



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013105841/15, 12.02.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.02.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.02.2013

(43) Дата публикации заявки: 20.08.2014 Бюл. № 23

(45) Опубликовано: 27.12.2014 Бюл. № 36

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2205403 C1, 27.05.2003. SU 100099 A1, 28.02.1983. SU 920488 A1, 15.04.1982. SU 1054754 A1, 15.11.1983. RU 2057480 C1, 10.04.1996. US 6116777 A, 12.09.2000

Адрес для переписки:

302020, г.Орел, Наугорское ш., 29, ФГБОУ ВПО
"Госуниверситет-УНПК"

(72) Автор(ы):

Родичева Маргарита Всеволодовна (RU),
Абрамов Антон Вячеславович (RU),
Уваров Александр Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Государственный университет-учебно-
научно-производственный комплекс"
(ФГБОУ ВПО "Госуниверситет-УНПК")
(RU)

**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В
БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ "ЧЕЛОВЕК-ОДЕЖДА-ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА"**

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к измерительной технике. В способе определения интенсивности конвективного теплообмена в биотехнической системе «человек - одежда - окружающая среда» для определения массового расхода воздуха скорость его движения измеряется в нескольких точках по трем характерным сечениям, рассчитывается расход воздуха и проверяется выполнение закона его сохранения. В аэродинамическом устройстве содержатся вентиляторная, подготовительная и теплообменная камеры, верхний и боковой

воздухозаборники, которые снабжены измерительными сетками, интегрирующими прирост температуры воздуха в процессе теплообмена с поверхностью тепловой модели тела человека, приборами и конструктивными элементами для оценки расхода воздуха в характерных сечениях. Достигается повышение точности определения интенсивности конвективного теплообмена в биотехнической системе «человек - одежда - окружающая среда». 2 н.п. ф-лы, 1 табл., 7 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013105841/15, 12.02.2013**(24) Effective date for property rights:
12.02.2013

Priority:

(22) Date of filing: **12.02.2013**(43) Application published: **20.08.2014** Bull. № 23(45) Date of publication: **27.12.2014** Bull. № 36

Mail address:

**302020, g.Orel, Naugorskoe sh., 29, FGBOU VPO
"Gosuniversitet-UNPK"**

(72) Inventor(s):

**Rodicheva Margarita Vsevolodovna (RU),
Abramov Anton Vjacheslavovich (RU),
Uvarov Aleksandr Vasil'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija
"Gosudarstvennyj universitet-uchebno-nauchno-
proizvodstvennyj kompleks" (FGBOU VPO
"Gosuniversitet-UNPK") (RU)**(54) **METHOD AND DEVICE TO DETERMINE CONVECTIVE HEAT EXCHANGE IN BIOTECHNICAL SYSTEM "MAN-CLOTHES-ENVIRONMENT"**

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: group of inventions relates to measurement equipment. In the method to determine the intensity of convective heat exchange in a biotechnical system "man - clothes - environment" to determine the mass flow of air, the speed of its motion is measured in several points by three specific cross sections, the air flow is calculated, and the compliance with the law of its preservation is checked. An aerodynamic device comprises a ventilator, a preparatory and a heat exchange chambers, upper and

side air intakes, which are equipped with measurement nets, integrating the growth of the air temperature in the process of heat exchange with the surface of a human body thermal model, instruments and structural elements to assess the air flow in the specific cross sections.

EFFECT: increased accuracy in the detection of intensity of convective heat exchange in a biotechnical system "man - clothes - environment" is obtained.

2 cl, 1 tbl, 7 dwg

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для определения интенсивности конвективного теплообмена в биотехнической системе «человек - одежда - окружающая среда».

Для количественной оценки конвективного теплообмена необходимо определить значения плотности теплового потока с поверхности тепловой модели тела человека за счет горизонтального и вертикального воздушных потоков. Расчет производится по приросту энтальпии воздуха до и после контакта с поверхностью теплообмена.

Известны способ и устройство для определения конвективных потерь человека, основанные на определении прироста энтальпии воздуха за телом человека с помощью термометрических сеток, интегрирующих прирост температуры (см. В.С. Кошечев «Физиология и гигиена индивидуальной защиты от холода». - М.: Медицина, 1981 г. - с.72-73).

Недостаток способа: не предусмотрен контроль за расходом и температурой воздуха в вертикальном потоке, обусловленным гравитационной разностью плотностей воздуха в пограничном слое и окружающей среде, что не позволяет оценивать теплообмен человека с окружающей средой за счет естественной конвекции. Однако автор отмечает, что даже в условиях сильного ветра теплоотдача за счет естественной конвекции вносит вклад в тепловой баланс и должна быть учтена в расчетах.

