом. У такому випадку непотрібне тепло із гарячої поверхні модуля не буде розсіюватися у навколишнє середовище, що негативно вплине на загальний ефект охолодження. При цьому використання термоелектричного кондиціонера поверх радіаційно-захисного одягу також втратить у ефективності охолодження. Недоцільно змінювати і конструкцію самого радіаційно-захисного одягу. Наприклад, якщо зробити зайві отвори у такому одязі, то можна вирішити проблему із відводом зайвого тепла. Але слід розуміти, що цим понизиться здатність такого одягу виконувати свої основні функції, а саме захист медичного персоналу від радіації.

Варіант В

Третій варіант термоелектричного кондиціонування – створення спеціального кондиціонера, який буде охолоджувати лише відповідну ділянку тіла людини. Насамперед під цим розуміється кондиціонування голови або шиї.

На рис. 5 та рис. 6 зображено фізичні моделі термоелектричного пристрою для охолодження шиї та голови людини відповідно. Де $q_{\text{люд}}$ – потужність тепловиділення з тіла людини; $q_{\text{зовн.}}$ – потужність тепловиділення із навколишнього середовища; q_x – тепла потужність, що поглинається на холодній стороні термоелектричного перетворювача; $W_{m/e}$ – потужність, яка подається на термоелектричний модуль.

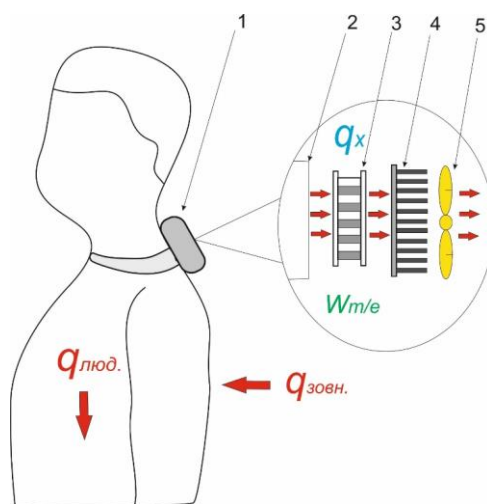


Рис. 5. Фізична модель кондиціонера для одягу із використанням термоелектричного пристрою із спрямованою дією на область шиї (режим охолодження):

- 1 – термоелектричний пристрій; 2 – елемент для забезпечення теплового контакту;
3 – термоелектричний модуль; 4 – повітряний теплообмінник; 5 – вентилятор.

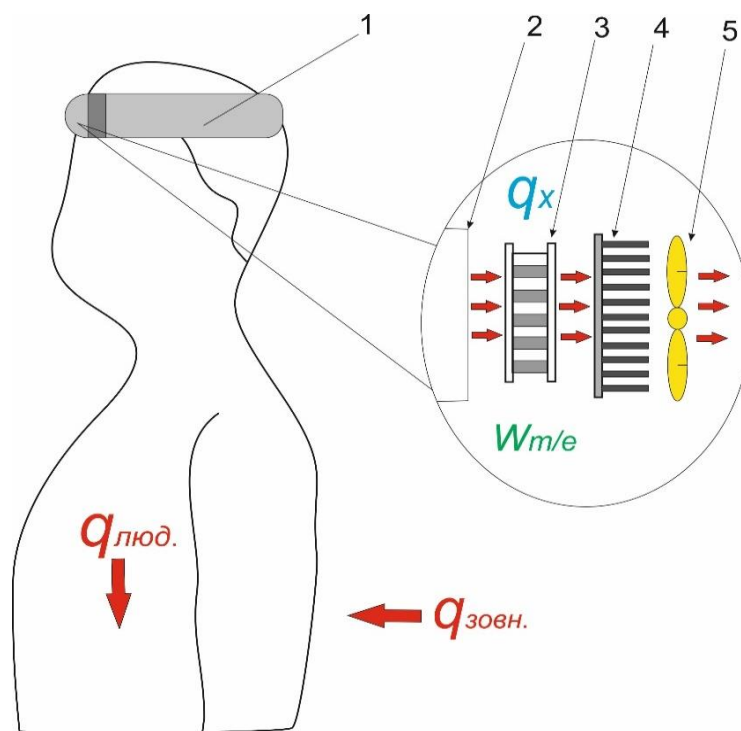


Рис. 6. Фізична модель кондиціонера для одягу із використанням термоелектричного пристрою із спрямованою дією на область голови (режим охолодження):
1 – термоелектричний пристрій; 2 – елемент для забезпечення теплового контакту; 3 – термоелектричний модуль; 4 – повітряний теплообмінник; 5 – вентилятор.

