



Прибыла А.В.

Прибыла А.В.

Институт термоэлектричества НАН
и МОН Украины, ул. Науки, 1,
Черновцы, 58029, Украина;

**ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
КОНДИЦИОНЕРОВ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА
(часть первая)**

В работе привлечено внимание к перспективам использования индивидуальных кондиционеров для человека, которыми может быть осуществлена экономия энергетических ресурсов, уменьшение термического загрязнения окружающей среды и улучшение условий обитания человека. С целью определения возможностей разработки рациональных вариантов кондиционеров осуществлена их классификация по способу кондиционирования и назначений. Из классификации найдено около 20 новых конструктивных возможностей кондиционеров. Последнее может быть полезным при разработке вариантов кондиционеров как массового, так и специального назначения. Из анализа этих возможностей следует перспективность использования термоэлектрического охлаждения или нагрева в индивидуальных кондиционерах для человека. Обсуждаются такие использования как перспективное средство массового использования термоэлектричества.

Ключевые слова: тепловой насос, термоэлектричество, кондиционер, физическая модель.

The paper draws attention to the prospects for the use of individual air conditioners for the person that saves energy resources can be carried out, reducing thermal pollution and the improvement of human living conditions. In order to identify opportunities for the development of rational options for air conditioners their classification by the method of conditioning and appointments. With the classification found about 20 new design possibilities conditioners. They may be useful in the development of air-conditioning as a mass of options and special purpose. From the analysis of these features should be the prospect of using a thermoelectric cooling or heating individual air conditioning for a man. Agreeing on such use as a promising means of mass use of thermoelectricity.

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

Введение

Общая характеристика проблемы. Общеизвестна тенденция к экономии энергоресурсов для улучшения экологического состояния на Земле, в частности уменьшение ее термального загрязнения. Одним из важных направлений такой экономии является уменьшение энергетических затрат на создание комфортных условий жизнедеятельности человека [1]. Значительными являются затраты электрической энергии для кондиционирования жилья, мест работы и общественного использования (кинотеатры, театральные залы, места коллективного питания и др.). Энергетические потребности кондиционирования, особенно в критических

погодных условиях (летний период), являются настолько большими, что мощность существующих электрических сетей иногда не может их обеспечить. Общие расходы на кондиционирование в последние десятилетия достигли $\approx 800 \cdot 10^9$ кВт·ч в год и по прогнозам к 2100 году они вырастут в 30 раз [2]. Вместе с тем, нет необходимости в кондиционировании больших объемов жилья, промышленных предприятий. На самом деле, для создания таких условий достаточно осуществить кондиционирование самого человека, что позволяет в десятки и сотни раз уменьшить энергетические затраты.

Более того, как показывают медицинские исследования, во многих случаях не требуется кондиционировать весь корпус человека. Для обеспечения комфортных условий достаточно повлиять теплом или холодом на определенные участки организма [4], например, на голову в условиях перегрева или на конечности в условиях переохлаждения. Кроме того, можно ожидать, что использование кондиционированной одежды приведет к существенному снижению простудных заболеваний, а создание соответствующих температурных условий пребывания человека должно дать и лечебный эффект при различных воспалительных процессах, хронических заболеваниях суставов и других органов человеческого организма.

Индивидуальное кондиционирование является эффективным не только для экономии электроэнергии при повышенных температурах окружающей среды, но и в условиях его пониженных температур. Такие кондиционеры могут снизить требования к температурным условиям обитания человека. По оценкам использования индивидуальных кондиционеров в режиме нагрева можно сэкономить $4 \cdot 10^{12}$ кВт·ч тепловой энергии в год (от мирового уровня потребления энергии на отопление в год $40 \cdot 10^{12}$ кВт·ч) [3], что соответствует снижению потребления энергоресурсов ориентировочно на 10%.

Наличие индивидуальных кондиционеров позволяет улучшить и в целом качество жизни людей. Это обусловлено возможностями таких кондиционеров поддерживать комфортные условия при изменении внешних температурных условий (в широких пределах) или изменении теплоотдачи тела человека в зависимости от механических нагрузок организма (от 100 Вт в спокойном состоянии до 1 кВт, например, во время бега или тяжелой работы) [5] путем автоматического изменения воздействия на человека теплом или холодом.

Приведенное указывает на важность и актуальность исследований, направленных на создание индивидуальных кондиционеров для человека, которые, по большому счету, могут повлиять на условия и образ жизни человечества, что будет обусловлено переходом от пассивной одежды, которая до сих пор выполняет в основном функцию тепловой изоляции человеческого организма, к использованию активной одежды, которая реагирует на изменения температурных условий деятельности человека.

Исходя из вышеизложенного, представляется важным рассмотреть средства, которыми в наше время может быть достигнуто кондиционирование одежды для человека и как эти средства, или их комбинации, могут быть использованы для решения этой задачи. Последнее сводится к изучению физических моделей, которые могут быть использованы при создании таких кондиционеров, и их анализ с целью определения наиболее рациональных вариантов. Это и является предметом исследования в данной работе. При этом особый интерес в создании оптимальных конструкций представляют кондиционеры, в которых используются термоэлектрические явления охлаждения и нагрева [6], что, как показывают исследования, при небольших мощностях тепла и холода могут превзойти все другие способы.

Анализ литературы. Работы, направленные на создание кондиционированной одежды, уже активно проводятся во многих странах мира [7-18]. Наиболее распространенной в

настоящее время оказалась одежда пассивного кондиционирования, так называемая термическая одежда (термобельё) [19]. Её использование позволяет сохранить тепло (по теплоизоляционным свойствам она эквивалентна двум и более слоям традиционной одежды) и при этом обеспечить отвод влаги от тела за счет использования синтетических тканей сложной внутренней структуры. Как правило, такая одежда состоит из трех слоев: нижний – поглощает и отводит влагу; средний – отводит влагу наружу и сохраняет тепло; верхний – защищает от неблагоприятных погодных условий.

Что касается активного кондиционирования, то это в основном кондиционеры специального назначения для создания соответствующих условий, связанных с профессиональной деятельностью в экстремальных температурных условиях.

В частности, в работах [7, 8] представлено специальную одежду для защиты от перегрева рабочих горячих цехов, использующую аккумуляторы холода в виде сополимера акрилата калия [7] или сухого льда [8]. В первом случае для «зарядки» аккумулятора одежда замачивается в воде в течение нескольких часов, материал аккумулятора поглощает жидкость, которая обеспечивает охлаждение в течение 8 часов, поглощая при этом до 12.5 кДж/см^2 в час. Кондиционер [8], используется размещен во внутренней подкладке одежды сухой лед, осуществляет охлаждение путем циркуляции охлажденного газообразного диоксида углерода в пространстве между внутренней поверхностью куртки и телом человека.

В [9, 10] использован метод охлаждения организма путем его обдува окружающим воздухом. Такой кондиционер производится в виде комбинезона с каналами для прохождения воздуха, нагнетаемого в одежду электрическим вентилятором.

В [11-13] описано одежду с охлаждением для военнослужащих, спортсменов и врачей, основанную на поглощении тепловой энергии в результате фазового перехода вещества. Такая одежда изготавливается в виде курток, коленных или локтевой повязок и т.д. с каналами, заполненными водой. Охлаждение в таком случае осуществляется путем испарения воды через специальную пористую внешнюю поверхность кондиционера. Время его непрерывной работы составляет до 6 часов, что обеспечивает снижение температуры до 15°C от температуры окружающей среды (при относительной влажности воздуха 30%).

В работах [14, 15] раскрываются аспекты создания кондиционеров-нагревателей для защиты от переохлаждения. В частности, в [14] описано конструкцию нагревателя воздуха в виде маски для горняков, работающих при экстремально низких температурах, в которой подогрев воздуха осуществляется резистивным нагревателем.

Особый интерес вызывают работы [16-18], в которых представлены результаты разработки термоэлектрических кондиционеров. Они представляют собой расположенные в одежде модули Пельтье, осуществляющие охлаждение или нагрев одежды в зависимости от направления электрического тока.

Все перечисленные методы кондиционирования одежды имеют свои специфические преимущества но, одновременно, и существенные недостатки. Поэтому важно рассмотреть все современные методы, используемые для индивидуального кондиционирования организма человека, и определить как эти методы или их комбинации, могут быть использованы для создания новых эффективных индивидуальных кондиционеров для человека.

Целью данной работы является определение возможных вариантов индивидуальных кондиционеров, их классификация и анализ для дальнейшего улучшения их качества с учетом специфических условий эксплуатации.

Классификация индивидуальных кондиционеров для человека

В данной работе индивидуальные кондиционеры для человека классифицируются по следующим признакам: функциональному назначению, типу источника тепла и холода, объекту охлаждения или нагрева и по назначению одежды (рис. 1).