Недостатками конструкции являются: отсутствие устройств для разделения воздушного потока на вертикальную и горизонтальную составляющие, отсутствие выравнивающих сеток, что не обеспечивает равномерность набегающего воздушного потока в зоне теплообмена с телом испытуемого. Проведение экспериментальных исследований предусматривает участие человека, что усложняет процесс экспериментальных исследований.

Наиболее близкими по технической сути и достигаемому результату является способ и устройство для определения конвективного теплообмена и скорости испарения влаги в системе «человек - одежда - окружающая среда» (см. патент РФ №2205403, МПК G01N 33/36, опубл. 27.05.2003).

Способ основан на предположении, что тепло, снятое с поверхности модели тела человека, набегающим воздухом распределяется между вертикальным и горизонтальным воздушными потоками. Поэтому расчетные формулы справедливы только в том случае, если воздух в камере не участвует в других термодинамических процессах, то есть когда расход воздуха в сечениях, проходящих по набегающему, вертикальному и горизонтальному потокам, подчиняется закону сохранения. Недостатком способа является невозможность контроля за выполнением закона сохранения расхода воздуха в характерных сечениях потока.

Конструкция аэродинамической камеры не позволяет получить поток воздуха с заданными параметрами, интегрировать прирост температуры воздуха при контакте с поверхностью теплообмена. Механические измерительные приборы не позволяют автоматизировать процесс сбора и обработки результатов измерений.

Задача, на решение которой направлено изобретение, состоит в повышении точности определения интенсивности теплообмена в биотехнической системе «человек - одежда - окружающая среда» за счет вынужденной и естественной конвекции.

Указанная задача достигается тем, что в способе определения комбинированного теплообмена в системе «человек - одежда - окружающая среда», в котором для определения конвективной составляющей теплового потока с поверхности физической модели тела человека используют аэродинамическое устройство, на поверхность тепловой модели тела человека, размещенной в теплообменной камере с верхним

концентратором вертикального воздушного потока и боковым концентратором горизонтального воздушного потока, надевают исследуемый пакет одежды, в теплообменную камеру подают стабилизированный воздушный поток, определяют массовый расход по среднеинтегральным значениям скорости его движения, получаемым на основании измерений скоростей движения, получаемых на основании измерений скоростей движения в каждом из трех характерных сечений, при этом измерение скоростей движения производится в двадцати четырех точках сечения, проходящего по теплообменной камере, в четырех точках сечения, проходящего по выходному отверстию верхнего концентратора вертикального воздушного потока, и в девяти точках сечения, проходящего по выходному отверстию бокового концентратора горизонтального воздушного потока, при этом учитывается закон сохранения расхода:

$$R_{T.O} = R_{B.K} + R_{\bar{B}.K}$$

где: $R_{T.O}$ - расход воздуха в теплообменной камере, кг/с;

$R_{B.K}$ - расход воздуха в верхнем концентраторе воздушного потока, кг/с;

$R_{\bar{B}.K}$ - расход воздуха в боковом концентраторе воздушного потока, кг/с,

при соблюдении которого

по результатам замеров температуры воздуха в вышеуказанных сечениях рассчитывают разность температур воздуха в сечении, проходящем по теплообменной камере, и в сечении, проходящем по выходному отверстию верхнего концентратора вертикального воздушного потока, а также разность температур воздуха в сечении, проходящем по теплообменной камере, и в сечении, проходящем по выходному отверстию бокового концентратора горизонтального воздушного потока, после чего по произведению теплоемкости воздуха, его массового расхода в каждом из указанных сечений и соответствующей разности температур в каждом из концентраторов определяют величину конвективного теплового потока за счет смешанной и вынужденной конвекции с поверхности модели элемента тела человека или поверхности пакета одежды и по ней осуществляют оценку конвективного теплообмена и прогнозирование теплового состояния человека в условиях эксплуатации одежды при различных охлаждающих воздействиях.