Термоелектричний пристрій складається із елемента для розсіювання тепла, який облягає шию користувача. Термоелектричний модуль, що працює при низькому струмі та напрузі, однією стороною термічно з'єднаний із задньою поверхнею елемента, а іншою – із повітряним теплообмінником. Наявність вентилятора дозволяє ефективно розсіювати тепло у навколишнє середовище. Для живлення термоелектричного модуля можна використовувати акумулятор.

У роботі [23] вивчався термоелектричний пристрій, який відповідає даному варіанту. Винахід представляє собою автономний пристрій, який може відповідати розміру шиї або лоба користувача (або іншої частини тіла) для забезпечення охолодження або нагріву. Пристрій працює в сухому стані, тобто без необхідності застосування будь-якої зовнішньої охолоджуючої рідини. Він включає елемент для забезпечення теплового контакту, що поглинає або розсіює тепло. Поверхня цього елемента спрямована на користувача і притискається до відповідної області тіла людини. Термоелектричний модуль Пельтьє перебуває у тепловому контакті із поверхнею цього елемента. Пристрій переважно включає джерело живлення від акумулятора низької напруги, вентилятор та відповідні електронні схеми, а також забезпечує регулювання температури на елементі, що поглинає / розсіює тепло для вибору режиму роботи. Також наявний повітряний теплообмінник, який дозволяє ефективно розсіювати непотрібне тепло. Пристрій працює при низькій напрузі та малому струмі, проте досягає досить ефективної роботи. Електронні схеми, які розміщені у цьому винаході, контролюють точний ступінь нагріву або охолодження та вносять компенсаційні зміни, якщо це необхідно, у джерелі живлення для

досягнення вибраної користувачем температури. У режимі охолодження термоелектричний пристрій буде відводити тепло, таким чином охолоджуючи користувача. Вентилятор відводить тепловий потік від повітряного теплообмінника, що, в свою чергу, призводить до більшого охолодження поверненої до користувача поверхні. У результаті досягається ефективне охолодження відповідної області тіла людини.

Ще один варіант охолодження голови вивчався у роботі [24]. Винахід відноситься до нової та корисної системи індивідуального захисту, наприклад типу системи, яка використовується для забезпечення стерильного бар'єру між медичним персоналом та пацієнтом. При цьому система може працювати у режимі охолодження, яке реалізується завдяки використанню охолоджуючої смужки, розміщеної у головному уборі. Така смужка включає у собі термоелектричні модулі Пельтьє, які прикріплені до гнучкої стрічки. Також наявні провідники, які вбудовані у гнучку стрічку, по яким подається струм до термоелектричних модулів. Наявність двох датчиків дозволяє контролювати температури поверхонь модулів. Використання радіаторів та вентиляторів забезпечує більшу ефективність охолодження. Живлення модулів та вентиляторів відбувається завдяки акумулятору. При необхідності охолоджуюча смужка може бути розміщена не лише у головному уборі, а також в інших можливих варіантах одягу.

У роботі [25] розглядається персональний пристрій регулювання тепла. Даний винахід має багато аспектів застосування. Він може бути окремим пристроєм або інтегрованим в аксесуар. Одним із варіантів його використання є охолодження голови людини. Пристрій виконаний у вигляді шолому і містить термоелектричні модулі, які прикріплені до голови користувача завдяки еластичній стрічці. Водночас охолоджуючі поверхні модулів спрямовані до голови користувача, а нагрівальні – від голови. Теплові трубки термічно з'єднані із гарячою стороною модулів на одному кінці, а із тепловідводом на іншому. Вони забезпечують передачу тепла від одного місця до іншого із мінімальними втратами. Конструкція пристрою передбачає і місце для розміщення одного або декількох джерел живлення. Струм подається на термоелектричні модулі через електричні провідники, які можуть проходити такий самий шлях, що і теплові трубки.

Використання в якості термоелектричного охолодження варіанта В дозволяє вирішити проблеми, які виникали у попередніх двох варіантах. При цьому ефективність охолодження буде меншою, але все ж достатньою для забезпечення оптимальних умов перебування медичного персоналу.

Загалом розробка термоелектричного кондиціонера для одягу лікарів є досить перспективною. Усі розглянуті у роботі варіанти таких кондиціонерів мають свої переваги та недоліки. Для охолодження медичного персоналу, який використовує радіаційно-захисний одяг, найбільш доречним є вибір термоелектричного кондиціонера для одягу із кондиціонуванням лише певної ділянки тіла людини. Водночас вирішення деяких описаних недоліків варіантів А та Б дозволить отримати кондиціонери, які будуть на рівні із відомими індивідуальними кондиціонерами, або навіть переважати їх.