По функциональному назначению различают индивидуальные кондиционеры, используемые только для охлаждения, только для нагрева или для охлаждения и нагрева в зависимости от потребностей. Каждый из этих кондиционеров отличается по типу источника тепла или холода.

По объекту охлаждения или нагрева индивидуальные кондиционеры можно разделить на те, которые обеспечивают кондиционирование всего тела (комбинезон с персональным кондиционером) или его участков – головы (головной убор с кондиционером), туловища (жилет с кондиционером), локтевых или коленных суставов (повязка с кондиционером), поясницы (пояс с кондиционером), живота (накладка с кондиционером, закрепленная на животе), кистей рук (перчатки с кондиционером), стоп (обувь с кондиционером).



Рис. 1. Классификация индивидуальных кондиционеров для одежды.

В зависимости от сфер использования кондиционированной одежды они делятся на кондиционеры для бытовой одежды (создание комфортных условий в быту и на отдыхе), для спортсменов (одежда, которая обеспечивает отвод тепла при экстремальных физических нагрузках), для врачей (например, защитная одежда для хирургов при проведении длительных операций или операций в одежде, что защищает от вредного излучения), для водителей транспортных средств (пилотов, космонавтов, водителей автомобилей и мотоциклов), для военнослужащих (например, кондиционер для бронежилетов, что обеспечит комфортные условия выполнения задач военными в различных климатических условиях), для рабочих (например,

одежда, что защищает от длительного воздействия повышенных температур на металлургических заводах или наоборот – защита от пониженных температур рабочих на севере).

Наиболее определяющим признаком, отличающим кондиционеры друг от друга, является тип источников тепла или холода. От них, в первую очередь, зависит эффективность функционирования кондиционеров. Поэтому рассмотрим ниже классификацию индивидуальных кондиционеров для человека по типам источников тепла и холода.

Классификация физических моделей индивидуальных кондиционеров для человека

Проведенный анализ литературы свидетельствует о значительной неисследованности проблемы создания индивидуальных кондиционеров для человека, объединяющей основные преимущества известных методов получения тепла и холода. Сначала рассмотрим все возможные комбинации источников тепла и холода, которыми осуществляется кондиционирование. Этим обеспечивается полный перечень физических моделей кондиционеров. Их варианты приведены в таблице. В ней: 1 – аккумуляторы тепла или холода (в частности в которых использован фазовый переход вещества) 2 – окружающий воздух; 3 – электрический нагреватель; 4 – каталитический нагреватель; 5 – компрессионный тепловой насос; 6 – термоэлектрический тепловой насос.

Таблица

Варианты физических моделей индивидуальных кондиционеров для человека

| | 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 использованы; |
| | – перспективные; |
| | – использование нецелесообразно. |

Таблица содержит как известные варианты кондиционеров (12 физических моделей, преимущественно простых с одним типом источника тепла или холода), так и те, которые в настоящее время нецелесообразно реализовывать (28 моделей). Однако она позволяет выделить новые физические модели кондиционеров, которые могут быть перспективными для практического использования.

Сначала рассмотрим физические модели известных кондиционеров. Они оцифрованы согласно таблице 1.

Физические модели известных индивидуальных кондиционеров для человека

Физические модели с аккумуляторами тепла или холода

Одним из самых простых способов охлаждения или нагрева является использование аккумуляторов тепла или холода соответственно [7, 8]. Принцип работы таких кондиционеров основан на использовании веществ с большой теплоемкостью, что постепенно выделяют или поглощают тепловой поток от человека.

Физические модели индивидуального кондиционера с аккумулятором тепла или холода представлены на рис. 2.

В режиме охлаждения (рис. 2а) тепловой аккумулятор поглощает количество тепла, равно:

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

где $Q_{\text{акум.}}$ – тепловая энергия, что поглощается тепловым аккумулятором (Дж), V – объем теплового аккумулятора (м^3), ρ – его плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$), C – удельная теплоемкость ($\text{Вт}/\text{кг} \cdot \text{К}$), $(T_2 - T_1)$ – разница между конечной T_2 и начальной T_1 температурами вещества теплового аккумулятора, t – время разрядки аккумулятора (с) от температуры T_1 до T_2 .

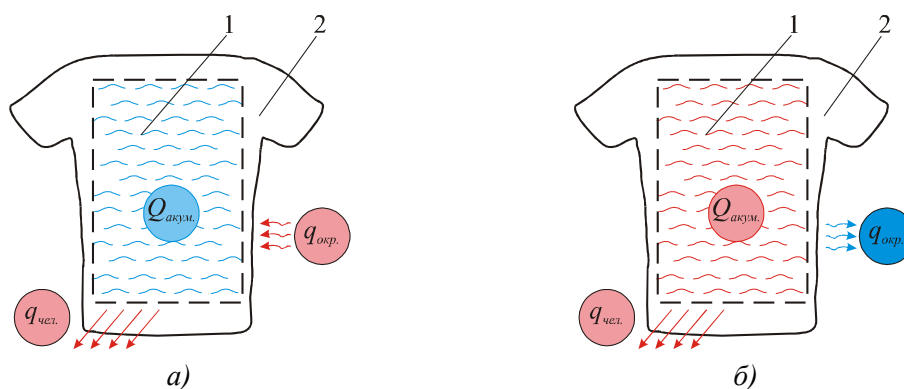


Рис. 2. Физическая модель индивидуального кондиционера с аккумулятором тепла или холода: 1 – емкость с тепловым аккумулятором, 2 – кондиционированная одежда, а) режим охлаждения, б) режим нагрева.

В таком случае уравнение теплового баланса будет иметь вид:

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

где $q_{\text{чел.}}$ – мощность тепловыделения с тела человека (Вт), $q_{\text{окр.}}$ – мощность тепловыделения с окружающей среды (Вт), например, тепловое излучение от нагретых объектов, t – время разрядки аккумулятора (с) от температуры T_2 до T_1 .

В режиме нагрева (рис. 2б) уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$Q_{\text{акум.}} = (q_{\text{окр.}} - q_{\text{чел.}}) \cdot t, \quad (3)$$

С (2), (3) видно, что нормальный теплообмен с тела человека можно обеспечить на протяжении времени t , что зависит от параметров теплового аккумулятора и мощности тепловыделения с тела человека $q_{\text{чел.}}$ и окружающей среды $q_{\text{окр.}}$.

Недостатком такой схемы кондиционирования есть потребность в постоянной замене («зарядке») аккумулятора, что делает невозможным его длительное использование.

Разновидностью кондиционеров, использующих тепловые аккумуляторы, являются охладители с фазовым переходом вещества [11-13]. В них рабочее вещество (жидкость, сухой лед) испаряется, поглощая при этом тепловую энергию. Такая схема кондиционирования эффективнее, чем предыдущий вариант, но имеет свои недостатки – отсутствие возможности нагрева одежды, сильная зависимость от условий окружающей среды, в частности влажности и температуры воздуха.

Тепловая энергия $Q_{ф.п.}$ (Дж), что отводится в окружающую среду таким кондиционером, будет равной:

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

где L – удельная теплота парообразования (Дж/кг), V – объем вещества, что испаряется ($м^3$), ρ – её плотность ($кг/м^3$).

В таком случае уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$Q_{акум.} = (q_{чел.} + q_{окр.}) \cdot t, \quad (5)$$

где t – время полного испарения вещества.

Как видно с (5), весомым недостатком такой модели кондиционера есть потребность в постоянной замене рабочего вещества, что делает невозможным его длительное использование.

Физическая модель с использованием тепловой энергии окружающего воздуха

Распространенным методом, используется только для охлаждения тела человека, является использование теплообмена с окружающей средой [9, 10] (рис. 3). В этом случае необходимым для обеспечения охлаждения организма есть условие, чтобы температура окружающего воздуха была ниже температуры тела. Кроме того, такая схема кондиционирования одежды предусматривает наличие электрического вентилятора, что потребляет определенную мощность $W_{вент.}$, и, соответственно, источника его питания.

Тепловая мощность $q_{пол.}$ (Вт), что отводится в окружающую среду таким кондиционером, будет равной:

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

где G расход воздуха ($м^3/сек$), что является функцией мощности вентилятора $W_{вент.}$, ρ – плотность воздуха ($кг/м^3$), C – удельная теплоемкость воздуха ($Вт/кг \cdot К$), $(T_2 - T_1)$ – разница между температурами воздуха на выходе T_2 и входе T_1 в кондиционер.

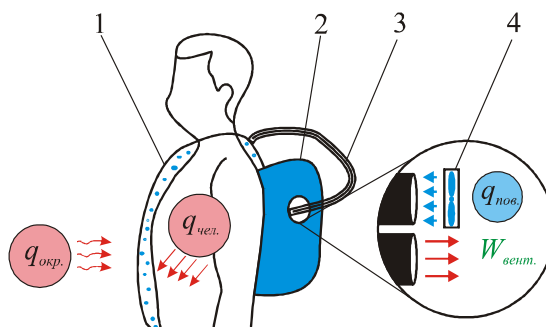


Рис. 3. Физическая модель индивидуального кондиционера с теплообменом с окружающей средой: 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха, 2 – блок кондиционера в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 3 – каналы для обмена воздухом.