Указанная задача достигается тем, что аэродинамическое устройство для определения конвективного теплообмена и скорости испарения влаги в системе «человек - одежда - окружающая среда», содержащее последовательно соединенные по ходу воздушного потока вентиляторную камеру для генерирования воздушного потока с трехфазными асинхронными двигателями, на валах которых закреплены вентиляторы, подготовительную камеру для стабилизации воздушного потока с системой выравнивающих сеток и открывающимся измерительным окошком для измерения температуры поверхности теплообмена бесконтактным методом и теплообменную камеру с размещенными в ней тепловой моделью элемента тела человека, выполненной в виде вертикального цилиндра, и измерительными сетками с первичными преобразователями температуры, интегрирующими прирост температуры воздушного потока до и после контакта с поверхностью теплообмена, верхним концентратором вертикального воздушного потока с первичным преобразователем температуры и чувствительным элементом термометра-термоанемометра, боковым концентратором горизонтального воздушного потока с первичными преобразователями температуры и регулировочным узлом для ввода чувствительного элемента термометра-термоанемометра, измерительными отверстиями для ввода в них чувствительного элемента термометра-термоанемометра и крепежными элементами для закрепления

на них чувствительного элемента термометра-термоанемометра.

Сущность изобретения поясняется схемами (фиг 1-7), где:

- на фиг.1 представлен внешний вид установки (для повышения наглядности боковая стенка аэродинамической камеры условно показана прозрачной);

5 - на фиг.2 представлен принцип измерения скорости движения воздуха в теплообменной камере;

- на фиг.3 представлен внешний вид бокового воздухозаборника с регулировочным узлом и сменными пластинами;

10 - на фиг.4 представлена схема движения воздуха в теплообменной камере (для повышения наглядности боковая стенка теплообменной камеры условно показана прозрачной);

- на фиг.5 представлены схемы измерения скорости движения воздуха в сечении I;

- на фиг.6 представлены схемы для измерения скорости движения воздуха в сечении II;

15 - на фиг.7 представлены схемы для измерения скорости движения воздуха в сечении III.

Аэродинамическое устройство содержит вентиляторную камеру 1 с трехфазными асинхронными двигателями 2, на валах которых закреплены вентиляторы 3;

подготовительную камеру 4 с системой выравнивающих сеток 5 и открывающимся

20 измерительным окошком, выполненным в стенке камеры 6; теплообменную камеру 7 с измерительными сетками 8, открывающимися измерительными отверстиями 15, в

которые вводится чувствительный элемент термометра-термоанемометра 16,

крепежными элементами 17, на которые устанавливается крепежная площадка, на

25 которой расположена тепловая модель элемента тела человека, выполненная в виде вертикального цилиндра 9; боковой воздухозаборник 10, оснащенный регулировочным

узлом 19 с пазами 20, в которые устанавливается одна из сменных пластин 21,

отличающихся друг от друга размерами выходного сечения, а также крепежными

элементами 22 и измерительными отверстиями 23, верхним воздухозаборником 11,

30 снабженным измерительным кольцом 12 для размещения в вертикальном воздушном потоке первичных преобразователей температуры 13 и скорости движения 14

воздушного потока.

Аэродинамическое устройство работает следующим образом: в вентиляторной камере за счет вентиляторов, установленных на валах трехфазных асинхронных

35 двигателей, генерируется воздушный поток, который стабилизируется, проходя систему выравнивающих сеток подготовительной камеры, и поступает в теплообменную камеру.

Посредством первичных преобразователей температуры, закрепленных на первой измерительной сетке, регистрируется начальная температура воздушного потока.

Двигаясь по теплообменной камере, воздух проходит через сечение I, в котором

40 взаимодействует с поверхностью теплообмена (поверхностью физической модели тела человека или модели пакета одежды, размещенного на поверхности физической модели тела человека).

Модель элемента тела, в горизонтальном сечении, имеет цилиндрическую форму.

При ее обтекании воздушный поток разделяется на две составляющие, в каждой из

45 которых могут формироваться воздушные вихри. В процессе контакта с поверхностью теплообмена, воздух нагревается за счет чего формируется восходящий поток, который усиливается за счет разности давлений внутри и снаружи камеры.

При взаимодействии этих потоков в теплообменной камере наблюдается достаточно

сложная картина движения воздуха, параметры которой определяются экспериментальным режимом, оцениваемым по среднеинтегральной скорости движения воздуха в сечении.

Вертикальный воздушный поток поступает в отверстие верхнего воздухозаборника, проходя сечение II.

Горизонтальная составляющая воздушного потока проходит вторую измерительную сетку с двенадцатью первичными преобразователями температуры и регулировочный узел, по которому проходит сечение III, после чего выходит из аэродинамической камеры через отверстие сменной пластины, которое позволяет получать различную скорость движения воздуха в теплообменной камере.