Висновки

1. Використання кондиціонерів із рідинним охолодженням є найбільш раціональним при розробці автономної та ефективної системи кондиціонування, яка може бути використана для медичного персоналу у будь-якій операційній. Це досягається завдяки безперервному часу роботи та низькій температурі охолодження. Водночас їх ціна є вищою за інші розглянуті варіанти. Тому

раціональним є і використання кондиціонерів на основі фазових переходів та кондиціонерів із повітряним типом охолодження, які менш ефективні у кондиціонуванні, але виграють у ціні.

2. Серед термоелектричних кондиціонерів для одягу лікарів найбільш доцільним з позиції загальної ефективності є варіант В. Такий кондиціонер дозволяє вирішити недоліки пов'язані із масою та відводом зайвого тепла від гарячої сторони термоелектричного модуля.
3. Доцільним є і дослідження термоелектричних кондиціонерів, які представлені варіантами А та Б. На сьогодні їх ефективність не є достатньо високою, але вирішення вказаних проблем дозволить таким кондиціонерам конкурувати із іншими індивідуальними кондиціонерами, або навіть переважати їх.

Література

1. Прибила А.В. Фізичні моделі індивідуальних кондиціонерів для людини (частина перша) // Термоелектрика – №1. – 2016. – С. 16 – 40.
2. <https://www.tokb.ru/novosti/rentgenokhirurgiya-operatsii-bez-skalpelya-i-narkoza-vozvrashchayut-zdorove-vzroslym-i-detyam/>
3. <https://ukrvet.ua/ua/dlya-chego-nuzhna-rentgenozashchitnaya-odezhda/>
4. Thomas Lango, Ragnhild Nesbakken, Hilde Farevik, Kristine Holbo, Jarl Reitan, Yunus Yavuz, Ronald Mervik. Cooling vest for improving surgeons' thermal comfort: A multidisciplinary design project. // *Minimally Invasive Therapy*. - 2009; 18:1; 1–10.
5. Pat. US8710477B1. Radiation protective garment with forced ventilation and method. / Robert L. Marchione. – 2011.
6. Pat. US6349412B1. Medical cooling vest and system employing the same. / W. Clark Dean. – 2000.
7. Pat. US20070079829A1. Medical garment ventilation system. / Derek Duke. – 2005.
8. https://www.amazon.com/s?k=COMPCOOLER&ref=bl_dp_s_web_19826386011
9. Pat. US20170027053A1. Thermoelectric device cooling system. / Joshua E. Moczygemba. – 2016.
10. Pat. US10842205B2. Apparel thermo-regulatory system. / Hoon Joo Lee, Matthew D. Nordstrom. – 2017.
11. Pat. US 20060191270 A1. Air conditioning system for a garment / Ray Warren. - Pub. Date: Aug, 31, 2006.
12. Pat. US 2002/0156509 A1. Thermal control suit / John A. Baker. - Pub. Date: Oct. 24, 2002.
13. Pat. US 2010/0107657 A1. Apparel with heating and cooling capabilities / Kranthi K. Vistakula. - Pub. Date: May. 6, 2010.
14. <http://dhamainnovations.com/>
15. <https://www.japanrendshop.com/kuchofuku-airconditioned-cooling-work-shirt-p-1202.html>
16. <https://coolshirt.com/>
17. <https://www.polarproducts.com/polarshop/pc/home.asp>
18. <https://www.e-cooline.com/>
19. <https://www.techniche-intl.com/products/>
20. <https://inuteq.com/>
21. <https://stacoolvest.com/>
22. Pat. US5655374A. Surgical suit / Albert N. Santilli Jeffrey M. Kalman Richard O. McCarthy. – 1996.
23. Pat. US6125636A. Thermo-voltaic personal cooling/heating device / Charles E. Taylor Shek Fai Lau. – 1999.

24. Pat. WO2017053232. Personal protection system with a cooling strip / Bryan Ulmer, Brian Vanderwoude, Beau Kidman, David Goldenberg. – 2017.
25. Pat. US8087254B2. Personal heat control device and method / Anthony Peter Arnold. – 2005.

