



Прибила А.В.

Прибила А.В.

<sup>1</sup>Інститут термоелектрики, вул. Науки, 1,  
Чернівці, 58029, Україна;

## ФІЗИЧНІ МОДЕЛІ ІНДИВІДУАЛЬНИХ КОНДИЦІОНЕРІВ ДЛЯ ЛЮДИНИ (частина перша)

*В роботі розглядаються перспективи використання індивідуальних кондиціонерів для людини, якими може бути здійснена економія енергетичних ресурсів, зменшення термічного забруднення навколишнього середовища та покращення умов проживання людини. З метою визначення можливостей розробки раціональних варіантів кондиціонерів здійснено їх класифікацію за способом кондиціонування та призначенням. У результаті класифікації знайдено майже 20 нових конструктивних можливостей кондиціонерів може бути корисним при розробці варіантів кондиціонерів як масового, так і спеціального призначення. З аналізу цих можливостей випливає перспективність використання термоелектричного охолодження або нагріву у індивідуальних кондиціонерах для людини. Розглянуто ці використання як перспективний засіб масового застосування термоелектрики.*

**Ключові слова:** тепловий насос, термоелектрика, кондиціонер, фізична модель.

*This paper is focused on the prospects of using personal air-conditioners that are capable of saving energy resources, reducing environment thermal pollution and improving living standards. With a view to determine possible development of rational variants of air-conditioners, they have been classified according to the method and purpose of air-conditioning. From the classification more than 20 new design opportunities of air-conditioners have been found. They can be useful in the development of mass and special-purpose air-conditioners. From the analysis of these opportunities follows the promising outlook for the use of thermoelectric cooling or heating in personal air-conditioners. Such applications are defined as a promising way of wide use of thermoelectricity.*

**Key words:** heat pump, thermoelectricity, air conditioning, physical model.

### Вступ

*Загальна характеристика проблеми.* Загальновідомою є тенденція до економії енергоресурсів для покращення екологічного стану на Землі, зокрема, зменшення її термального забруднення. Один із важливих напрямків такої економії – зменшення енергетичних затрат на створення комфортних умов життєдіяльності людини [1]. Значними є витрати електричної енергії для кондиціонування житла, місць роботи та громадського використання (кінотеатри, театральні зали, місця колективного харчування та ін.). Енергетичні потреби на кондиціонування, особливо в критичних погодних умовах (літній період), настільки великі, що потужність наявних електричних мереж іноді не може їх забезпечити. Загальні витрати на кондиціонування в останні десятиліття досягли  $\approx 800 \cdot 10^9$  кВт·год. у рік і за прогнозами до 2100 року вони зростуть у 30 разів [2]. Разом з тим, немає необхідності у кондиціонуванні великих об'ємів житла, промислових підприємств. Насправді, для створення таких умов досить здійснити кондиціонування самої людини, що дає можливість у десятки і сотні разів зменшити енергетичні затрати.

Більше того, як показують медичні дослідження, у багатьох випадках не потрібно кондиціонувати весь корпус людини. Для забезпечення комфортних умов досить вплинути теплом або холодом на певні ділянки організму [4], наприклад, на голову в умовах перегріву або на кінцівки в умовах переохолодження. Крім того, можна чекати, що використання кондиціонованого одягу призведе до істотного зниження застудних захворювань, а створення відповідних температурних умов перебування людини має дати і лікувальний ефект при різних запальних процесах, хронічних захворюваннях суглобів та інших органів людського організму.

Індивідуальне кондиціонування ефективне не тільки для економії електричної енергії при підвищених температурах навколишнього середовища, а й в умовах його понижених температур. Такі кондиціонери можуть знизити вимоги до температурних умов перебування людини. За оцінками використання індивідуальних кондиціонерів у режимі нагріву можна зекономити  $4 \cdot 10^{12}$  кВт·год теплової енергії в рік (від світового рівня споживання енергії на опалення в рік  $40 \cdot 10^{12}$  кВт·год) [3], що відповідатиме зниженню споживання енергоресурсів орієнтовно на 10 %.

Наявність індивідуальних кондиціонерів дає можливість покращити і в цілому якість життя людей. Це зумовлено можливостями таких кондиціонерів підтримувати комфортні умови зі зміною зовнішніх температурних умов (у широких межах) або зміні тепловіддачі тіла людини залежно від механічних навантажень організму (від 100 Вт у спокійному стані до 1 кВт, наприклад, під час бігу або важкої праці) [5] шляхом автоматичної зміни дії на людину теплом або холодом.

Наведене вказує на важливість та актуальність досліджень, направлених на створення індивідуальних кондиціонерів для людини, які, по великому рахунку, можуть вплинути на умови і стиль життя людства, що буде зумовлено переходом від «пасивного» одягу, який до цього часу виконує в основному функцію теплової ізоляції людського організму, до використання «активного» одягу, який реагує на зміни температурних умов діяльності людини.

Зважаючи на викладене, є важливим розглянути засоби, якими у наш час може бути досягнуто кондиціонування одягу для людини і як ці засоби або їх комбінації можуть бути використані для розв'язання цього завдання. Останнє зводиться до вивчення фізичних моделей, які можуть бути використані для створення таких кондиціонерів та їх аналізу з метою визначення найбільш раціональних варіантів. Це і є предметом дослідження у пропонованій роботі. При цьому особливий інтерес у створенні оптимальних конструкцій становлять кондиціонери, в яких використовуються термоелектричні явища охолодження та нагріву [6], що, як показують дослідження, за невеликих потужностей тепла та холоду можуть переважати всі інші способи.

*Аналіз літератури.* Роботи, направлені на створення кондиціонованого одягу, вже активно проводяться у багатьох країнах світу [7–18]. Найбільш поширеним у наш час виявився одяг пасивного кондиціонування, так званий термічний одяг (термобілина) [19]. Його використання уможливує зберегти тепло (за теплоізоляційними властивостями він еквівалентний двом і більше шарам традиційного одягу) і при цьому забезпечити відвід вологи від тіла за рахунок використання синтетичних тканин складної внутрішньої структури. Як правило, такий одяг складається з трьох шарів: нижній – поглинає і відводить вологу, середній – відводить вологу назовні і зберігає тепло, верхній – захищає від несприятливих погодних умов.

Щодо активного кондиціонування, то це в основному кондиціонери спеціального призначення для створення відповідних умов, що пов'язані з професійною діяльністю в екстремальних температурних умовах. Зокрема в роботах [7, 8] показано спеціальний одяг для захисту від перегрівання робітників гарячих цехів, у якому використано акумулятори холоду у вигляді співполімера акрилата калія [7] або сухого льоду [8]. В першому випадку для «зарядки» акумулятора одяг замочується у воді упродовж кількох годин, матеріал акумулятора поглинає

рідину, що забезпечує охолодження впродовж 8 годин, поглинаючи при цьому до 12.5 кДж/см<sup>2</sup> за годину. Кондиціонер [8], що використовує розміщений у внутрішній підкладці одягу сухий лід, здійснює охолодження шляхом циркуляції охолодженого газоподібного діоксиду вуглецю в просторі між внутрішньою поверхнею куртки і тілом людини.

У [9, 10] 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 [11 – 13] описано одяг з охолодженням для військовослужбовців, спортсменів та лікарів, що базується на поглинанні теплової енергії внаслідок фазового переходу речовини. Такий одяг виготовляється у вигляді курток, колінних або ліктєвих пов'язок тощо з каналами, що заповнені водою. Охолодження в такому випадку здійснюється шляхом випаровування води через спеціальну пористу зовнішню поверхню кондиціонера. Час його неперервної роботи становить до 6 годин, що забезпечує зниження температури до 15°C від температури навколишнього середовища (за відносної вологості повітря 30 %).

У роботах [14, 15] розкриваються аспекти створення кондиціонерів-нагрівачів для захисту від переохолодження. Зокрема в [14] описано конструкцію нагрівача повітря у вигляді маски для гірників, що працюють при екстремально низьких температурах, у якій підігрів повітря здійснюється резистивним нагрівником.

Особливий інтерес викликають роботи [16 – 18], у яких показані результати розробки термоелектричних кондиціонерів. Вони являють собою розміщені у одязі модулі Пельтьє, що здійснюють охолодження або нагрів одягу залежно від напрямку електричного струму.

Всі перераховані методи кондиціонування одягу мають свої специфічні переваги але водночас і вагомні недоліки. Тому важливо розглянути всі сучасні методи, що використовуються для індивідуального кондиціонування організму людини, та визначити, як ці методи або їх комбінації можуть бути використані для створення нових ефективних індивідуальних кондиціонерів для людини.

*Мета пропонованої роботи* – визначення можливих варіантів індивідуальних кондиціонерів, їх класифікація та аналіз для дальшого покращення їх якості з урахуванням специфічних умов експлуатації.

## **Класифікація індивідуальних кондиціонерів для людини**

У пропонованій роботі індивідуальні кондиціонери для людини класифікуються за таким ознаками: функціональним призначенням, типом джерела тепла та холоду, об'єктом охолодження або нагріву та за призначенням одягу (рис. 1).

За функціональним призначенням розрізняють індивідуальні кондиціонери, що використовуються лише для охолодження, лише для нагріву або для охолодження і нагріву залежно від потреб. Кожен із цих кондиціонерів відрізняється за типом джерела тепла або холоду.

За об'єктом охолодження або нагріву індивідуальні кондиціонери можна розділити на такі, що забезпечують кондиціонування всього тіла (комбінезон з персональним кондиціонером) або його ділянок – голови (головний убір з кондиціонером), тулуба (жилет з кондиціонером), ліктєвих або колінних суглобів (пов'язка з кондиціонером), попереку (пояс з кондиціонером), живота (накладка з кондиціонером, що закріплена на животі), кистей рук (рукавиці з кондиціонером), стоп (взуття з кондиціонером).