Уравнение теплового баланса в таком случае можно записать следующим образом:

$$q_{пов.} = q_{чел.} + q_{окр.} \quad (7)$$

Недостатком такого способа кондиционирования есть низкая эффективность, отсутствие возможности нагрева, сильная зависимость от условий окружающей среды, потребность в источнике электропитания.

Физическая модель с использованием эффекта Джоуля

Простым способом для подогрева одежды является использование электрических резистивных нагревателей [14, 15] (рис. 4). Такой кондиционер содержит встроенный в одежду нагреватель в виде проводника, через который протекает электрический ток, и источник электрического питания с блоком регулирования. Несмотря на свою простоту, такой кондиционер имеет свои недостатки – отсутствие возможности охлаждения и потребность в постоянной подзарядке источника питания (электрического аккумулятора).

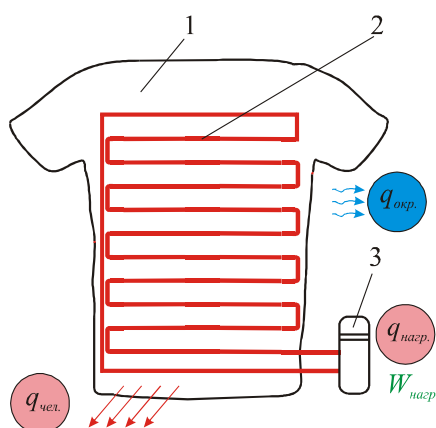


Рис. 4. Физическая модель индивидуального кондиционера, что использует эффект Джоуля :
1 – кондиционированная одежда, 2 – электрический нагреватель,
3 – источник питания.

Тепловая мощность $q_{нагр.}$ (Вт), что выделяется таким нагревателем, будет равной:

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

где I – сила тока (А), r – электрическое сопротивление нагревателя (Ом).

Уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$q_{нагр.} = q_{окр.} - q_{чел.} \quad (9)$$

Коэффициент эффективности такого нагревателя близок к единице, поскольку почти вся затраченная электрическая мощность $W_{нагр.}$ превращается в тепловой поток $q_{нагр.}$.

Физическая модель с каталитическим сгоранием топлива

Еще одним способом подогрева одежды является использование каталитического сгорания газа в горелке [20] (рис. 5). Принцип работы такого кондиционера-нагревателя заключается в выделении тепла при беспламенном окислении (сгорании) газовой смеси в присутствии катализатора. Нагретый таким способом воздух попадает через систему каналов в одежду, нагревая её. Продукты сгорания газа отводятся в окружающую среду.

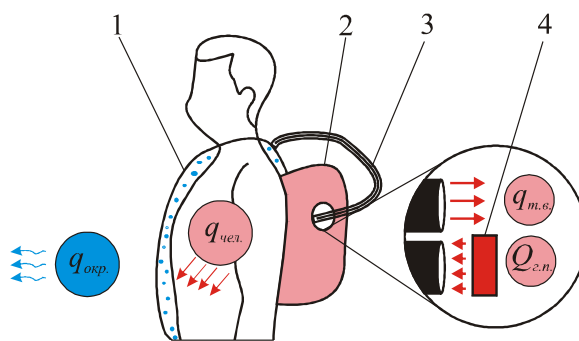


Рис. 5. Физическая модель индивидуального кондиционера с каталитическим сгоранием газа:

1 – одежда с каналами для прохождения нагретого воздуха каналами 3,
2 – контейнер, в котором находится горелка 4.

Тепловая энергия $Q_{c.m.}$ (Дж), что выделяется при сгорании топлива, будет равной:

$$Q_{c.m.} = g \cdot m, \quad (10)$$

где g – удельная теплота сгорания топлива (Дж/кг), m – масса топлива (кг).

Уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$Q_{c.m.} = (q_{окр.} - q_{чел.} + q_{m.в.}) \cdot t, \quad (11)$$

где $q_{m.в.}$ – тепловая мощность (Вт), что выделяется в окружающую среду с продуктами сгорания топлива и отработанным воздухом.

К достоинствам описанного метода кондиционирования одежды следует отнести относительно малую потребность в источнике тепла (бензин, спирт), к недостаткам – отсутствие возможности охлаждения одежды.

Физическая модель с компрессионным тепловым насосом

В основе работы компрессионных тепловых насосов лежит холодильный цикл [21]. Простой паровой цикл механической холодильной машины реализуется с помощью четырех элементов, образующих замкнутый холодильный контур – компрессора, конденсатора, дроссельного вентиля и испарителя или охладителя (рис. 6). Пар с испарителя поступает в компрессор и сжимается, в результате чего его температура повышается. После выхода из компрессора пар, имеющий высокую температуру и давление, поступает в конденсатор, где охлаждается и конденсируется. С конденсатора жидкость проходит через дроссельный вентиль. Поскольку температура кипения (насыщения) для данного давления оказывается ниже температуры жидкости, начинается ее интенсивное кипение; при этом часть жидкости испаряется, а температура остальной части опускается до равновесной температуры насыщения (тепло жидкости расходуется на ее превращение в пар). Таким образом, реализуется охлаждение или нагрев необходимых участков одежды. К недостаткам такого способа кондиционирования можно отнести потребность в обеспечении зарядки источника электрического питания компрессора (аккумуляторной батареи), наличие хладагента (в частности фреона, что является достаточно токсичным), массогабариты, а также шумность работы.

Тепловая мощность $q_{хол.}$ (Вт), что отбирается на холодной стороне компрессорного холодильника (холодопроизводительность), определяется соотношением:

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

где $q_{нагр.}$ – тепловая мощность (Вт), что отводится с горячей стороны в окружающую среду, $W_{компр.}$ – затраченная компрессором электрическая мощность (Вт).

Для обеспечения теплового баланса в режиме охлаждения:

$$q_{хол.} = q_{окр.} + q_{чел.} \quad (13)$$

В режиме нагрева (13) переписывается:

$$q_{нагр.} = q_{окр.} - q_{чел.} \quad (14)$$

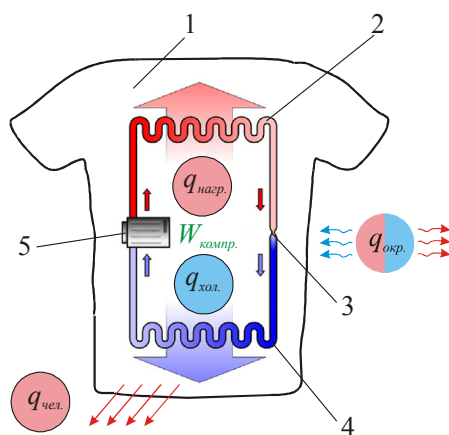


Рис. 6. Физическая модель индивидуального кондиционера с компрессионным тепловым насосом: 1 – одежда, 2 – испаритель, 3 – дроссельный вентиль, 4 – конденсатор, 5 – компрессор.

Следует отметить, что, несмотря на свои недостатки, компрессионные тепловые насосы имеют высокое значение коэффициента эффективности преобразования энергии (холодильный коэффициент на уровне 3).

Физическая модель с термоэлектрическим тепловым насосом

Удобным способом охлаждения или нагрева одежды является использование термоэлектрических тепловых насосов, работающих на эффекте Пельтье [16-18] (рис. 7). Такой кондиционер в зависимости от направления электрического тока в термоэлектрических модулях может использоваться как для охлаждения, так и для нагрева.

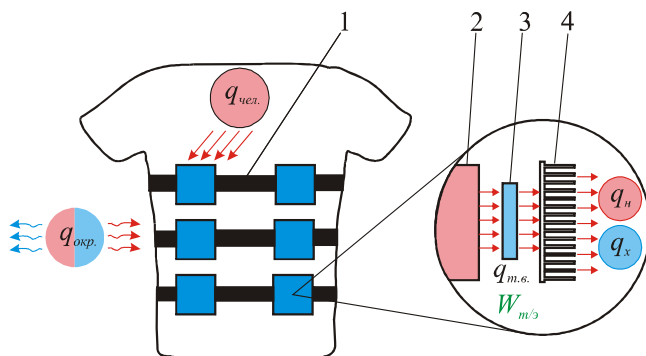


Рис. 7. Физическая модель индивидуального кондиционера с термоэлектрическим тепловым насосом: 1 – одежда с системой крепления, 2 – элемент, обеспечивающий тепловой контакт термоэлектрического преобразователя энергии 3 с одеждой, 4 – воздушный теплообменник.