Учитывая закон сохранения, величина расхода воздуха в сечении I теплообменной камеры должна быть равно сумме расходов воздуха в верхнем и боковом воздухозаборниках. То есть должно выполняться соотношение (1):

$$R_I = R_{II} + R_{III} \quad (1)$$

Массовый расход воздуха в каждом сечении рассчитывается по формуле (2) по величине площади сечения (S_i , м²), скорости движения (v_i , м/с) и плотности (ρ , кг/м³) воздуха в сечении:

$$R_i = S_i \cdot v_i \cdot \rho \quad (2)$$

По результатам замеров температуры воздуха в сечениях I и II может быть рассчитана разность температур воздуха до контакта с рабочей поверхностью тепловой модели тела человека и в выходном отверстии верхнего воздухозаборника (Δt_1 , °C) по известной формуле (3):

$$\Delta t_1 = \frac{\iint (t_{II} - t_{nI}) dS}{S_{II}} \quad (3)$$

где t_{nI} - значения температуры воздуха по сечению I воздушного потока, °C; t_{II} - значения температуры воздуха в сечении II, °C; S_{II} - площадь сечения II, м².

По величине Δt_1 и известному значению удельной теплоемкости воздуха (c , Дж/(кг·K)), можно определить конвективный тепловой поток (Q , Вт) в верхнем воздухозаборнике по известной формуле (формула 4):

$$Q_1 = c \cdot R_{II} \Delta t_1 \quad (4)$$

По результатам замеров температуры воздуха в сечениях I и III может быть рассчитана разность температур воздуха до контакта с рабочей поверхностью тепловой модели тела человека и в выходном отверстии бокового воздухозаборника (Δt_2 , °C) по известной формуле (5):

$$\Delta t_2 = \frac{\iint (t_{nIII} - t_{nI}) dS}{S_{III}} \quad (5)$$

где t_{nI} - значения температуры воздуха по сечению I воздушного потока, °C; t_{nIII} - значения температуры воздуха в сечении III, °C; S_{III} - площадь сечения III, м².

По величине Δt_2 и известному значению удельной теплоемкости воздуха (c , Дж/(кг·

К)), можно определить конвективный тепловой поток в боковом воздухозаборнике (Q_2 , Вт) по известной формуле (6)

$$Q_2 = c \cdot R_{III} \Delta t_1 \quad (6)$$

5 Точность оценки конвективного теплообмена зависит от точности измерения скорости движения воздуха в характерных сечениях устройства.

Из-за сложной картины воздушных потоков измеренное значение скорости движения воздуха в точке определяется не только соответствующей компонентой скорости, но и локальными флуктуациями. Поэтому повышение точности оценки связано с
10 увеличением числа точек измерения с последующим интегрированием полученных значений скорости движения воздуха.

При проведении измерений используется многоканальный термоанемометр-термометр ТТМ-2. Каждый из чувствительных элементов прибора смонтирован в телескопической антенне, раздвигание которой позволяет задавать глубину введения
15 чувствительного элемента в соответствующее отверстие теплообменной камеры устройства на одной из высот. Благодаря малым размерам чувствительный элемент оказывает незначительное влияние на характер и скорость воздушного потока.

Измерение скорости движения воздуха в сечении I проводится в нескольких точках, абсцисса каждой из которых определяется расстоянием от стенки теплообменной
20 камеры, ордината - высотой над уровнем пола.

При проведении замеров чувствительный элемент необходимо зафиксировать в потоке воздуха в строго определенном положении. Для этого основание антенны 16 (фиг.2) фиксируется на крепежной площадке 18. Антенна раздвигается на необходимую
25 величину, после чего чувствительный элемент вводится в открывающееся измерительное отверстие в боковой стенке теплообменной камеры 15. Отверстия выполняются на нескольких высотах в соответствии с ординатами точек измерения, согласно выбранной схеме. Крепежная площадка устанавливается на соответствующей паре крепежных
30 элементов 17 теплообменной камеры. После измерения скорости движения воздуха в точке чувствительный элемент извлекается из теплообменной камеры, измерительное отверстие закрывается. Длина антенны корректируется в соответствии со значением абсциссы следующей точки. Чувствительный элемент вновь вводится в теплообменную камеру, а крепежная площадка устанавливается на соответствующей паре крепежных элементов.

При измерении скорости движения воздуха в сечении II чувствительный элемент
35 термоанемометра-термометра ТТМ-2 вводится в трубку измерительного кольца, за счет вращения которого может быть изменено положение измеряемой точки.