Надійшла до редакції 15.02.2021

Анатичук Л.І., акад. НАН України^{1,2}
Кібак А.М.¹

¹Інститут термоелектричества НАН і МОН України,
ул. Науки, 1, Черновці, 58029, Україна;
e-mail: anatyck@gmail.com

²Черновицький національний університет
ім. Юрія Федьковича, ул. Коцюбинського 2,
Черновці, 58000, Україна

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ ДЛЯ ОДЕЖДЫ ВРАЧЕЙ

В работе рассматриваются возможности использования индивидуальных кондиционеров для одежды врачей. Их использование поможет улучшить температурные условия пребывания медицинского персонала в лечебных учреждениях во время проведения длительных операций. Для определения наиболее рациональных вариантов использования данных кондиционеров разработаны их физические модели, а также проанализированы преимущества и недостатки известных вариантов индивидуальных кондиционеров для одежды врачей. Также в работе рассмотрены перспективы использования термоэлектрических кондиционеров. Библ. 25, рис 6, табл. 1

Ключевые слова: кондиционер для одежды, термоэлектрический кондиционер, тепловые условия, фазовый переход, одежда для врачей.

Anatychuk L.I., academician of the NAS of Ukraine^{1,2}
Kibak A.M.¹

¹Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine,
1 Nauky str., Chernivtsi, 58029, Ukraine
e-mail: anatych@gmail.com

²Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
2 Kotsiubynskyi str., Chernivtsi, 58012, Ukraine

INDIVIDUAL AIR-CONDITIONERS FOR DOCTORS' CLOTHES

The paper discusses the possibility of using individual conditioners for doctors' clothes. Their use will improve the temperature conditions for the stay of medical personnel during long-term operations. To determine the most rational options for using these air conditioners, their physical models have been developed, and the advantages and disadvantages of the known options for individual conditioners for doctors' clothes have been analyzed. The paper also considers the prospects for the use of thermoelectric air conditioners.

Key words: air-conditioner for clothes, thermoelectric air-conditioner, thermal conditions, phase transition, doctor's clothes.

References

1. Prybyla A.V. (2016). Physical models of individual air-conditioners (part one). *J. Thermoelectricity*, 1, 16 – 40.
2. <https://www.tokb.ru/novosti/rentgenokhirurgiya-operatsii-bez-skalpelya-i-narkoza-vozvrashchayut-zdorove-vzroslym-i-detyam/>
3. <https://ukrvet.ua/ua/dlya-chego-nuzhna-rentgenozashchitnaya-odezhda/>
4. Lango Thomas, Nesbakken Ragnhild, Farevik Hilde, Holbo Kristine, Reitan Jarl, Yavuz Yunus, Mervik Ronald (2009). Cooling vest for improving surgeons' thermal comfort: A multidisciplinary design project. *Minimally Invasive Therapy*, 18:1, 1–10.
5. *Pat. US8710477B1* (2011). Robert L. Marchione. Radiation protective garment with forced ventilation and method.
6. *Pat. US6349412B1* (2000). W. Clark Dean. Medical cooling vest and system employing the same.
7. *Pat. US20070079829A1* (2005). Derek Duke. Medical garment ventilation system.
8. https://www.amazon.com/s?k=COMPCOOLER&ref=bl_dp_s_web_19826386011
9. *Pat. US20170027053A1* (2016). Joshua E. Moczygemba. Thermoelectric device cooling system.
10. *Pat. US10842205B2* (2017). Hoon Joo Lee, Matthew D. Nordstrom. Apparel thermo-regulatory system.
11. *Pat. US 20060191270 A1* (2006). Ray Warren. Air conditioning system for a garment.
12. *Pat. US 2002/0156509 A1* (2002). John A. Baker. Thermal control suit.
13. *Pat. US 2010/0107657 A1* (2010). Kranthi K. Vistakula. Apparel with heating and cooling capabilities.
14. <http://dhamainnovations.com/>
15. <https://www.japantrendshop.com/kuchofuku-airconditioned-cooling-work-shirt-p-1202.html>
16. <https://coolshirt.com/>

17. <https://www.polarproducts.com/polarshop/pc/home.asp>
18. <https://www.e-cooline.com/>
19. <https://www.techniche-intl.com/products/>
20. <https://inuteq.com/>
21. <https://stacoolvest.com/>
22. *Pat. US5655374A* (1996). Albert N. Santilli Jeffrey M. Kalman Richard O. McCarthy. Surgical suit.
23. *Pat. US6125636A* (1999). Charles E. Taylor Shek Fai Lau. Thermo-voltaic personal cooling/heating device.
24. *Pat. WO2017053232* (2017). Bryan Ulmer, Brian Vanderwoude, Beau Kidman, David Goldenberg. Personal protection system with a cooling strip.
25. *Pat. US8087254B2* (2005). Anthony Peter Arnold. Personal heat control device and method.

Submitted 15.02.2021