В режиме охлаждения тепловая мощность q_x (Вт), что поглощается на холодной стороне термоэлектрического преобразователя, равна:

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

где Π – коэффициент Пельтье (В), K – полная теплопроводность (Вт/К), ΔT – перепад температуры на термоэлектрическом преобразователе (K).

Баланс теплот имеет вид:

$$q_x = q_{окр.} + q_{чел.}, \quad (16)$$

Для режима нагрева тепловая мощность q_n (Вт), что выделяется на горячей стороне термоэлектрического преобразователя, равна:

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

Баланс теплот имеет вид в режиме нагрева:

$$q_n = q_{окр.} - q_{чел.}. \quad (18)$$

К преимуществам такого способа кондиционирования можно отнести: высокую эффективность, надежность, небольшие массогабариты, экологичность (отсутствие вредных хладагентов) и бесшумность в работе. К недостаткам – необходимость в постоянной подзарядке электрических аккумуляторов.

Модель 1.2.

На рис. 8 представлена физическая модель индивидуального кондиционера для человека, которая является комбинацией описанных выше моделей с использованием тепловой энергии окружающего воздуха (п. 2) и тепловых аккумуляторов (п. 1).

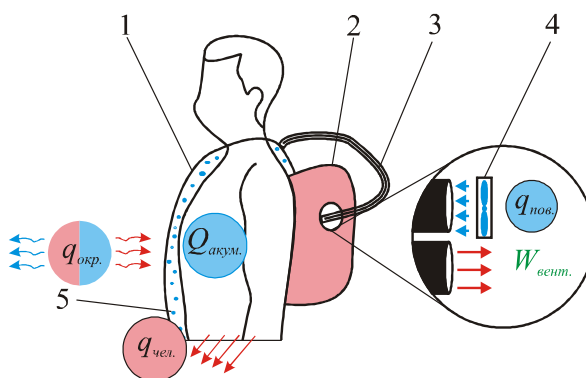


Рис. 8. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3,
2 – контейнер в котором находится вентилятор 4,
5 – емкость с тепловым аккумулятором.

Преимущество такого способа кондиционирования одежды – повышение эффективности охлаждения вследствие использования двух источников холода. Недостатки – отсутствие возможности подогрева одежды и потребность в постоянной подзарядке источника электрического питания вентилятора и замене теплового аккумулятора (вода, сухой лед и т.д.).

Модель 1.3.

На рис. 9 изображено физическую модель индивидуального кондиционера, что является комбинацией моделей с использованием эффекта Джоуля (п. 3) и тепловых аккумуляторов (п. 1).

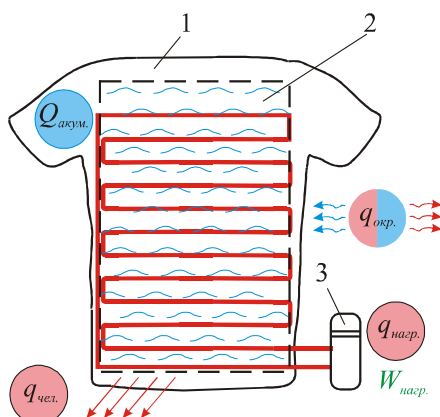


Рис. 9. 1 – кондиционированная одежда, 2 – емкость с тепловым аккумулятором, 3 – электрический нагреватель.

Преимуществом такого способа кондиционирования одежды является возможность его использования как для охлаждения (путем поглощения тепловой энергии при фазовом переходе вещества), так и для нагрева (путем выделения тепла при протекании тока через проводник). Недостатком – потребность в постоянной подзарядке источника электрического питания нагревателя и замене теплового аккумулятора (вода, сухой лед и т.д.).

Модель 2.3.

Еще одна физическая модель индивидуального кондиционера для человека, что уже используется на практике, изображена на рис. 10. Она сочетает модели с использованием тепловой энергии окружающего воздуха (п. 2) и теплового воздействия эффекта Джоуля (п. 3).

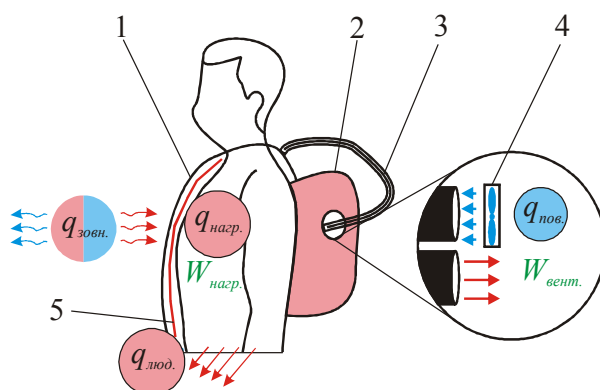


Рис. 10. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – контейнер в котором находится вентилятор 4, 5 – электрический нагреватель.

Преимуществом такого способа кондиционирования одежды является возможность его использования как для охлаждения (путем поглощения тепловой энергии при обдуве тела

человека окружающим воздухом с низкой температурой), так и для нагрева (путем выделения тепла при протекании тока через проводник). Недостатком – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания нагревателя и вентилятора.

Модель 2.4.

На рис. 11 – физическая модель кондиционера для человека, что комбинирует использование тепловой энергии окружающего воздуха (п. 2) и теплового воздействия при каталитическом сгорании топлива (п. 4).

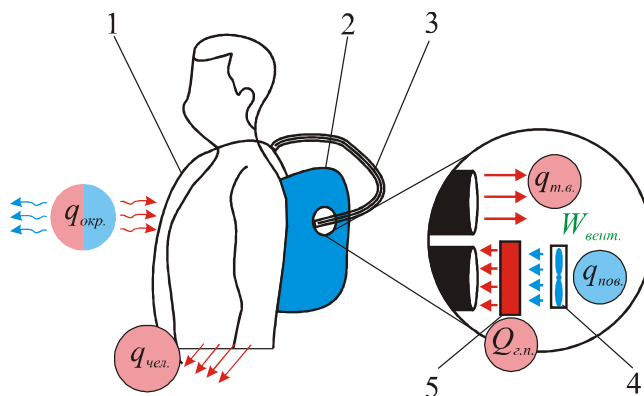


Рис. 11. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – контейнер в котором находится вентилятор 4 и газовая горелка 5.

К его достоинствам следует отнести возможность его использования как для охлаждения (путем поглощения тепловой энергии при обдуве тела человека окружающим воздухом с низкой температурой), так и для нагрева (выделение тепловой энергии при каталитическом сгорании топлива). К недостаткам – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания вентилятора и замене топлива в каталитическом нагревателе.

Модель 2.5.

На рис. 12 представлено физическую модель, что сочетает использование тепловой энергии окружающего воздуха (п. 2) и компрессионного теплового насоса (п. 5).

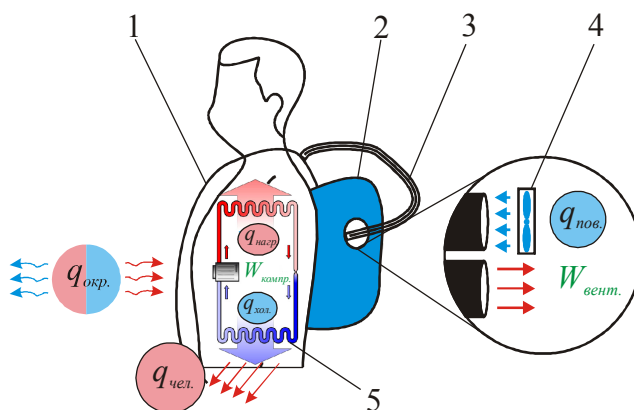


Рис. 12. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – контейнер, в котором находится вентилятор 4, 5 – компрессионный тепловой насос

К достоинствам следует отнести возможность его использование как для охлаждения (путем функционирования компрессионного теплового насоса и поглощения тепловой энергии

при обдуве тела человека окружающим воздухом с низкой температурой), так и для нагрева (выделение тепловой энергии при обратном цикле компрессионного теплового насоса). К недостаткам – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания вентилятора и компрессора, наличие вредных хладагентов (например, фреона).

Модель 2.6.

На рис. 13 изображена физическая модель индивидуального кондиционера для человека, которая комбинирует использование тепловой энергии окружающего воздуха (п. 2) и термоэлектрического теплового насоса (п. 5).

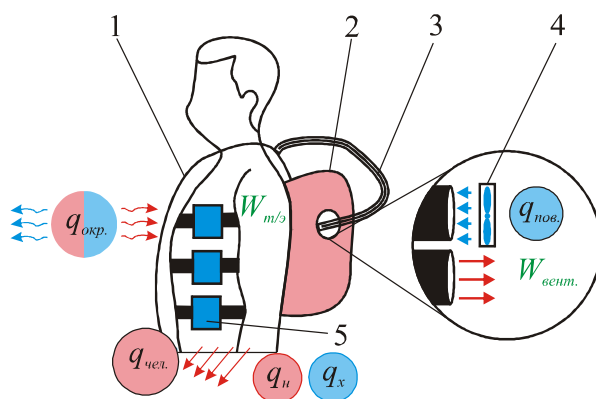


Рис. 13. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – контейнер, в котором находится вентилятор 4, 5 – термоэлектрический тепловой насос.