Измерение скорости движения воздуха в сечении III аналогично измерению в сечении I: антенна термоанемометра-термометра ТТМ-2 раздвигается на величину,
40 определяемую абсциссой оцениваемой точки, и вводится в открывающееся измерительное отверстие. Крепежная площадка с зафиксированной на ней антенной устанавливается на соответствующую пару крепежных элементов. После измерения скорости движения воздуха в точке чувствительный элемент извлекается из теплообменной камеры, измерительное отверстие закрывается. Длина антенны
45 корректируется в соответствии со значением абсциссы следующей точки. Чувствительный элемент вновь вводится в теплообменную камеру, а крепежная площадка устанавливается на соответствующей паре крепежных элементов.

Количество и взаимная ориентация точек в сечениях выбираются исходя из требования выполнения закона сохранения расхода. Рассмотрим несколько схем

расположения точек для измерения скорости движения воздуха в различных сечениях устройства.

В сечении I: схема 1 является наиболее трудоемкой и предполагает снятие замеров в 24 точках, расположенных равномерно по сечению (фиг.5). В схеме 2 выбраны точки, расположенные в выраженном течении потока, в схеме 3 также предполагает проведение измерений в 24 точках, однако они смещены на 50 мм в сторону тепловой модели тела человека относительно точек схемы 1.

В сечении II: в схеме 1 замеры скорости движения воздуха проводятся в 4 точках (фиг.6), в схеме 2 точки смещены к краю кольца, схема 3 представлена одной точкой, по центру сечения.

В сечении III: в схеме 1 замеры скорости движения воздуха проводятся в 9 точках (фиг.7), в схеме 2 - в шести точках - по три на каждой высоте, которые разделяют сечение на три равные части, в схеме 3 - в одной точке по середине сечения.

В таблице №1 представлены значения расхода воздуха, рассчитанные на основе различных схем измерения скорости движения воздуха в характерных сечениях устройства.

Как видно, при реализации измерений по схеме 1 для всех трех сечений, погрешность при расчете закона сохранения расхода не превышает 5%. Подобная точность является достаточной для прикладных исследований. При реализации схемы 2 в сечении I повышает погрешность в выполнении закона сохранения расхода до 18%.

Измерение скорости движения воздуха в сечении III посредством схемы 2 и 3 приводит к возрастанию погрешности на 18-40% в зависимости от режима работы устройства.

Таблица 1			
Результаты оценки расхода воздуха в сечениях устройства при различных схемах измерения скорости его движения			
Скорость движения воздуха в устройстве, м/с	Схема 1	Схема 2	Схема 3
Сечение I			
0,5	0,218	0,215	0,18
2,0	0,665	0,59	0,52
4,5	1,5	1,4	1,2
Сечение II			
0,5	0,081	0,07	0,092
2,0	0,103	0,920	0,112
4,5	0,076	0,066	0,098
Сечение III			
0,5	0,143	0,135	0,146
2,0	0,594	0,57	0,63
4,5	1,5	1,47	1,58

Смещение точек сечения III в сторону стенок измерительного кольца приводит к снижению среднеинтегрального значения скорости движения воздуха и, как следствие, возрастанию погрешности. При использовании одной точки результаты измерения скорости движения воздуха оказываются выше среднеинтегрального значения в сечении, что приводит к возрастанию погрешности в оценке массового расхода воздуха.

Для определения конвективного теплообмена в биотехнической системе «человек - одежда - окружающая среда» на рабочей поверхности тепловой модели элемента тела задают и поддерживают необходимую температуру исходя из необходимого режима проведения испытаний. На поверхность тепловой модели элемента тела надевают исследуемый пакет одежды, представленный системой цилиндрических рукавов, размещаемых поверх друг друга. Теплообменную камеру закрывают крышкой с размещенным в ней верхним воздухозаборником. В измерительном кольце, смонтированном в выходном отверстии верхнего воздухозаборника, закрепляют

чувствительный элемент термометра-термоанемометра ТТМ-2 и первичный преобразователь температуры.

В регулировочном узле устанавливают сменную пластину, которая выбирается в зависимости от моделируемых условий ветра.