Залежно від сфер застосування кондиціонованого одягу вони поділяються на кондиціонери для побутового одягу (створення комфортних умов у побуті та на відпочинку), для спортсменів

(одяг, що забезпечує відведення тепла під час екстремальних фізичних навантажень), для лікарів (наприклад, захисний одяг для хірургів під час проведення довготривалих операцій або операцій у одязі, що захищає від шкідливого випромінювання), для водіїв транспортних засобів (пілотів, космонавтів, водіїв автомобілів та мотоциклів), для військовослужбовців (наприклад, кондиціонер для бронезилетів, що забезпечить комфортні умови виконання завдань військовими в різних кліматичних умовах), для робітників (наприклад, одяг, що захищає від довготривалої дії підвищених температур на металургійних заводах або навпаки – захист від понижених температур робітників на півночі).

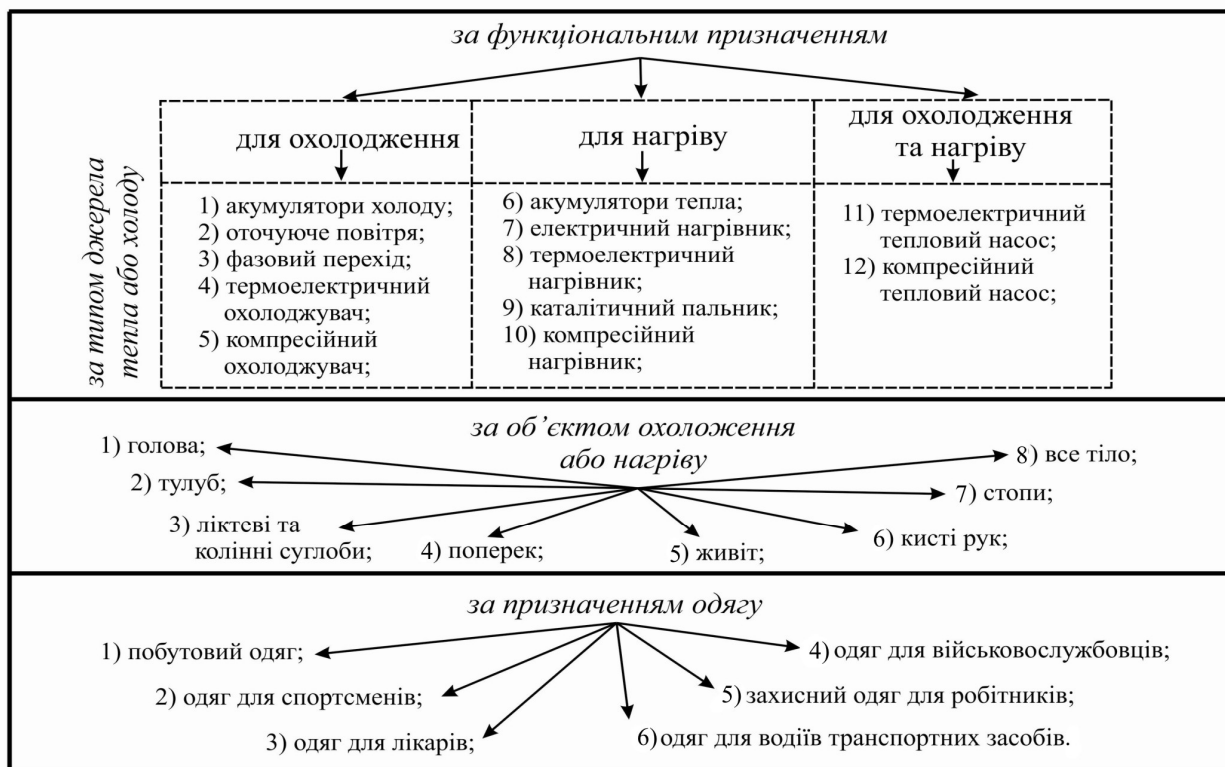


Рис. 1. Класифікація індивідуальних кондиціонерів для одягу.

Найбільш визначальною ознакою, що відрізняє кондиціонери один від одного, є тип джерел тепла або холоду. Від них у першу чергу залежить ефективність функціонування кондиціонерів. Тому розглянемо нижче класифікацію індивідуальних кондиціонерів для людини за типами джерел тепла та холоду.

### Класифікація фізичних моделей індивідуальних кондиціонерів для людини

Аналіз літератури свідчить про значну недослідженість проблеми створення індивідуальних кондиціонерів для людини, що поєднували б основні переваги відомих методів одержання тепла і холоду. Спочатку розглянемо всі можливі комбінації джерел тепла та холоду, якими здійснюється кондиціонування. Цим забезпечується повний перелік фізичних моделей кондиціонерів. Їх варіанти наведено в табл.1. У ній: 1 – акумулятори тепла або холоду (зокрема, в яких використано фазовий перехід речовини); 2 – навколишнє повітря; 3 – електричний нагрівник; 4 – каталітичний нагрівник; 5 – компресійний тепловий насос; 6 – термоелектричний тепловий насос.

Таблиця містить як відомі варіанти кондиціонерів (12 фізичних моделей, переважно найпростіших з одним типом джерела тепла або холоду), так і такі, що в нині час недоцільно реалізовувати (28 моделей). Проте вона дає можливість виокремити нові фізичні моделі кондиціонерів, що можуть бути перспективними для практичного використання.

Спочатку розглянемо фізичні моделі відомих кондиціонерів. Вони оцифровані згідно з таблицею.

Таблиця

*Варіанти фізичних моделей індивідуальних кондиціонерів для людини*

	1	2	3	4	5	6	1.2
1.3	1.4	1.5	1.6	2.3	2.4	2.5	2.6
3.4	3.5	3.6	4.5	4.6	5.6	1.2.3	1.2.4
1.2.5	1.2.6	1.3.4	1.3.5	1.3.6	1.4.5	1.4.6	1.5.6
2.3.4	2.3.5	2.3.6	2.4.5	2.4.6	2.5.6	3.4.5	3.4.6
3.5.6	4.5.6	1.2.3.4	1.2.3.5	1.2.3.6	1.2.4.5	1.2.4.6	1.2.5.6
1.3.4.5	1.3.4.6	1.3.5.6	1.4.5.6	2.3.4.5	2.3.4.6	2.3.5.6	2.4.5.6
3.4.5.6	1.2.3.4.5	1.2.3.4.6	1.2.3.5.6	1.2.4.5.6	1.3.4.5.6	2.3.4.5.6	1.2.3.4.5.6

	- уже використані;
	- перспективні;
	- використання не доцільне.

## Фізичні моделі відомих індивідуальних кондиціонерів для людини

### Фізичні моделі з акумуляторами тепла або холоду

Один із найпростіших простих способів охолодження або нагріву – використання акумуляторів тепла або холоду, відповідно [7, 8]. Принцип роботи таких кондиціонерів засновано на використанні речовин з великою теплоємністю, що поступово виділяють або поглинають тепловий потік від людини.

Фізичні моделі індивідуального кондиціонера із акумулятором тепла або холоду показаної на рис. 2.

У режимі охолодження (рис. 2а) тепловий акумулятор поглинає кількість тепла, що дорівнює:

$$Q_{\text{акум.}} = V \cdot \rho \cdot C \cdot (T_2 - T_1) \cdot t, \quad (1)$$

де  $Q_{\text{акум.}}$  – теплова енергія, що поглинається тепловим акумулятором (Дж),  $V$  – об'єм теплового акумулятора ( $\text{м}^3$ ),  $\rho$  – його густина ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ),  $C$  – питома теплоємність ( $\text{Вт}/\text{кг} \cdot \text{К}$ ),  $(T_2 - T_1)$  – різниця між кінцевою  $T_2$  і початковою  $T_1$  температурами речовини теплового акумулятора,  $t$  – час розрядки акумулятора (сек.) від температури  $T_1$  до  $T_2$ .

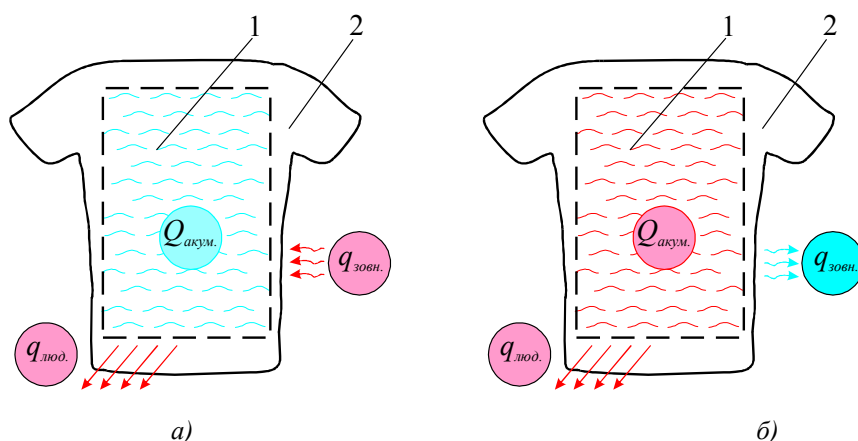


Рис. 2. Фізична модель індивідуального кондиціонера із акумулятором тепла або холоду: 1 – сміть з тепловим акумулятором, 2 – кондиціонований одяг, а) режим охолодження, б) режим нагріву.

У такому випадку рівняння теплового балансу матиме вигляд

$$Q_{\text{акум.}} = (q_{\text{люд.}} + q_{\text{зовн.}}) \cdot t, \quad (2)$$

де  $q_{\text{люд.}}$  – потужність тепловиділення з тіла людини (Вт),  $q_{\text{зовн.}}$  – потужність тепловиділення з навколишнього середовища (Вт), наприклад, теплове випромінювання від нагрітих об'єктів,  $t$  – час розрядки акумулятора (сек.) від температури  $T_2$  до  $T_1$ .