К преимуществам такого способа кондиционирования одежды следует отнести возможность его использования как для охлаждения (путем применения термоэлектрического теплового насоса и поглощения тепловой энергии при обдуве тела человека окружающим воздухом с низкой температурой), так и для нагрева (выделение тепловой энергии при термоэлектрическом нагреве). К недостаткам – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания вентилятора и термоэлектрических преобразователей энергии.

Новые физические модели индивидуальных кондиционеров для человека

Как показано в таблице 1, выбрано 23 физические модели индивидуальных кондиционеров для человека, перспективными для дальнейших исследований. Эти модели являются комбинациями известных методов получения тепла и холода, которые были описаны в предыдущем разделе. Рассмотрим их подробно.

Модель 1.4.

На рис. 14 представлено физическую модель индивидуального кондиционера для человека, сочетающего каталитический нагреватель (п. 4) с тепловым аккумулятором (п. 1). Такая модель позволяет повысить функциональность кондиционирования одежды – обеспечить охлаждение (путем поглощения тепловой энергии при фазовом переходе вещества, содержащегося в резервуаре с тепловым аккумулятором) или нагрев (нагрев воздуха, попадающего в каналы в одежде, в результате каталитического сжигания газа) одежды. Ее недостатком является необходимость постоянной замены теплового аккумулятора и топлива в нагревателе.

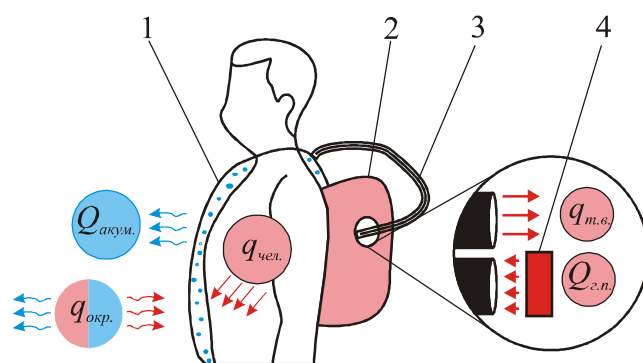


Рис. 14. 1 – емкость с аккумулятором тепла,
2 – контейнер в котором находится газовая горелка 4,
3 – каналы для прохождения, нагретого воздуха.

Модель 1.5.

На рис. 15 изображено физическую модель индивидуального кондиционера для человека, сочетающего компрессионный тепловой насос (п. 5) с тепловым аккумулятором (п. 1). Использование такого способа кондиционирования позволяет повысить эффективность охлаждения одежды путем объединения механического охлаждения компрессионной холодильной машиной с охлаждением путем фазового перехода вещества. Преимуществом такого способа кондиционирования одежды есть также возможность его использования в режиме нагрева (путем обратного цикла компрессионной холодильной машины). Недостатком – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания компрессора, необходимость замены теплового аккумулятора и наличие вредных хладагентов.

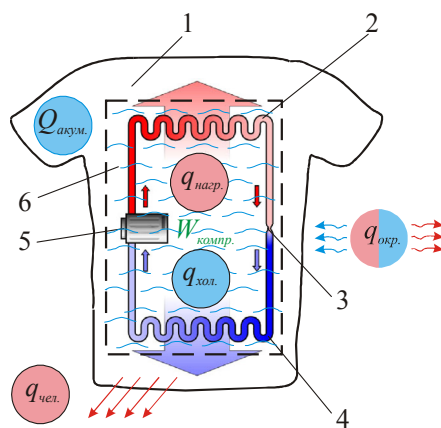


Рис. 15. 1 – одежда, 2 – испаритель, 3 – дроссельный
вентиль, 4 – конденсатор, 5 – компрессор,
6 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 1.6.

На рис. 16 – физическая модель, сочетающая термоэлектрический тепловой насос (п. 6) с тепловым аккумулятором (п. 1). Ее использование позволит повысить эффективность охлаждения одежды путем объединения термоэлектрического эффекта Пельтье с охлаждением путем фазового перехода вещества. Возможно также ее использование в режиме нагрева благодаря термоэлектрическим преобразователям энергии. Ее недостатком является необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания термоэлектрических модулей и необходимость замены теплового аккумулятора.

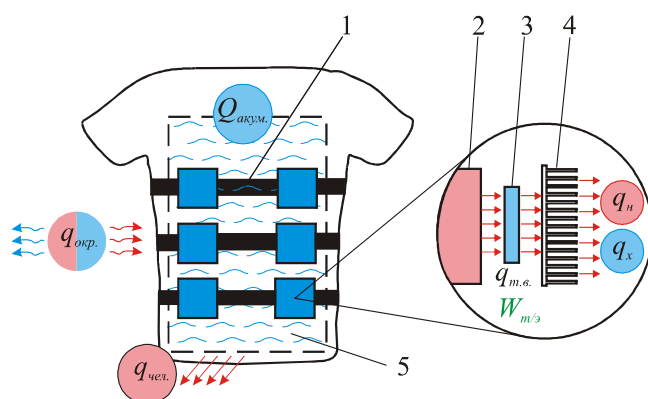


Рис. 16. 1 – одежда с системой крепления, 2 – элемент, обеспечивающий тепловой контакт термоэлектрического преобразователя энергии 3 с одеждой, 4 – воздушный теплообменник, 5 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 3.5.

На рис. 17 представлена физическая модель кондиционера для человека, которая объединяет компрессионный тепловой насос (п. 5) с электрическим нагревателем (п. 3). Преимущества такого способа кондиционирования одежды – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машиной), так и для нагрева (компрессионный тепловой насос и эффект Джоуля у проводнике с током); повышение эффективности в режиме нагрева за счет использования двух методов нагрева. Недостатки – потребность в постоянной подзарядке источника электрического питания компрессора и нагревателя, наличие вредных хладагентов.

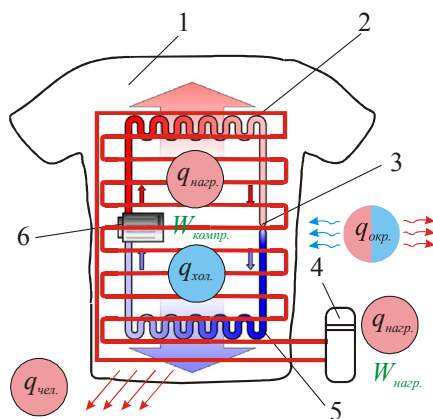


Рис. 17. 1 – одежда, 2 – испаритель, 3 – дроссельный вентиль, 4 – конденсатор, 5 – компрессор, 6 – электрический нагреватель.

Модель 3.6.

На рис. 18 изображена физическая модель, объединяющая термоэлектрический тепловой насос (п.6) с электрическим нагревателем (п. 3). Её преимущества – возможность использования как для охлаждения (термоэлектрический эффект Пельтье), так и для нагрева (термоэлектрический тепловой насос и эффект Джоуля в проводнике с током); повышение эффективности в режиме нагрева за счет использования двух методов нагрева. Недостаток – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания термоэлектрических преобразователей и нагревателя.

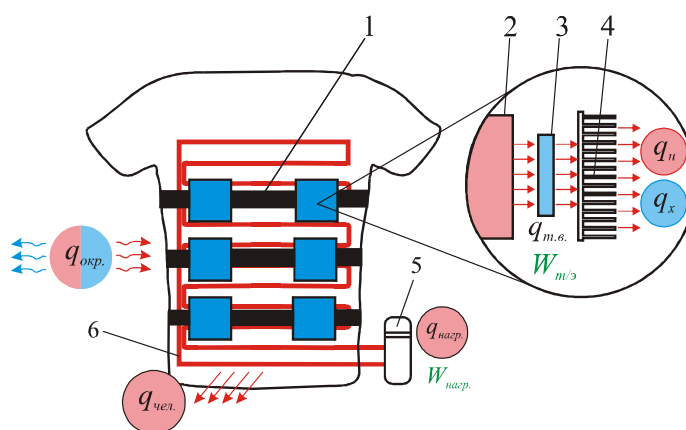


Рис. 18. 1 – одежда с системой креплений, 2 – элемент, обеспечивающий тепловой контакт термоэлектрического преобразователя энергии 3 с одеждой, 4 – воздушный теплообменник, 5 – электрический нагреватель.

Модель 4.5.