5 Аэродинамическую установку выводят на стационарный режим, после чего измеряют соответствующие термодинамические параметры воздуха, участвующего в теплообмене, и рабочего тела тепловой модели элемента тела. Для этого:

- прикладные программы для обработки первичных преобразователей температуры и преобразователей термоанемометра-термометра ТТМ-2 включают в режим опроса;
10 - снимают 10-12 показаний скорости движения воздуха в сечениях I, II, III согласно выбранной схеме, для чего телескопические антенны чувствительных элементов многоканального термометра-термоанемометра ТТМ-2, зафиксированные на крепежных площадках, раздвигают до необходимой величины, открывают соответствующие измерительные отверстия в теплообменной камере и боковом воздухозаборнике, вводят
15 в них чувствительные элементы, крепежные площадки устанавливают на крепежные элементы теплообменной камеры или бокового воздухозаборника. После снятия необходимого числа показаний скорости движения воздуха чувствительные элементы извлекаются из измерительных отверстий, длина антенны корректируется за счет ее раздвигания или сдвигания. Чувствительный элемент вновь вводится в теплообменную
20 камеру, а крепежная площадка устанавливается на соответствующей паре крепежных элементов.

Далее, по формуле (1) вычисляют расходы воздуха в сечениях I, II, III и проверяют выполнения закона сохранения расхода (2). В случае выполнения закона сохранения расхода по формулам (3-6) вычисляют тепловой поток за счет смешанной и
25 вынужденной конвекции с поверхности модели элемента тела человека или поверхности пакета одежды.

Предложенные способ и устройство позволяют повысить точность определения численных значений конвективного теплообмена в биотехнической системе «человек - одежда - окружающая среда», что обеспечивает уточненное прогнозирование теплового
30 состояния человека в условиях эксплуатации одежды при различных охлаждающих воздействиях, а также позволяет обосновывать принципиально новые конструктивные решения спецодежды для индивидуальной защиты человека от неблагоприятных охлаждающих воздействий.

35 Формула изобретения

1. Способ определения конвективного теплообмена в системе «человек - одежда - окружающая среда», в котором для определения конвективной составляющей теплового потока с поверхности физической модели тела человека используют аэродинамическое
40 устройство, на поверхность тепловой модели тела человека, размещенной в теплообменной камере с верхним концентратором вертикального воздушного потока и боковым концентратором горизонтального воздушного потока, надевают исследуемый пакет одежды, в теплообменную камеру подают стабилизированный воздушный поток, определяют массовый расход по среднеинтегральным значениям скорости его движения, получаемым на основании измерений скоростей движения, получаемых на основании
45 измерений скоростей движения в каждом из трех характерных сечений, при этом измерение скоростей движения производится в двадцати четырех точках сечения, проходящего по теплообменной камере, в четырех точках сечения, проходящего по выходному отверстию верхнего концентратора вертикального воздушного потока, и

в девяти точках сечения, проходящего по выходному отверстию бокового концентратора горизонтального воздушного потока, при этом учитывается закон сохранения расхода:

$$R_{T,O} = R_{B,K} + R_{\beta,K}$$

где: $R_{T,O}$ - расход воздуха в теплообменной камере, кг/с;

$R_{B,K}$ - расход воздуха в верхнем концентраторе воздушного потока, кг/с;

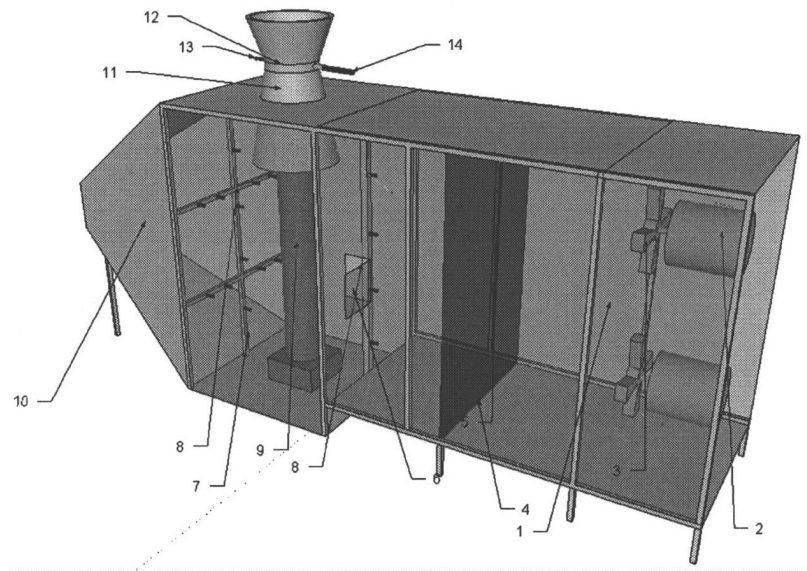
$R_{\beta,K}$ - расход воздуха в боковом концентраторе воздушного потока, кг/с,