У режимі нагріву (рис. 2б) рівняння теплового балансу матиме вигляд

$$Q_{\text{акум.}} = (q_{\text{зовн.}} - q_{\text{люд.}}) \cdot t. \quad (3)$$

Із (2), (3) видно, що нормальний теплообмін з тіла людини можна забезпечити упродовж часу  $t$ , що залежить від параметрів теплового акумулятора та потужності тепловиділення з тіла людини  $q_{\text{люд.}}$  і навколишнього середовища  $q_{\text{зовн.}}$ .

Недоліком такої схеми кондиціонування є потреба в постійній заміні («зарядці») акумулятора, що унеможливує його тривале використання.

Різновидом кондиціонерів, де використовуються теплові акумулятори, є охолоджувачі з фазовим переходом речовини [11 – 13]. У них робоча речовина (рідина, сухий лід) випаровується, поглинаючи при цьому теплову енергію. Така схема кондиціонування ефективніша, ніж попередній варіант, проте має свої недоліки – відсутність можливості нагріву одягу, сильна залежність від умов навколишнього середовища, зокрема вологості та температури повітря.

Теплова енергія  $Q_{\text{ф.п.}}$  (Дж), що відводиться у навколишнє середовище таким кондиціонером, буде дорівнювати:

$$Q_{\text{ф.п.}} = L \cdot V \cdot \rho, \quad (4)$$

де  $L$  – питома теплота пароутворення (Дж/кг),  $V$  – об'єм речовини, що випаровується ( $\text{м}^3$ ),  $\rho$  – її густина ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ).

У такому випадку рівняння теплового балансу матиме вигляд

$$Q_{\text{акум.}} = (q_{\text{люд.}} + q_{\text{зовн.}}) \cdot t, \quad (5)$$

де  $t$  – час повного випаровування речовини.

Як видно з (5), вагомим недоліком такої моделі кондиціонера є потреба в постійній заміні робочої речовини, що унеможливило його тривале використання.

### Фізична модель з використанням теплової енергії навколишнього повітря

Поширеним методом, що використовується лише для охолодження тіла людини, є використання теплообміну з навколишнім середовищем [9, 10] (рис. 3). В цьому випадку необхідною для забезпечення охолодження організму є умова, щоб температура навколишнього повітря була нижчою від температури тіла. Крім того, така схема кондиціонування одягу передбачає наявність електричного вентилятора, що споживає певну потужність  $W_{\text{вент}}$ , і відповідно джерела його живлення.

Теплова потужність  $q_{\text{пов.}}$  (Вт), що відводиться у навколишнє середовище таким кондиціонером, буде рівною:

$$q_{\text{пов.}}(W_{\text{вент}}, T_1) = G(W_{\text{вент}}) \cdot \rho \cdot C \cdot (T_2 - T_1). \quad (6)$$

Тут  $G$  – витрата повітря (м<sup>3</sup>/сек), що є функцією потужності вентилятора  $W_{\text{вент}}$ ,  $\rho$  – густина повітря (кг/м<sup>3</sup>),  $C$  – питома теплоємність повітря (Вт/кг·К),  $(T_2 - T_1)$  – різниця між температурами повітря на виході  $T_2$  і вході  $T_1$  у кондиціонер.

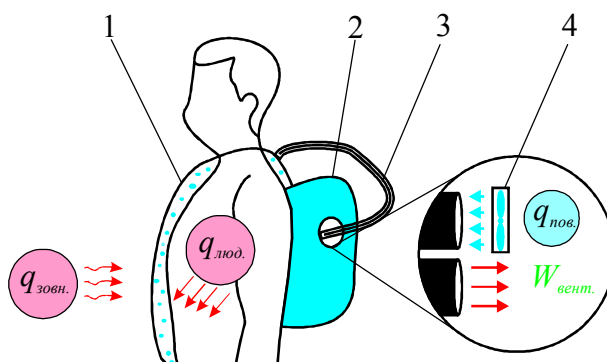


Рис. 3. Фізична модель індивідуального кондиціонера із теплообміном з навколишнім середовищем: 1 – одяг із каналами для проходження повітря, 2 – блок кондиціонера, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 3 – канали для обміну повітрям.

Рівняння теплового балансу в такому випадку можна записати таким чином:

$$q_{\text{пов.}} = q_{\text{люд.}} + q_{\text{зовн.}} \quad (7)$$

Недоліки такого способу кондиціонування – низька ефективність, відсутність можливості нагріву, сильна залежність від умов навколишнього середовища, потреба в джерелі електричного живлення.

### Фізична модель з використанням ефекту Джоуля

Простим способом для підігріву одягу є використання електричних резистивних нагрівників [14, 15] (рис. 4). Такий кондиціонер містить вмонтований в одяг нагрівник у вигляді провідника, через який протікає електричний струм та джерело електричного живлення з блоком регулювання. Попри свою простоту, такий кондиціонер має свої недоліки – відсутність можливості охолодження та потребу у постійній підзарядці джерела живлення (електричного акумулятора).

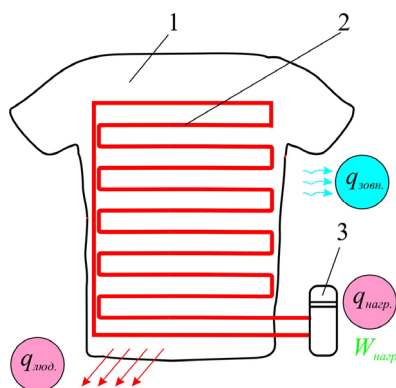


Рис. 4. Фізична модель індивідуального кондиціонера, де використовується ефект Джоуля: 1 – кондиціонований одяг, 2 – електричний нагрівник, 3 – джерело живлення.

Теплова потужність  $q_{нагр.}$  (Вт), що виділяється таким нагрівником, буде дорівнювати:

$$q_{нагр.} = I^2 \cdot r, \quad (8)$$

де  $I$  – сила струму (А),  $r$  – електричний опір нагрівника (Ом).

Рівняння теплового балансу матиме вигляд

$$q_{нагр.} = q_{зовн.} - q_{люд.} \quad (9)$$

Коефіцієнт ефективності такого нагрівача близький до одиниці, оскільки майже уся затрачена електрична потужність  $W_{нагр.}$  перетворюється у тепловий потік  $q_{нагр.}$ .

### Фізична модель з каталітичним згоранням палива

Ще одним способом підігріву одягу є використання каталітичного згорання газу в пальнику [20]. Принцип роботи такого кондиціонера-нагрівача полягає у виділенні тепла при безполум'яному окисненні (згоранні) газової суміші в наявності каталізатора. Нагріте таким способом повітря потрапляє через систему каналів в одяг, нагріваючи його. Продукти згорання газу відводяться у навколишнє середовище.

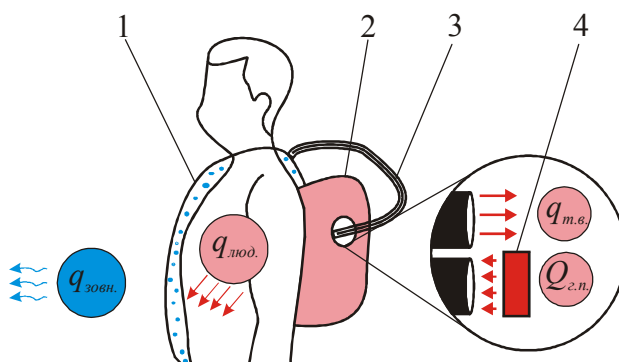


Рис. 5. Фізична модель індивідуального кондиціонера із каталітичним згоранням газу: 1 – одяг із каналами для проходження нагрітого повітря каналами 3, 2 – контейнер, в якому знаходиться пальник 4.

Теплова енергія  $Q_{г.п.}$  (Дж), що виділяється при згоранні палива, буде дорівнювати:



$$Q_{г.п.} = g \cdot m, \quad (10)$$

де  $g$  – питома теплота згоряння палива (Дж/кг),  $m$  – маса палива (кг).

Рівняння теплового балансу матиме вигляд

$$Q_{г.п.} = (q_{зовн.} - q_{люд.} + q_{т.в.}) \cdot t, \quad (11)$$

де  $q_{т.в.}$  – теплова потужність (Вт), що виділяється у навколишнє середовище із продуктами згоряння палива і відпрацьованим повітрям.

До переваг описаного методу кондиціонування одягу слід віднести відносно малу потребу у джерелі тепла (бензин, спирт), до недоліків – відсутність можливості охолодження одягу.

### Фізична модель з компресійним тепловим насосом

В основі роботи компресійних теплових насосів лежить холодильний цикл [21]. Простий паровий цикл механічної холодильної машини реалізується за допомогою чотирьох елементів, що утворюють замкнутий холодильний контур – компресора, конденсатора, дросельного вентиля і випарника або охолоджувача (рис. 6). Пара з випарника поступає в компресор і стискається, внаслідок чого його температура підвищується. Після виходу з компресора, пара, що має високі температуру і тиск, надходить у конденсатор, де охолоджується і конденсується. З конденсатора рідина проходить через дросельний вентиль. Оскільки температура кипіння (насичення) для даного тиску виявляється нижчою від температури рідини, починається її інтенсивне кипіння; при цьому частина рідини випаровується, а температура решти опускається до рівноважної температури насичення (тепло рідини витрачається на її перетворення в пару). Таким чином реалізується охолодження або нагрів необхідних ділянок одягу. До недоліків такого способу кондиціонування можна віднести потребу в забезпеченні зарядки джерела електричного живлення компресора (акумуляторної батареї), наявність холодоагента (зокрема, фреону, що є достатньо токсичним), масогабарити, а також шумність роботи.