На рис. 19 – физическая модель кондиционера для человека, объединяющая компрессионный тепловой насос (п. 5) с каталитической горелкой (п. 4). Её преимущества – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машиной), так и для нагрева (компрессионный тепловой насос и каталитическое сгорание топлива); повышение эффективности в режиме нагрева за счет использования двух методов нагрева. Недостатки – потребность в постоянной подзарядке источника электрического питания компрессора, необходимость замены топлива в нагревателе и наличие вредных хладагентов.

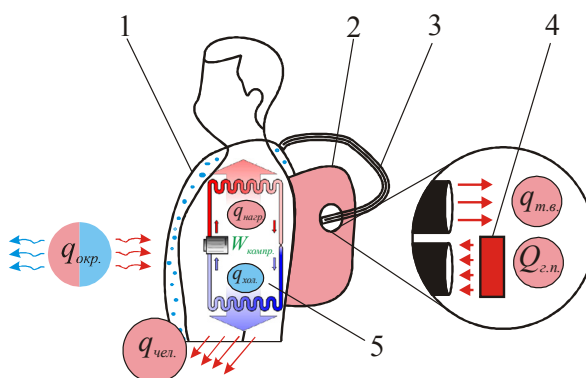


Рис. 19. 1 – одежда, 2 – контейнер, в котором находится газовая горелка 4, 3 – каналы для прохождения нагретого воздуха, 5 – компрессионный тепловой насос.

Модель 4.6.

На рис. 20 представлена физическая модель объединяющая термоэлектрический тепловой насос (п. 6), с каталитической горелкой (п. 4). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (охлаждение за эффектом Пельтье), так и для нагрева (выделение тепла вследствие каталитического сгорания топлива, термоэлектрический нагрев за эффектом Пельтье); повышение эффективности в режиме нагрева за счет использования двух методов. Недостатки – потребность в постоянной подзарядке источника питания термоэлектрических преобразователей, необходимость замены топлива в нагревателе.

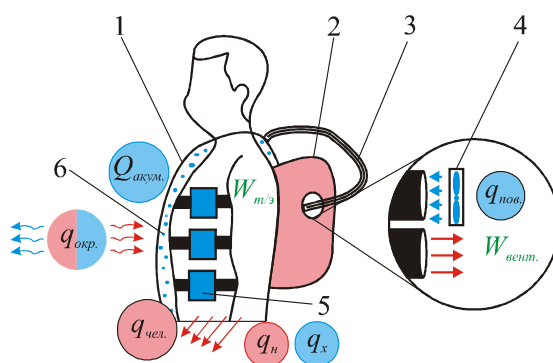


Рис. 20. 1 – одежда с каналами 3,
2 – блок с каталитической горелкой 4,
5 – термоэлектрический тепловой насос.

Модель 1.2.3.

На рис. 21 представлено физическую модель индивидуального кондиционера, сочетающая обдув, окружающим воздухом (п. 2), тепловой аккумулятор (п. 1) с электрическим нагревателем (п. 3). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (поглощение тепла при фазовом переходе вещества, обдув, окружающим воздухом с низкой температурой), так и для нагрева (выделение тепла согласно эффекта Джоуля в проводнике с током). Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания нагревателя и вентилятора, а также необходимость замены теплового аккумулятора.

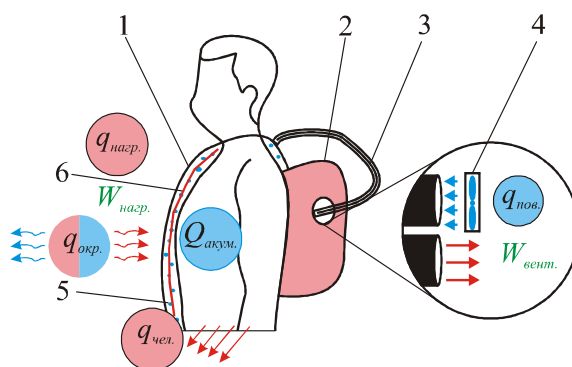


Рис. 21. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3,
2 – блок кондиционера в котором находится электрический
вентилятор 4 с источником питания,
5 – емкость с тепловым аккумулятором,
6 – электрический нагреватель.

Модель 1.2.4.

На рис. 22 изображена физическая модель кондиционера для человека, сочетающего обдув, окружающим воздухом (п. 2), тепловой аккумулятор (п. 1) с каталитической горелкой (п. 4). Преимущества такого кондиционирования одежды – возможность использования как для охлаждения (поглощение тепла при фазовом переходе вещества, обдув, окружающим воздухом с низкой температурой), так и для нагрева (выделение тепла в результате каталитического сгорания топлива в сочетании с принудительным обдувом вентилятором). Недостатки – необходимость постоянной замены теплового аккумулятора и топлива в нагревателе, потребность в питании электрического вентилятора.

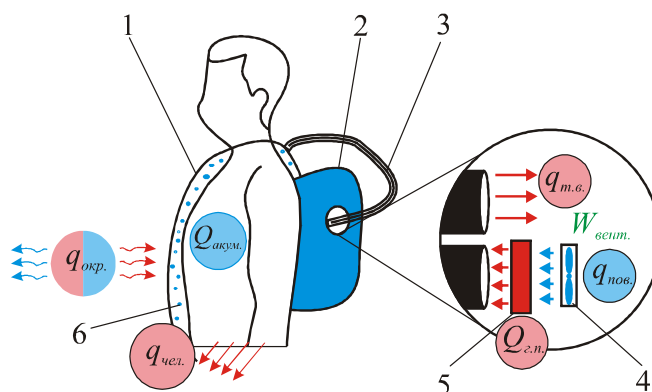


Рис. 22. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3,
2 – блок кондиционера в котором находится электрический вентилятор 4,
5 – каталитическая горелка, 6 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 1.2.5.

На рис. 23 – физическая модель, сочетающая компрессионный тепловой насос (п. 5), тепловой аккумулятор (п. 1) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машиной в сочетании с обдувом окружающим воздухом), так и для нагрева (компрессионный тепловой насос); повышение эффективности в режиме охлаждения за счет использования двух методов отбора тепла. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания компрессора, необходимость замены теплового аккумулятора и наличие вредных хладагентов.

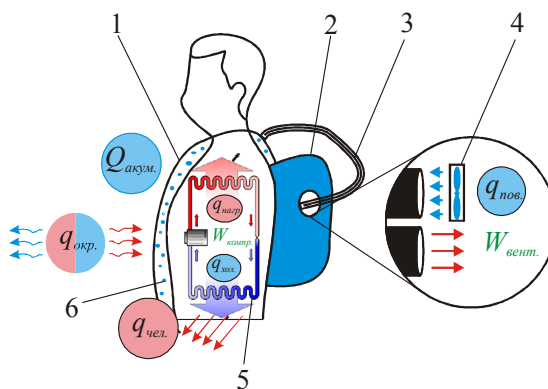


Рис. 23. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3,
2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4,
5 – компрессионный тепловой насос, 6 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 1.2.6.

На рис. 24 – физическая модель, сочетающая термоэлектрический тепловой насос (п. 6), тепловой аккумулятор (п. 1) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (охлаждение с эффектом Пельтье в сочетании с обдувом окружающим воздухом), так и для нагрева (термоэлектрический нагрев); повышение эффективности в режиме охлаждения за счет использования двух методов отбора тепла. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания термоэлектрических преобразователей энергии и необходимость замены теплового аккумулятора.

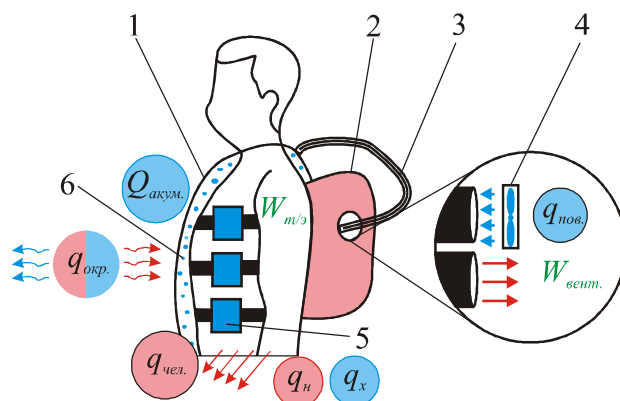


Рис. 24. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4, 5 – компрессионный тепловой насос, 6 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 1.3.5.

На рис. 25 представлена физическая модель, сочетающая компрессионный тепловой насос (п. 5.), тепловой аккумулятор (п. 1) с электрическим нагревателем (п. 3). Преимущества такого способа – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машины в сочетании с поглощением тепла при фазовом переходе вещества), так и для нагрева (компрессионный тепловой насос и электрический нагреватель); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания компрессора и нагревателя, необходимость замены теплового аккумулятора и наличие вредных хладагентов.