при соблюдении которого

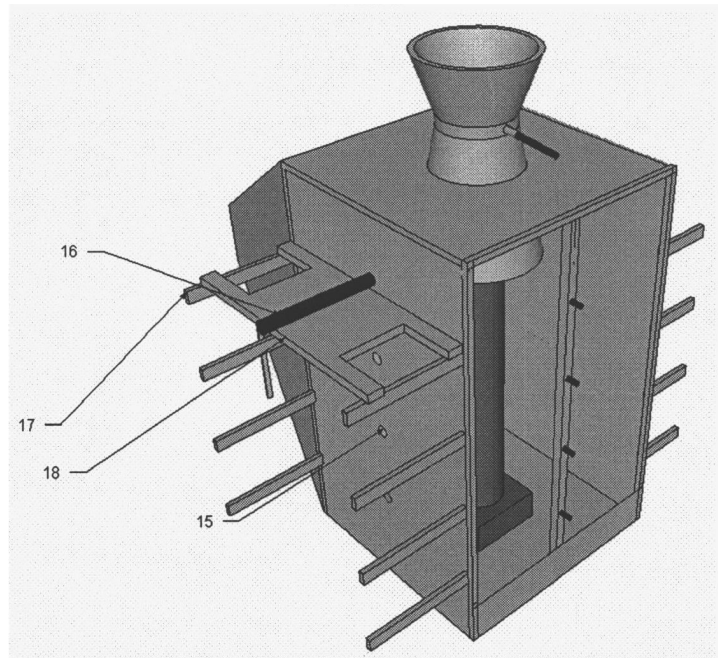
по результатам замеров температуры воздуха в вышеуказанных сечениях

рассчитывают разность температур воздуха в сечении, проходящем по теплообменной камере, и в сечении, проходящем по выходному отверстию верхнего концентратора вертикального воздушного потока, а также разность температур воздуха в сечении, проходящем по теплообменной камере, и в сечении, проходящем по выходному отверстию бокового концентратора горизонтального воздушного потока, после чего по произведению теплоемкости воздуха, его массового расхода в каждом из указанных сечений и соответствующей разности температур в каждом из концентраторов определяют величину конвективного теплового потока за счет смешанной и вынужденной конвекции с поверхности модели элемента тела человека или поверхности пакета одежды и по ней осуществляют оценку конвективного теплообмена и прогнозирование теплового состояния человека в условиях эксплуатации одежды при различных охлаждающих воздействиях.

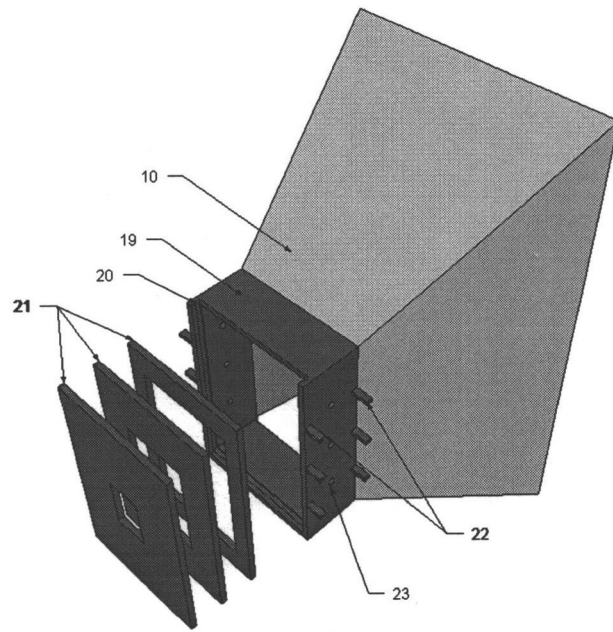
2. Аэродинамическое устройство для определения конвективного теплообмена и скорости испарения влаги в системе «человек - одежда - окружающая среда», содержащие последовательно соединенные по ходу воздушного потока вентиляторную камеру для генерирования воздушного потока с трехфазными асинхронными двигателями, на валах которых закреплены вентиляторы, подготовительную камеру для стабилизации воздушного потока с системой выравнивающих сеток и открывающимся измерительным окошком для измерения температуры поверхности теплообмена бесконтактным методом и теплообменную камеру с размещенными в ней тепловой моделью элемента тела человека, выполненной в виде вертикального цилиндра, и измерительными сетками с первичными преобразователями температуры, интегрирующими прирост температуры воздушного потока до и после контакта с поверхностью теплообмена, верхним концентратором вертикального воздушного потока с первичным преобразователем температуры и чувствительным элементом термометра-термоанемометра, боковым концентратором горизонтального воздушного потока с первичными преобразователями температуры и регулировочным узлом для ввода чувствительного элемента термометра-термоанемометра, измерительными отверстиями для ввода в них чувствительного элемента термометра-термоанемометра и крепежными элементами для закрепления на них чувствительного элемента термометра-термоанемометра.