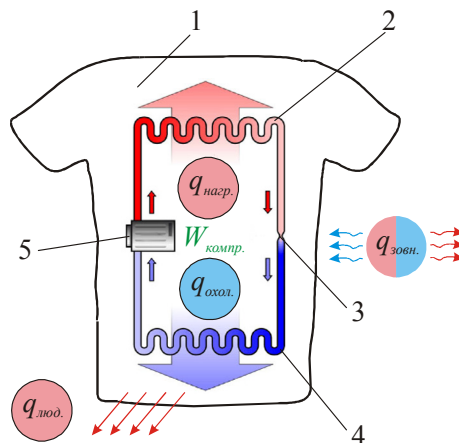


Рис. 6. Фізична модель індивідуального кондиціонера із компресійним тепловим насосом: 1 – одяг, 2 – випарник, 3 – дросельний вентиль, 4 – конденсатор, 5 – компресор.

Теплова потужність  $q_{охол.}$  (Вт), що відбирається на холодній стороні компресорного холодильника (холодопродуктивність), визначається співвідношенням

$$q_{охол.} = q_{нагр.} - W_{компр.}, \quad (12)$$

де  $q_{нагр.}$  – теплова потужність (Вт), що відводиться з гарячої сторони у навколишнє середовище,  
 $W_{компр.}$  – затрачена компресором електрична потужність (Вт).

Для забезпечення теплового балансу в режимі охолодження

$$q_{охол.} = q_{зовн.} + q_{люд.} \quad (13)$$

У режимі нагріву (13) переписеться так:

$$q_{нагр.} = q_{зовн.} - q_{люд.} \quad (14)$$

Слід зазначити, що, попри свої недоліки, компресійні теплові насоси мають високе значення коефіцієнта ефективності перетворення енергії (холодильний коефіцієнт на рівні 3).

### Фізична модель із термоелектричним тепловим насосом

Зручним способом охолодження або нагріву одягу є використання термоелектричних теплових насосів, що працюють на ефекті Пельтьє [16–18] (рис. 7). Такий кондиціонер в залежності від напрямку електричного струму в термоелектричних модулях може використовуватися як для охолодження, так і для нагріву.

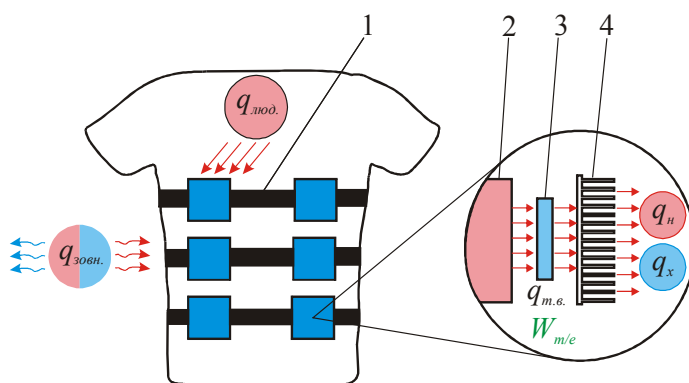


Рис. 7. Фізична модель індивідуального кондиціонера із термоелектричним тепловим насосом: 1 – одяг із системою кріплень, 2 – елемент, що забезпечує тепловий контакт термоелектричного перетворювача енергії з одягом, 4 – повітряний теплообмінник.

У режимі охолодження теплова потужність  $q_x$  (Вт), що поглинається на холодній стороні термоелектричного перетворювача, дорівнює

$$q_x = \Pi \cdot I - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot r - K \cdot \Delta T, \quad (15)$$

де  $\Pi$  – коефіцієнт Пельтьє (В),  $K$  – повна теплопровідність (Вт/К),  $\Delta T$  – перепад температури на термоелектричному перетворювачі (К).

Баланс теплот виглядає так:

$$q_x = q_{зовн.} + q_{люд.} \quad (16)$$

Для режиму нагріву теплова потужність  $q_n$  (Вт), що виділяється на гарячій стороні термоелектричного перетворювача, дорівнює:

$$q_n = \Pi \cdot I + \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot r - K \cdot \Delta T. \quad (17)$$

Баланс теплот має вигляд у режимі нагріву виглядає як

$$q_n = q_{зовн.} - q_{люд.} \quad (18)$$

До переваг такого способу кондиціонування можна віднести високу ефективність, надійність, невеликі масогабарити, екологічність (відсутні шкідливі холодоагенти) та безшумність у роботі. До недоліків – необхідність у постійній підзарядці електричних акумуляторів.

### Модель 1.2.

На рис. 8 показано фізичну модель індивідуального кондиціонера для людини, що є комбінацією описаних вище моделей з використанням теплової енергії навколишнього повітря (п. 2) та теплових акумуляторів (п. 1).

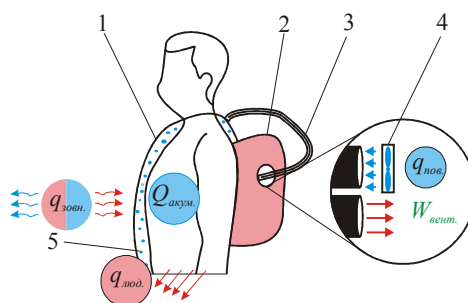


Рис. 8. 1 – одяг каналами для проходження повітря 3,  
2 – контейнер, в якому знаходиться вентилятор 4,  
5 – ємність з тепловим акумулятором.

Перевагою такого способу кондиціонування одягу – підвищення ефективності охолодження внаслідок використання двох джерел холоду. Недоліки – відсутність можливості підігріву одягу та потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення вентилятора і заміні теплового акумулятора (вода, сухий лід тощо).

### Модель 1.3.

На рис. 9 зображено фізичну модель індивідуального кондиціонера, що є комбінацією моделей з використанням ефекту Джоуля (п. 3) та теплових акумуляторів (п. 1).

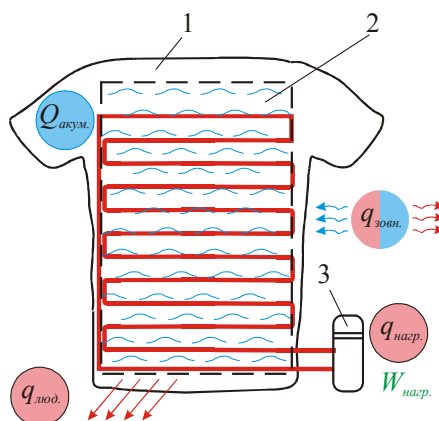


Рис. 9. 1 – кондиціонований одяг, 2 – ємність з тепловим акумулятором,  
3 – електричний нагрівник.

Перевага такого способу кондиціонування одягу – можливість його використання як для охолодження (шляхом поглинання теплової енергії при фазовому переході речовини), так і для нагріву (шляхом виділення тепла при протіканні струму через провідник). Недолік – потреба у

постійній підзарядці джерела електричного живлення нагрівника і заміні теплового акумулятора (вода, сухий лід тощо).

### Модель 2.3.

Ще одна фізична модель індивідуального кондиціонера для людини, який вже використовується на практиці, зображена на рис. 10. Вона поєднує моделі з використанням теплової енергії навколишнього повітря (п. 2) та теплової дії ефекту Джоуля (п. 3).

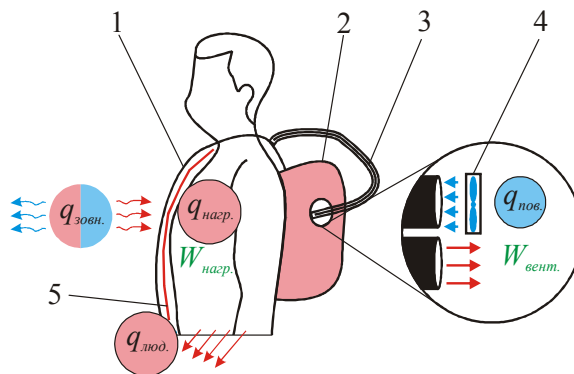


Рис. 10. 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – контейнер, в якому знаходиться вентилятор 4, 5 – електричний нагрівник.

Перевагою такого способу кондиціонування одягу є можливість його використання як для охолодження (шляхом поглинання теплової енергії за обдуву тіла людини оточуючим повітрям з нижчою температурою), так і для нагріву (шляхом виділення тепла при протіканні струму через провідник). Недоліком – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення нагрівника і вентилятора).

### Модель 2.4.

На рис. 11 – фізична модель кондиціонера для людини, що комбінує використання теплової енергії навколишнього повітря (п. 2) та теплової дії при каталітичному згорянні палива (п. 4).

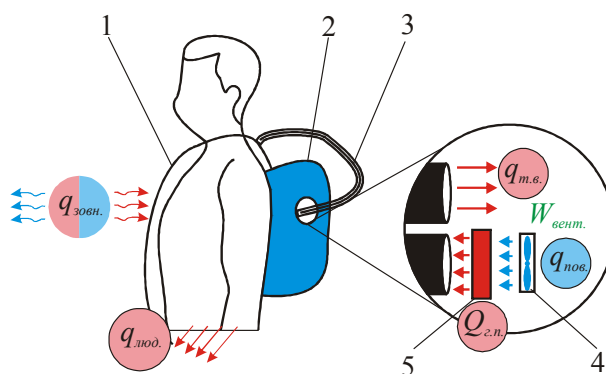


Рис. 11. 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – контейнер, у якому знаходиться вентилятор 4 і газовий пальник 5.