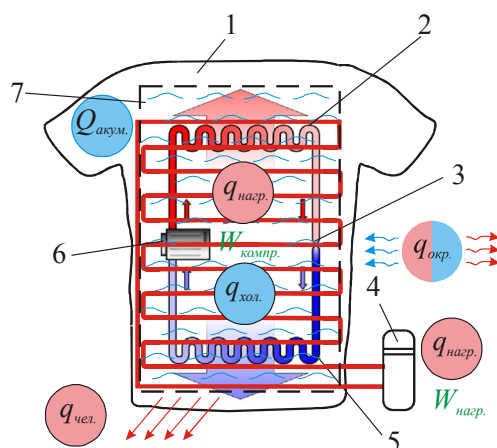


Рис. 25. 1 – одежда, 2 – испаритель, 3 – дроссель, 4 – электрический нагреватель, 5 – конденсатор, 6 – компрессор, 7 – тепловой аккумулятор.

Модель 1.3.6.

На рис. 26 представлена физическая модель, сочетающая термоэлектрический тепловой насос (п. 6), тепловой аккумулятор (п. 1) с электрическим нагревателем (п. 3). Преимущества такого способа кондиционирования одежды – возможность использования как для охлаждения (охлаждение с эффектом Пельтье в сочетании с поглощением тепла при фазовом переходе вещества), так и для нагрева (эффект Пельтье и электрический нагреватель); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов

охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника электрического питания термоэлектрических преобразователей и нагревателя, необходимость замены теплового аккумулятора.

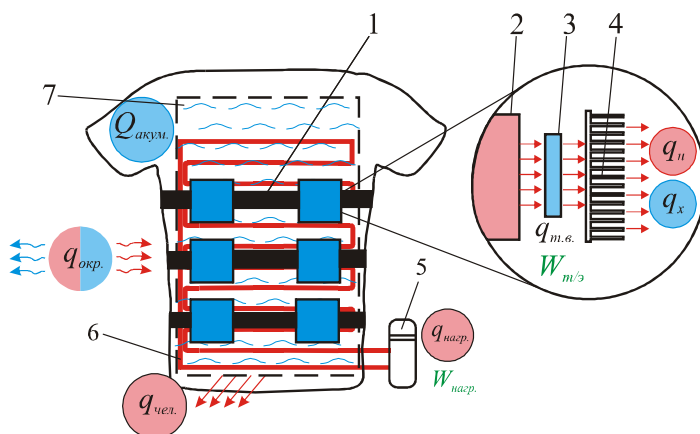


Рис. 26. 1 – одежда с системой креплений, 2 – элемент, обеспечивающий тепловой контакт термоэлектрического преобразователя энергии 3 с одеждой, 4 – воздушный теплообменник, 6 – электрический нагреватель с блоком питания 5, 7 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 1.4.5.

На рис. 27 – физическая модель, сочетающая компрессионный тепловой насос (п. 5), тепловой аккумулятор (п. 1) с каталитической горелкой (п. 4). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машиной в сочетании с поглощением тепла при фазовом переходе вещества), так и для нагрева (выделение тепла в результате каталитического сгорания топлива, нагрев компрессионным тепловым насосом); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания компрессора, необходимость замены теплового аккумулятора и топлива в нагревателе, наличие вредных хладагентов.

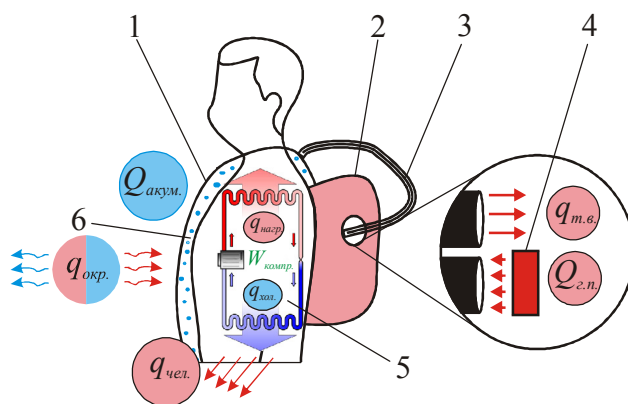


Рис. 27. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха, 2 – блок, в котором находится каталитическая горелка 4 с источником питания, 5 – компрессионный тепловой насос, 6 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 1.4.6.

На рис. 28 представлена физическая модель, сочетающая термоэлектрический тепловой насос (п. 6), тепловой аккумулятор (п. 1) с каталитической горелкой (п. 4). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (охлаждение с эффектом Пельтье в сочетании с поглощением тепла при фазовом переходе вещества), так и для нагрева (выделение тепла в результате каталитического сгорания топлива, термоэлектрический нагрев по эффекту Пельтье) повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания термоэлектрических преобразователей, необходимость замены теплового аккумулятора и топлива в нагревателе, наличие вредных хладагентов.

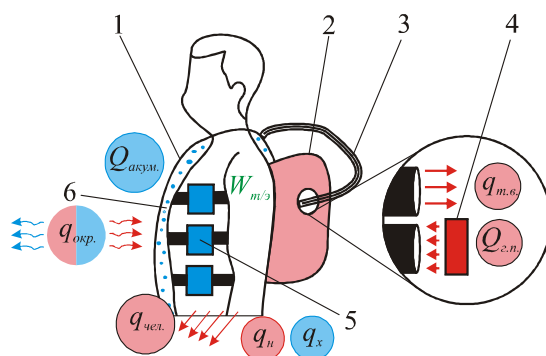


Рис. 28. 1 – одежда с каналами 3, 2 – блок с каталитической горелкой 4, 5 – термоэлектрический тепловой насос, 6 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 2.3.5.

На рис. 29 изображена физическая модель, сочетающая компрессионный тепловой насос (п. 5), электрический нагреватель (п. 3) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машины в сочетании с обдувом внешним охлажденным воздухом), так и для нагрева (нагрев компрессионным тепловым насосом в сочетании с выделением тепла в проводнике с током по эффекту Джоуля); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания компрессора и нагревателя, наличие вредных хладагентов.

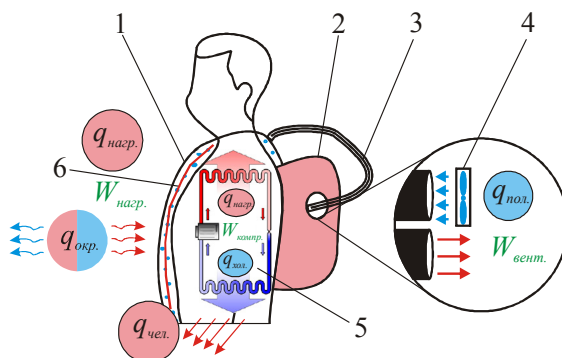


Рис. 29. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 5 – компрессионный тепловой насос, 6 – электрический нагреватель.

Модель 2.3.6.

На рис. 30 изображена физическая модель, сочетающая термоэлектрический тепловой насос (п. 6), электрический нагреватель (п. 3) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (охлаждение с эффектом Пельтье в сочетании с обдувом внешним охлажденным воздухом), так и для нагрева (нагрев по эффекту Пельтье в сочетании с выделением тепла в проводнике с током по эффекту Джоуля); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания термоэлектрических преобразователей и нагревателя.

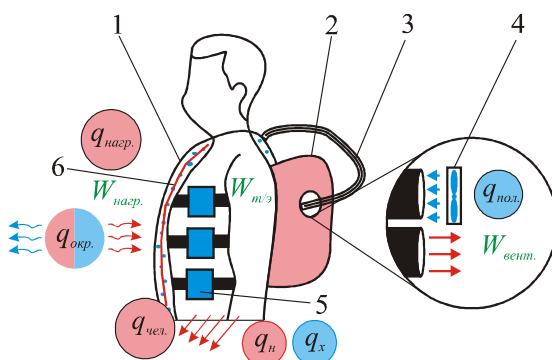


Рис. 30. 1 – одежда с каналами 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 5 – термоэлектрический тепловой насос, 6 – электрический нагреватель.

Модель 2.4.5.

На рис. 31 представлена физическая модель, сочетающая компрессионный тепловой насос (п. 5), каталитическую горелку (п. 4) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машиной в сочетании с обдувом внешним охлажденным воздухом), так и для нагрева (нагрев компрессионным тепловым насосом в сочетании с выделением в результате каталитического сгорания топлива); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания компрессора и нагревателя, необходимость замены топлива в нагревателе, наличие вредных хладагентов.

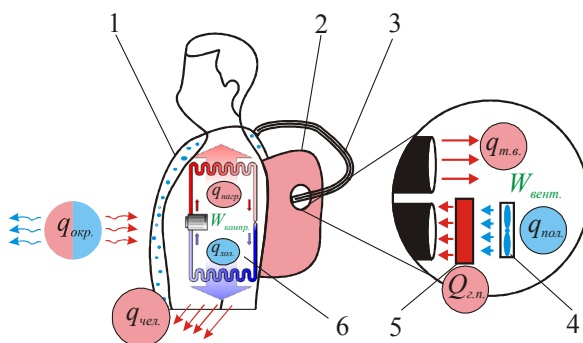


Рис. 31. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 5 – каталитический нагреватель, 6 – компрессионный тепловой насос.