До його переваг слід віднести можливість його використання як для охолодження (шляхом поглинання теплової енергії за обдуву тіла людини навколишнім повітрям з нижчою температурою), так і для нагріву (виділення теплової енергії при каталітичному згорянні палива). До недоліків – потребу у постійній підзарядці джерела електричного живлення вентилятора та заміні палива у каталітичному нагрівнику).

**Модель 2.5.**

На рис. 12 показано фізичну модель, що поєднує використання теплової енергії навколишнього повітря (п. 2) та компресійного теплового насоса (п. 5).

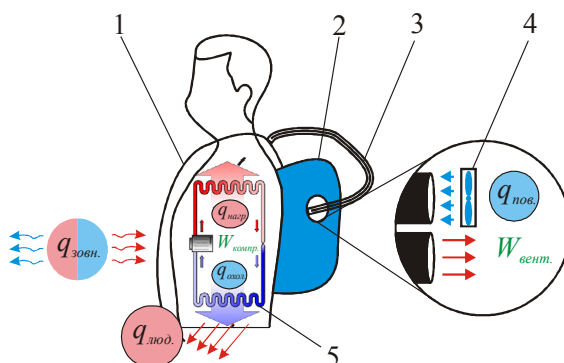


Рис. 12. 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – контейнер, у якому знаходиться вентилятор 4, 5 – компресійний тепловий насос.

До його переваг слід віднести можливість його використання як для охолодження (шляхом функціонування компресійного теплового насоса і поглинання теплової енергії за обдуву тіла людини навколишнім повітрям з нижчою температурою), так і для нагріву (виділення теплової енергії при зворотньому циклі компресійного теплового насоса). До недоліків – потребу у постійній підзарядці джерела електричного живлення вентилятора та компресора), наявність шкідливих холодоагентів (наприклад, фреону).

**Модель 2.6.**

На рис. 13 зображено фізичну модель індивідуального кондиціонера для людини, що комбінує використання теплової енергії навколишнього повітря (п. 2) та термоелектричного теплового насоса (п. 5).

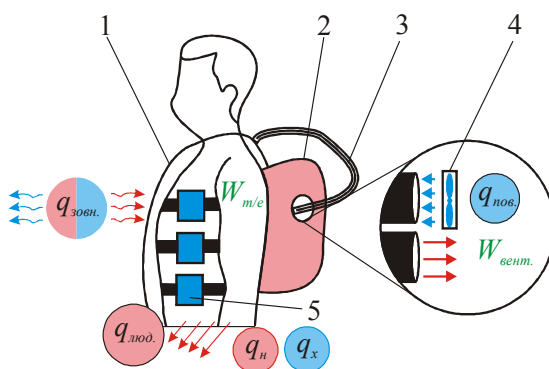


Рис. 13. 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – контейнер, у якому знаходиться вентилятор 4, 5 – термоелектричний тепловий насос.

До переваг такого способу кондиціонування одягу слід віднести можливість його використання як для охолодження (шляхом застосування термоелектричного теплового насоса і поглинання теплової енергії при обдуві тіла людини навколишнім повітрям з нижчою температурою), так і для нагріву (виділення теплової енергії за термоелектричного нагріву). До недоліків – потребу у постійній підзарядці джерела електричного живлення вентилятора та термоелектричних перетворювачів енергії).

## Нові фізичні моделі індивідуальних кондиціонерів для людини

Як показано в табл. 1, вибрано 23 фізичні моделі індивідуальних кондиціонерів для людини, що є перспективними для подальших досліджень. Ці моделі – комбінації відомих методів одержання тепла і холоду, що були описані в попередньому розділі. Розглянемо їх детально.

### Модель 1.4.

На рис. 14 показано фізичну модель індивідуального кондиціонера для людини, що поєднує каталітичний нагрівник (п. 4) з тепловим акумулятором (п. 1). Така модель дає можливість підвищити функціональність кондиціонування одягу – забезпечити охолодження (шляхом поглинання теплової енергії при фазовому переході речовини, що міститься в резервуарі з тепловим акумулятором) або нагрів (нагрівання повітря, що потрапляє у канали в одязі, внаслідок каталітичного спалювання газу) одягу. Її недоліком є необхідність постійної заміни теплового акумулятора та палива у нагрівнику.

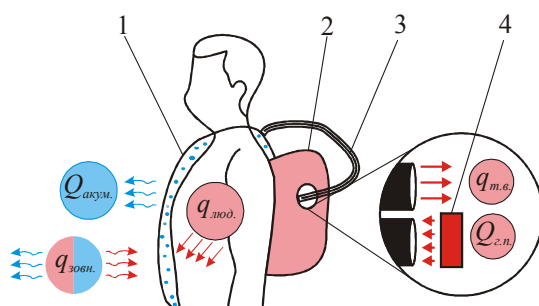


Рис. 14: 1 – ємність з акумулятором тепла, 2 – контейнер, у якому знаходиться газовий пальник 4, 3 – канали для проходження нагрітого повітря.

### Модель 1.5

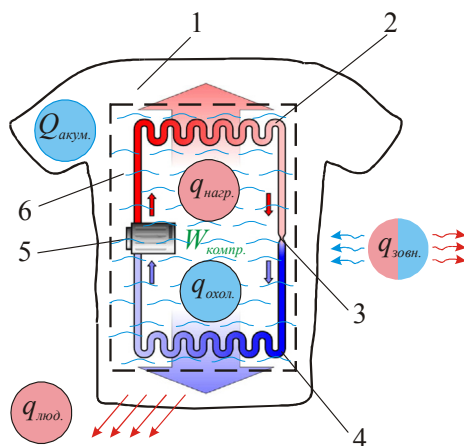


Рис. 15: 1 – одяг, 2 – випарник, 3 – дросельний вентиль, 4 – конденсатор, 5 – компресор, 6 – ємність з тепловим акумулятором.

На рис. 15 зображено фізичну модель індивідуального кондиціонера для людини, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5) з тепловим акумулятором (п. 1). Використання такого способу кондиціонування робить можливим підвищити ефективність охолодження одягу шляхом поєднання механічного охолодження компресійною холодильною машиною з охолодженням шляхом фазового переходу речовини. Первагою такого способу кондиціонування одягу є також можливість його використання в режимі нагріву (шляхом зворотного циклу компресійної холодильної машини).

Недоліком – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення компресора, необхідність заміни теплового акумулятора та наявність шкідливих холодоагентів.

### Модель 1.6.

На рис. 16 – фізична модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6) з тепловим акумулятором (п. 1). Її використання дає можливість підвищити ефективність охолодження одягу шляхом поєднання термоелектричного ефекту Пельтьє з охолодженням шляхом фазового переходу речовини. Можливе також її використання в режимі нагріву завдяки термоелектричним перетворювачам енергії. Її недоліком є потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення термоелектричних модулів та необхідність заміни теплового акумулятора.

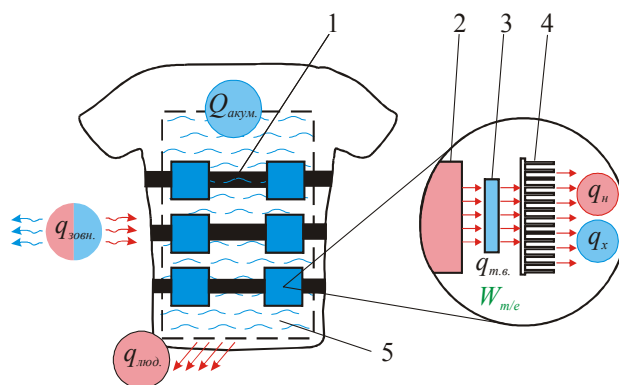


Рис. 16: 1 – одяг із системою кріплень, 2 – елемент, що забезпечує тепловий контакт термоелектричного перетворювача енергії 3 з одягом, 4 – повітряний теплообмінник, 5 – ємність з тепловим акумулятором.

### Модель 3.5.

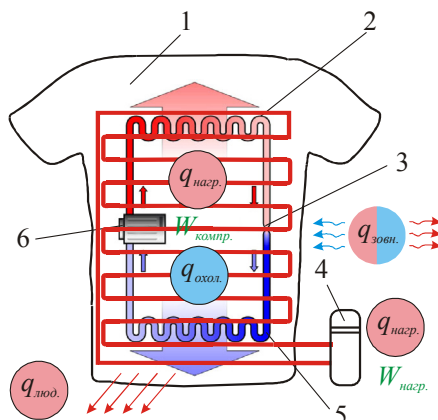


Рис. 17: 1 – одяг, 2 – випарник, 3 – дросельний вентиль, 4 – конденсатор, 5 – компресор, 6 – електричний нагрівник.

На рис. 17 подано фізичну модель кондиціонера для людини, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5) з електричним нагрівником (п. 3). Переваги такого способу кондиціонування одягу – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною), так і для нагріву (компресійний тепловий насос і ефект Джоуля у провіднику зі струмом); підвищення ефективності у режимі нагріву за рахунок використання двох методів нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення компресора та нагрівника, наявність шкідливих холодоагентів.



### Модель 3.6.

На рис. 18 зображено фізичну модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6) з електричним нагрівником (п. 3). Її переваги – можливість використання як для охолодження (термоелектричний ефект Пельтьє), так і для нагріву (термоелектричний тепловий насос і ефект Джоуля у провіднику зі струмом); підвищення ефективності у режимі нагріву за рахунок використання двох методів нагріву. Недолік – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення термоелектричних перетворювачів та нагрівника.

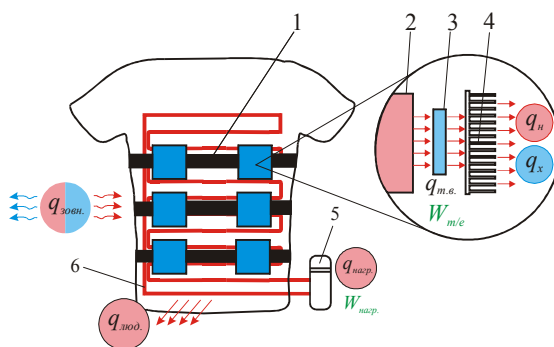


Рис. 18: 1 – одяг із системою кріплень, 2 – елемент, що забезпечує тепловий контакт термоелектричного перетворювача енергії 3 з одягом, 4 – повітряний теплообмінник, 5 – електричний нагрівник.

### Модель 4.5.

На рис. 19 – фізична модель кондиціонера для людини, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5) з каталітичним пальником (п. 4). Її переваги – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною), так і для нагріву (компресійний тепловий насос і каталітичне згоряння палива); підвищення ефективності у режимі нагріву за рахунок використання двох методів нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення компресора, необхідність заміни палива у нагрівнику та наявність шкідливих холодоагентів.

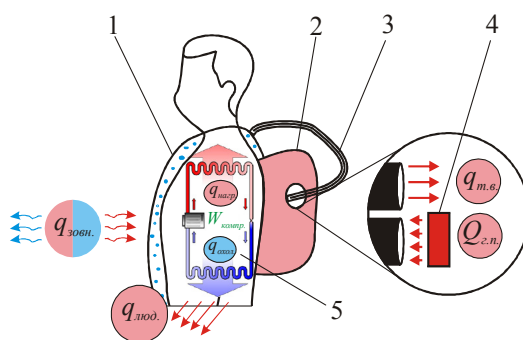


Рис. 19: 1 – одяг, 2 – контейнер, в якому знаходиться газовий пальник 4, 3 – канали для проходження нагрітого повітря, 5 – компресійний тепловий насос.

### Модель 4.6.

На рис. 20 представлено фізичну модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6), з каталітичним пальником (п. 4). Її переваги – можливість використання як для охолодження (охолодження за ефектом Пельтьє), так і для нагріву (виділення тепла внаслідок каталітичного згоряння палива, термоелектричний нагрів за ефектом Пельтьє); підвищення ефективності у режимі



нагріву за рахунок використання двох методів. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення термоелектричних перетворювачів, необхідність заміни палива у нагрівнику.

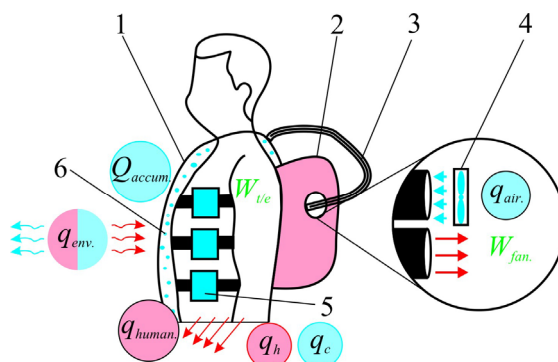


Рис. 20: 1 – одяг із каналами 3, 2 – блок з каталітичним пальником 4, 5 – термоелектричний тепловий насос.

### Модель 1.2.3.

На рис. 21 представлено фізичну модель індивідуального кондиціонера, що поєднує обдув навколишнім повітрям (п. 2), тепловий акумулятор (п. 1) з електричним нагрівником (п. 3.). Її переваги – можливість використання як для охолодження (поглинання тепла при фазовому переході речовини, обдув навколишнім повітрям з нижчою температурою), так і для нагріву (виділення тепла згідно ефекту Джоуля у провіднику зі струмом). Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення нагрівника і вентилятора та необхідність заміни теплового акумулятора.

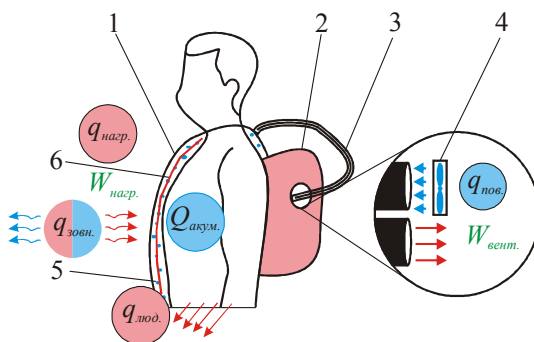


Рис. 21: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок кондиціонера, у якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – ємність з тепловим акумулятором, 6 – електричний нагрівник.

### Модель 1.2.4.

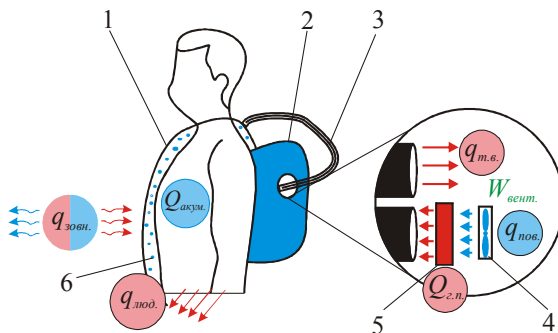


Рис. 22: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок кондиціонера, в якому знаходиться електричний вентилятор 4, 5 – каталітичний пальник, 6 – ємність з тепловим акумулятором.

На рис. 22 показано фізичну модель кондиціонера для людини, що поєднує обдув навколишнім повітрям (п. 2), тепловий акумулятор (п. 1.) з каталітичним пальником (п. 4). Переваги такого способу кондиціонування одягу – можливість використання як для охолодження (поглинання тепла за фазового переходу речовини, обдув навколишнім повітрям з нижчою температурою), так і для нагріву (виділення тепла внаслідок каталітичного згоряння палива у поєднанні з примусовим обдувом вентилятором). Недоліки – необхідність постійної заміни теплового акумулятора та палива у нагрівнику та потреба у живленні електричного вентилятора.

**Модель 1.2.5.**

На рис. 23 – фізична модель, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5), тепловий акумулятор (п. 1) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною у поєднанні з обдувом навколишнім повітрям), так і для нагріву (компресійний тепловий насос); підвищення ефективності у режимі охолодження за рахунок використання двох методів відбору тепла. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення компресора, необхідність заміни теплового акумулятора та наявність шкідливих холодоагентів.

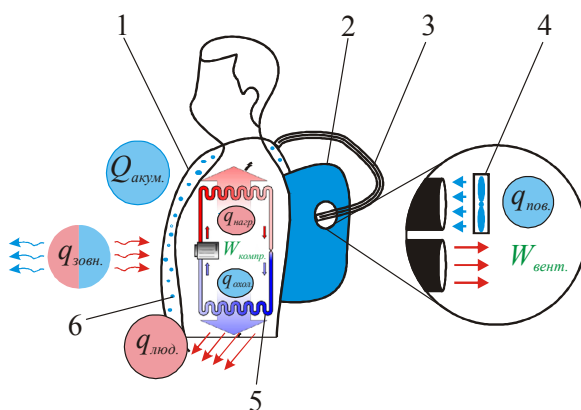


Рис. 23: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4, 5 – компресійний тепловий насос, 6 – ємність з тепловим акумулятором.

**Модель 1.2.6.**

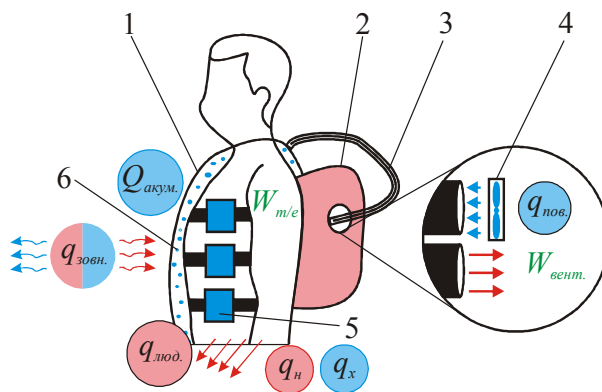


Рис. 24: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4, 5 – компресійний тепловий насос, 6 – ємність з тепловим акумулятором.

На рис. 24 – фізична модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6), тепловий акумулятор (п. 1) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (охолодження за ефектом Пельтьє у поєднанні з обдувом навколишнім повітрям), так і для нагріву (термоелектричний нагрів); підвищення ефективності у режимі охолодження за рахунок використання двох методів відбору тепла. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення термоелектричних перетворювачів енергії та необхідність заміни теплового акумулятора.

**Модель 1.3.5.**

На рис. 25 подано фізичну модель, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5), тепловий акумулятор (п. 1) з електричним нагрівником (п. 3). Переваги такого способу – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною у поєднанні з поглинанням тепла при фазовому переході речовини), так і для нагріву (компресійний тепловий насос і електричний нагрівник); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення компресора та нагрівника, необхідність заміни теплового акумулятора та наявність шкідливих холодоагентів.

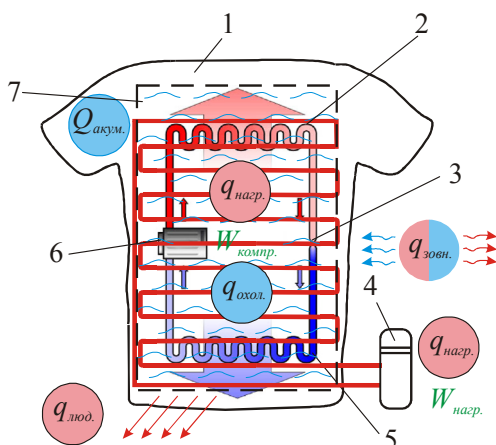


Рис. 25: 1 – одяг, 2 – випарник, 3 – дросель, 4 – електричний нагрівник, 5 – конденсатор, 6 – компресор, 7 – тепловий акумулятор.