Модель 2.4.6.

На рис. 32 изображена физическая модель, сочетающая термоэлектрический тепловой насос (п. 6), каталитическую горелку (п. 4) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (охлаждение с эффектом Пельтье в сочетании с обдувом внешним охлажденным воздухом), так и для нагрева (нагрев компрессионным тепловым насосом в сочетании с выделением в результате каталитического сгорания топлива); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания термоэлектрических преобразователей и нагревателя, необходимость замены топлива в нагревателе.

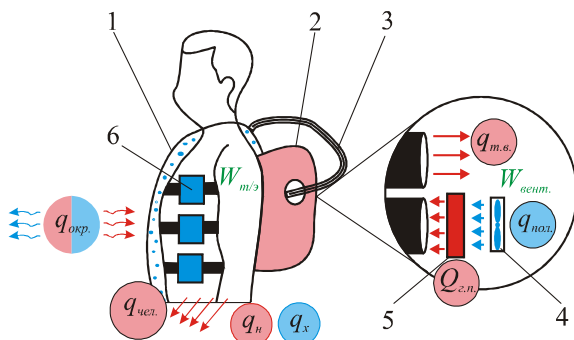


Рис. 32. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 5 – каталитический нагреватель, 6 – термоэлектрический тепловой насос.

Модель 1.2.3.5.

На рис. 33 – физическая модель, сочетающая компрессионный тепловой насос (п. 5), электрический нагреватель (п. 3), тепловой аккумулятор (п. 1) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машины в сочетании с обдувом внешним охлажденным воздухом и фазовым переходом вещества), так и для нагрева (нагрев компрессионным тепловым насосом в сочетании с выделением тепла в проводнике с током по эффекту Джоуля); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания компрессора и нагревателя, необходимость замены теплового аккумулятора, наличие вредных хладагентов.

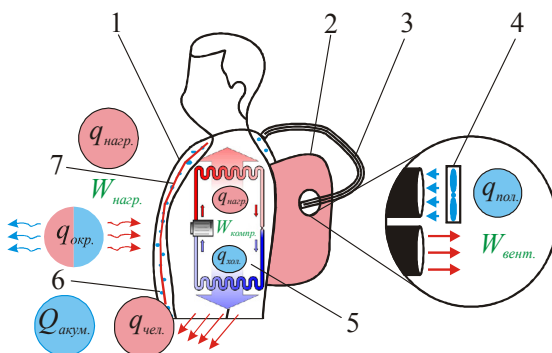


Рис. 33. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 5 – компрессионный тепловой насос, 6 – емкость с тепловым аккумулятором, 7 – электрический нагреватель.

Модель 1.2.3.6.

На рис. 34 – физическая модель, сочетающая термоэлектрический тепловой насос (п. 6), электрический нагреватель (п. 3), тепловой аккумулятор (п. 1) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (охлаждение с эффектом Пельтье в сочетании с обдувом охлажденным воздухом и фазовым переходом вещества), так и для нагрева (нагрев по эффекту Пельтье в сочетании с выделением тепла в проводнике с током); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания термоэлектрических преобразователей и нагревателя, необходимость замены теплового аккумулятора, наличие вредных хладагентов.

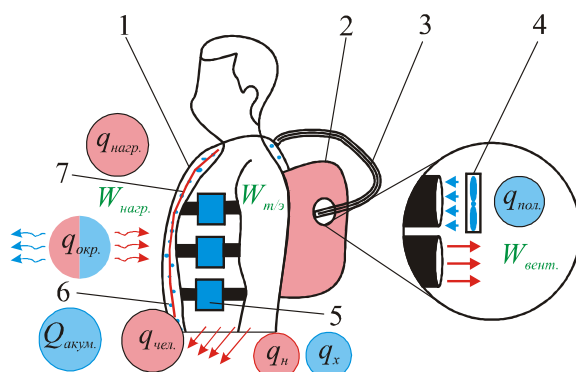


Рис. 34. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 5 – термоэлектрический тепловой насос, 6 – емкость с тепловым аккумулятором, 7 – электрический нагреватель.

Модель 1.2.4.5.

На рис. 35 изображена физическая модель, сочетающая компрессионный тепловой насос (п. 6), каталитическую горелку (п. 4), тепловой аккумулятор (п. 1) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (механическое охлаждение компрессионной холодильной машиной в сочетании с обдувом охлажденным воздухом и фазовым переходом вещества), так и для нагрева (нагрев компрессионным тепловым насосом в сочетании с выделением тепла в результате каталитического сгорания топлива); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания компрессора, необходимость замены теплового аккумулятора и топлива в нагревателе, наличие вредных хладагентов.

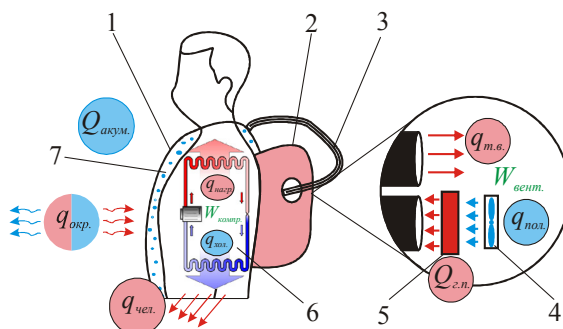


Рис. 35. 1 – одежда с каналами для прохождения воздуха 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 5 – каталитический нагреватель, 6 – компрессионный тепловой насос, 7 – емкость с тепловым аккумулятором.

Модель 1.2.4.6.

На рис. 36 представлено физическую модель, сочетающую термоэлектрический тепловой насос (п. 6), каталитическую горелку (п. 4), тепловой аккумулятор (п. 1) с обдувом окружающим воздухом (п. 2). Ее преимущества – возможность использования как для охлаждения (охлаждения с эффектом Пельтье в сочетании с обдувом внешним охлажденным воздухом и фазовым переходом вещества), так и для нагрева (нагрев по эффекту Пельтье в сочетании с выделением тепла в результате каталитического сгорания топлива); повышение эффективности в режимах охлаждения и нагрева за счет использования двух методов охлаждения или нагрева. Недостатки – необходимость в постоянной подзарядке источника питания термоэлектрических преобразователей, необходимость замены теплового аккумулятора и топлива в нагревателе.

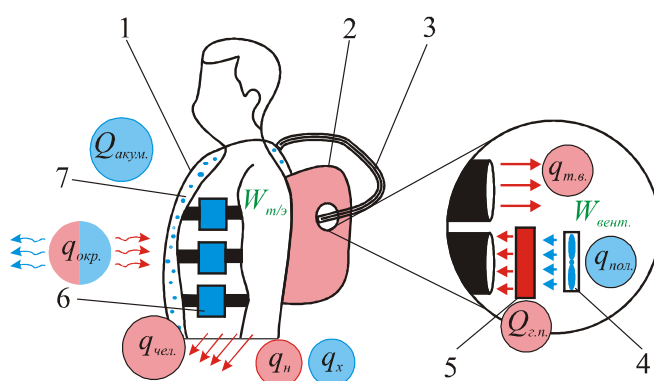


Рис. 36. 1 – одежда с каналами 3, 2 – блок, в котором находится электрический вентилятор 4 с источником питания, 5 – каталитический нагреватель, 6 – термоэлектрический тепловой насос, 7 – емкость с тепловым аккумулятором.

Анализ описанных выше физических моделей индивидуальных кондиционеров для одежды показал их преимущества, что делает перспективным их дальнейшее изучение. Результаты исследований таких кондиционеров будут приведены во второй части этой работы.

Выводы

1. Проанализированы особенности физических моделей индивидуальных кондиционеров для одежды и разработано их подробную классификацию.
2. Предложено 63 варианта физических моделей индивидуальных кондиционеров для одежды, из которых только 12 на сегодняшний день являются изученными.
3. Анализ физических моделей кондиционеров для одежды позволил выделить 23 комбинации моделей, которые являются перспективными для исследования и практической реализации.

Автор выражает благодарность академику НАН Украины Анатычуку Л.И. за предложенную тему исследования и полезные советы при ее обсуждении.

Литература

1. Обзор мирового рынка систем кондиционирования 2011-2012 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. Кобилянский Р.Р., Москалик И.А. Компьютерное моделирование локального теплового влияния на биологическую ткань // Термоэлектричество. – № 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 Украина, 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 Weiguo. – 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 бюллетень. – № 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.
20. 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

Поступила в редакцию 19.02.2016.