**Модель 1.3.6.**

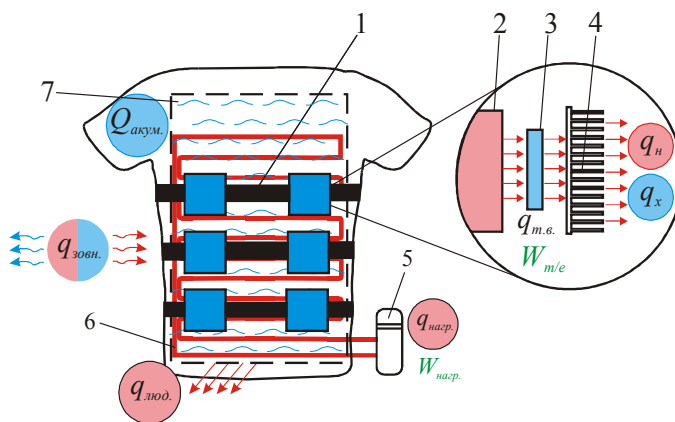


Рис. 26: 1 – одяг із системою кріплень, 2 – елемент, що забезпечує тепловий контакт термоелектричного перетворювача енергії 3 з одягом, 4 – повітряний теплообмінник, 6 – електричний нагрівник з блоком живлення 5, 7 – емність з тепловим акумулятором.

На рис. 26 показано фізичну модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6), тепловий акумулятор (п. 1) з електричним нагрівником (п. 3). Переваги такого способу кондиціонування одягу – можливість використання як для охолодження (охолодження за ефектом Пельтьє у поєднанні з поглинанням тепла при фазовому переході речовини), так і для нагріву (ефект Пельтьє і електричний нагрівник); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела електричного живлення термоелектричних перетворювачів та нагрівника, необхідність заміни теплового акумулятора.

#### Модель 1.4.5.

На рис. 27 – фізична модель, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5), тепловий акумулятор (п. 1) з каталітичним пальником (п. 4). Її переваги – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною у поєднанні з поглинанням тепла при фазовому переході речовини), так і для нагріву (виділення тепла внаслідок каталітичного згоряння палива, нагрів компресійним тепловим насосом); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення компресора, необхідність заміни теплового акумулятора та палива у нагрівнику, наявність шкідливих холодоагентів.

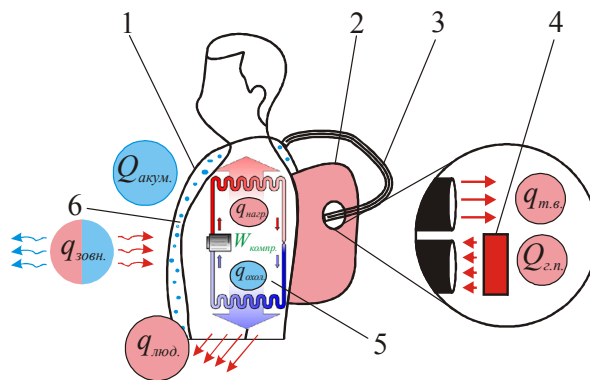


Рис. 27: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться каталітичний пальник 4 з джерелом живлення, 5 – компресійний тепловий насос, 6 – ємність з тепловим акумулятором.

#### Модель 1.4.6.

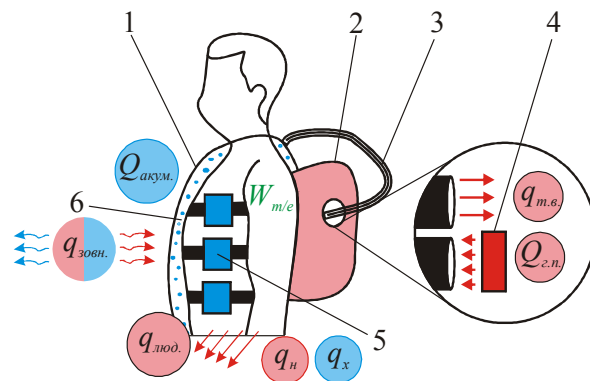


Рис. 28: 1 – одяг із каналами 3, 2 – блок з каталітичним пальником 4, 5 – термоелектричний тепловий насос, 6 – ємність з тепловим акумулятором.

На рис. 28 представлено фізичну модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6), тепловий акумулятор (п. 1.) з каталітичним пальником (п. 4). Її переваги – можливість використання як для охолодження (охолодження за ефектом Пельтьє у поєднанні з поглинанням тепла при фазовому переході речовини), так і для нагріву (виділення тепла внаслідок каталітичного згоряння палива, термоелектричний нагрів за ефектом Пельтьє); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення компресора, необхідність заміни теплового акумулятора та палива у нагрівнику, наявність шкідливих холодоагентів.

**Модель 2.3.5.**

На рис. 29 подано фізичну модель, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5), електричний нагрівник (п. 3) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною у поєднанні з обдувом зовнішнім охолодженим повітрям), так і для нагріву (нагрів компресійним тепловим насосом у поєднанні з виділенням тепла у провіднику зі струмом за ефектом Джоуля); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення компресора та нагрівника, наявність шкідливих холодоагентів.

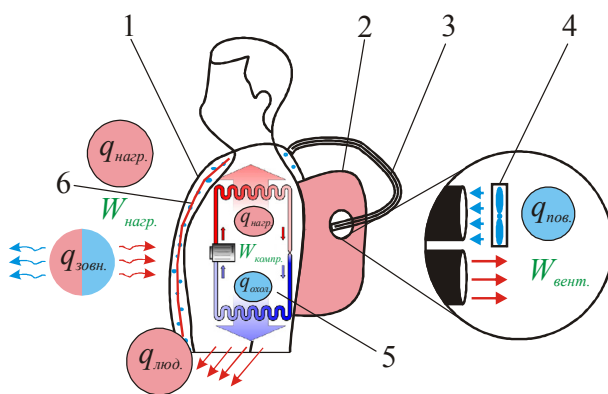


Рис. 29: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – компресійний тепловий насос, 6 – електричний нагрівник.

**Модель 2.3.6.**

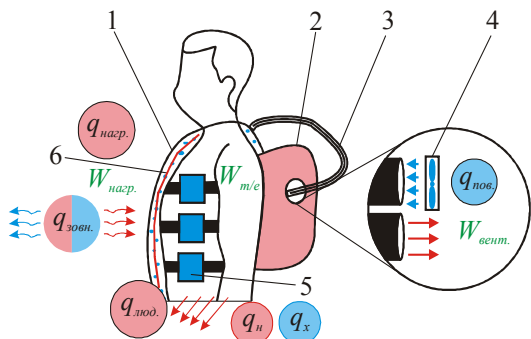


Рис. 30: 1 – одяг із каналами 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – термоелектричний тепловий насос, 6 – електричний нагрівник.

На рис. 30 зображено фізичну модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6), електричний нагрівник (п. 3) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (охолодження за ефектом Пельтьє у поєднанні з обдувом зовнішнім охолодженим повітрям), так і для нагріву (нагрів за ефектом Пельтьє у поєднанні з виділенням тепла у

провіднику зі струмом за ефектом Джоуля); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення термоелектричних перетворювачів та нагрівника.

### Модель 2.4.5.

На рис. 31 показано фізичну модель, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5), каталітичний пальник (п. 4) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною у поєднанні з обдувом зовнішнім охолодженим повітрям), так і для нагріву (нагрів компресійним тепловим насосом у поєднанні з виділенням тепла внаслідок каталітичного згоряння палива); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення компресора та нагрівника, необхідність заміни палива у нагрівнику, наявність шкідливих холодоагентів.

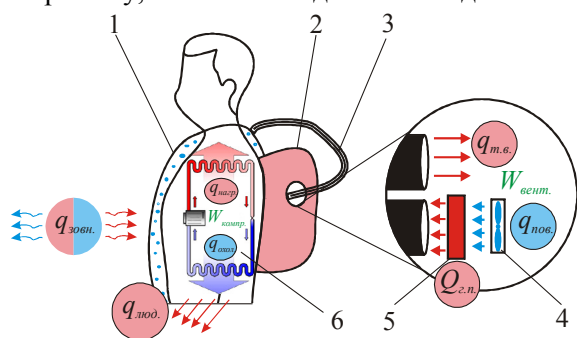


Рис. 31: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – каталітичний нагрівник, 6 – компресійний тепловий насос.

### Модель 2.4.6.

На рис. 32 зображено фізичну модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6), каталітичний пальник (п. 4) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (охолодження за ефектом Пельтьє у поєднанні з обдувом зовнішнім охолодженим повітрям), так і для нагріву (нагрів компресійним тепловим насосом у поєднанні з виділенням тепла внаслідок каталітичного згоряння палива); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення термоелектричних перетворювачів та нагрівника, необхідність заміни палива у нагрівнику.

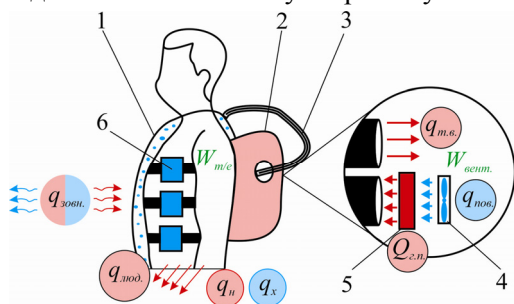


Рис. 32: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – каталітичний нагрівник, 6 – термоелектричний тепловий насос.

### Модель 1.2.3.5.

На рис. 33 – фізична модель, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5), електричний нагрівник (п. 3), тепловий акумулятор (п. 1) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною у поєднанні з обдувом зовнішнім охолодженим повітрям і фазовим переходом речовини), так і для нагріву (нагрів компресійним тепловим насосом у поєднанні з виділенням



тепла у провіднику зі струмом за ефектом Джоуля); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення компресора та нагрівника, необхідність заміни теплового акумулятора, наявність шкідливих холодоагентів.

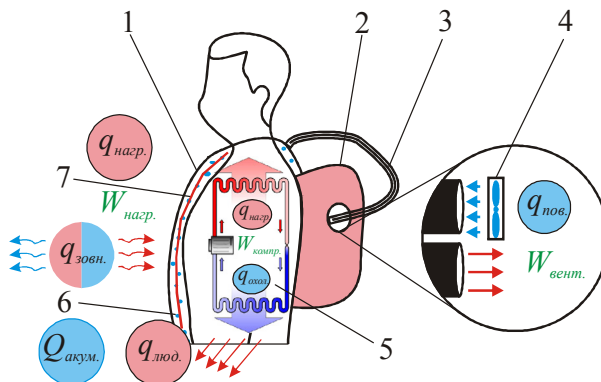


Рис. 33: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – компресійний тепловий насос, 6 – ємність з тепловим акумулятором, 7 – електричний нагрівник.

### Модель 1.2.3.6.

На рис. 34 – фізична модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6), електричний нагрівник (п. 3), тепловий акумулятор (п. 1) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (охолодження за ефектом Пельтьє у поєднанні з обдувом охолодженим повітрям і фазовим переходом речовини), так і для нагріву (нагрів за ефектом Пельтьє у поєднанні з виділенням тепла у провіднику зі струмом); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення термоелектричних перетворювачів та нагрівника, необхідність заміни теплового акумулятора, наявність шкідливих холодоагентів.

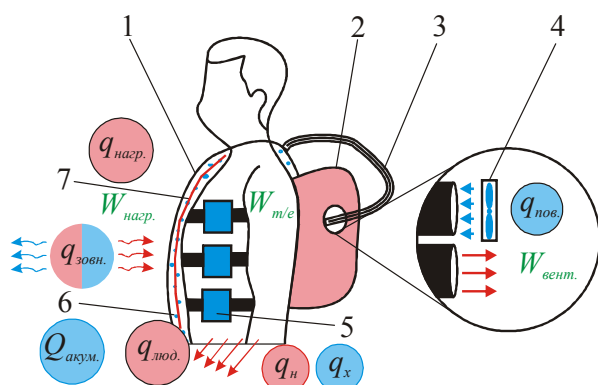


Рис. 34: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – термоелектричний тепловий насос, 6 – ємність з тепловим акумулятором, 7 – електричний нагрівник.

### Модель 1.2.4.5.

На рис. 35 зображено фізичну модель, що поєднує компресійний тепловий насос (п. 5), каталітичний пальник (п. 4), тепловий акумулятор (п. 1) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (механічне охолодження компресійною холодильною машиною у поєднанні з обдувом охолодженим повітрям і фазовим переходом речовини), так і для нагріву (нагрів компресійним тепловим насосом у поєднанні з виділенням

тепла внаслідок каталітичного згоряння палива); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення компресора, необхідність заміни теплового акумулятора та палива у нагрівнику, наявність шкідливих холодоагентів.

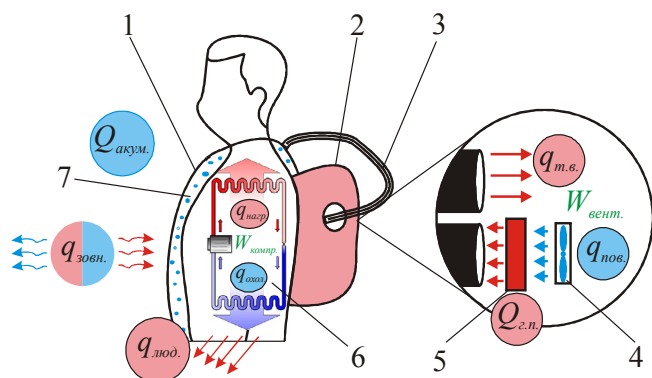


Рис. 35: 1 – одяг із каналами для проходження повітря 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – каталітичний нагрівник, 6 – компресійний тепловий насос, 7 – ємність з тепловим акумулятором.

### Модель 1.2.4.6.

На рис. 36 показано фізичну модель, що поєднує термоелектричний тепловий насос (п. 6), каталітичний пальник (п. 4), тепловий акумулятор (п. 1) з обдувом навколишнім повітрям (п. 2). Її переваги – можливість використання як для охолодження (охолодження за ефектом Пельтьє у поєднанні з обдувом зовнішнім охолодженим повітрям і фазовим переходом речовини), так і для нагріву (нагрів за ефектом Пельтьє у поєднанні з виділенням тепла внаслідок каталітичного згоряння палива); підвищення ефективності у режимах охолодження та нагріву за рахунок використання двох методів охолодження або нагріву. Недоліки – потреба у постійній підзарядці джерела живлення термоелектричних перетворювачів, необхідність заміни теплового акумулятора та палива у нагрівнику.

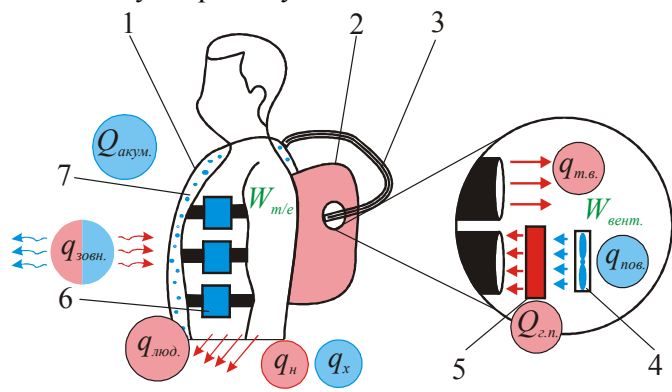


Рис. 36: 1 – одяг із каналами 3, 2 – блок, в якому знаходиться електричний вентилятор 4 з джерелом живлення, 5 – каталітичний нагрівник, 6 – термоелектричний тепловий насос, 7 – ємність з тепловим акумулятором.

Аналіз описаних вище фізичних моделей індивідуальних кондиціонерів для одягу засвідчив їх переваги, що робить перспективним подальше вивчення. Результати досліджень таких кондиціонерів будуть наведені у другій частині цієї роботи.

### Висновки

1. Проаналізовано особливості фізичних моделей індивідуальних кондиціонерів для одягу та розроблено їх детальну класифікацію.
2. Запропоновано 63 варіанти фізичних моделей індивідуальних кондиціонерів для одягу, з яких лише 12 на сьогоднішній момент вивчені.



3. Аналіз фізичних моделей кондиціонерів для одягу дав можливість виділити 23 комбінації моделей, перспективних для дослідження і практичної реалізації.

## **Література**

1. Обзор мирового рынка систем кондиционирования 2011 – 2012 г.г.– Холодильный бизнес.– № 9.– 2012.
2. Дубчак Ю. – Рост продаж кондиционеров как фактор глобального потепления. – <http://techhome.kiev.ua/articles>.– 2016.
3. Шкрадюк И.Э., Чупров В.А.– Технологическая картина мировой энергетики до 2050 г.– Smart Power Toolkit, Greenpeace.–2010.
4. Кобилянський Р.Р., Москалик І.А. Комп'ютерне моделювання локального теплового впливу на біологічну тканину // Термоелектрика. – № 6. – 2015. – С.59 – 68.
5. Витте Н.К. Тепловой обмен человека и его гигиеническое значение. – Киев: Госмедиздат, 1956. – 148 с.
6. Анатычук Л.И., Мисава К., Судзуки Н., Такаи Я., Розвер Ю.Ю.– Термоэлектрический кондиционер для помещений.–Термоэлектричество.– №1.–2003.
7. Пат. 66389 Україна, МПК 2011.01. Одяг для захисту від перегрівання / Мороз Л.В.; опубл. 26.12.11, Бюл. № 24.
8. Pat. US 3950789.- Dry ice cooling jacket / Stephan A. Konz, Jerry R. Duncan.- Pub. Date: Apr. 20, 1976.
9. Pat. CN 203633537 U.– Fan type cooling human body air conditioning clothes / Tian Weigu.- Pub. Date: June, 11, 2014.
10. Pat. US 20060191270 A1.– Air conditioning system for a garment / Ray Warren.- Pub. Date: Aug, 31, 2006.
11. Pat. US 20140137596 A1.- Cooling element / Vincent Dijkema, Erland Bakkers.- Pub. Date: May, 22, 2014.
12. Pat. US 20020073481 A1.- Cooling garment / Christopher Creagan, Charles Bolian, Irwin Singer.- Pub. Date: June, 20, 2002.
13. <http://www.inuteq.com/>.
14. Нойтель К.-Х.– Системы рабочей одежды для экстремально холодных условий труда.– Горный информационно-аналитический бюлетень.– № 2.– 2002.
15. Pat. US3524965 A.– Electric heating element for apparel / Stanley Arron.- Pub. Date: Aug. 18, 1970.
16. Pat. US 2002/0156509 A1 .- Thermal control suit / John A. Baker.- Pub. Date: Oct. 24, 2002.
17. Pat. US 2010/0107657 A1.- Apparel with heating and cooling capabilities / Kranthi K. Vistakula.- Pub. Date: May. 6, 2010.
18. <http://dhamainnovations.com/>
19. Layered clothing. (2015, April 11). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 16:25, June 27, 2015, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Layered\\_clothing&oldid=714783304](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Layered_clothing&oldid=714783304).
20. A.Nishino.– Recent progress in high-temperature catalytic combustion.– Catal. Today, 10 (1991) 107.
21. Heat pump. (2015, June 21). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 16:55, June 27, 2015, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Heat\\_pump&oldid=726328458](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Heat_pump&oldid=726328458).

Надійшла до редакції 19.02.2016