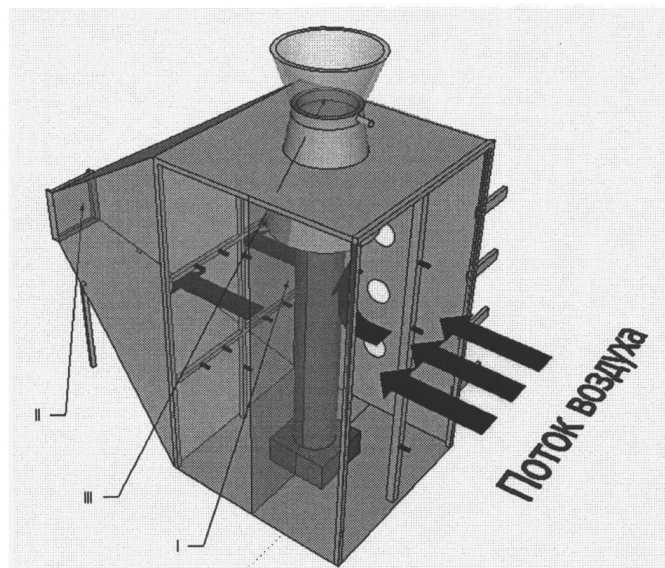
Фиг. 1



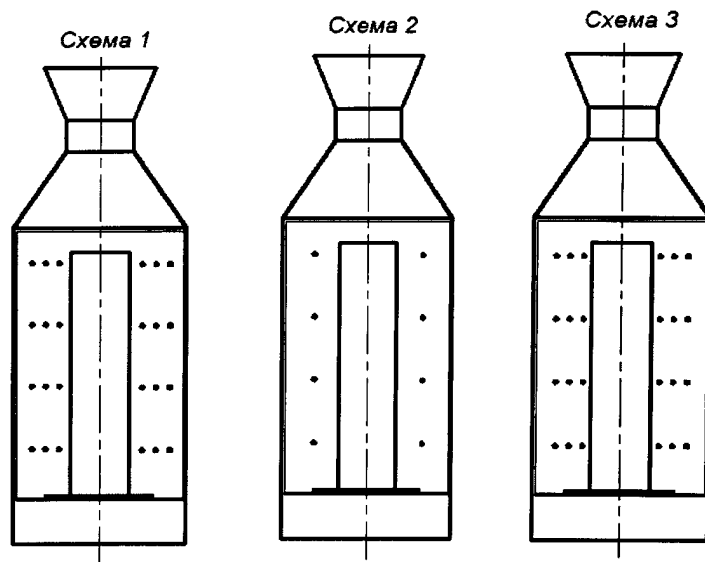
Фиг. 2



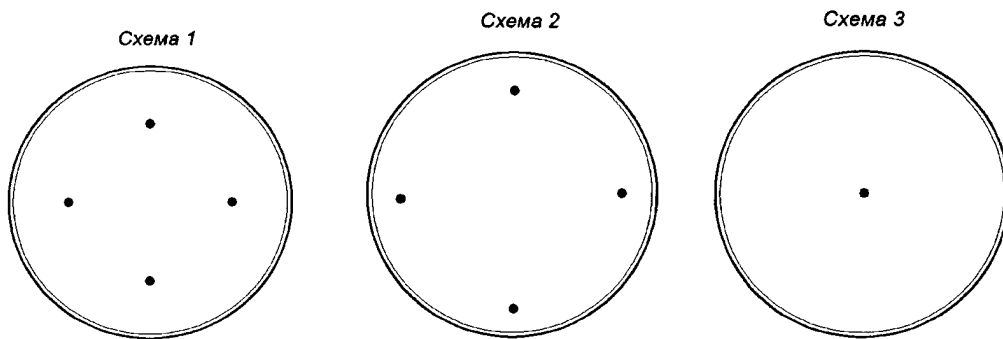
Фиг. 3



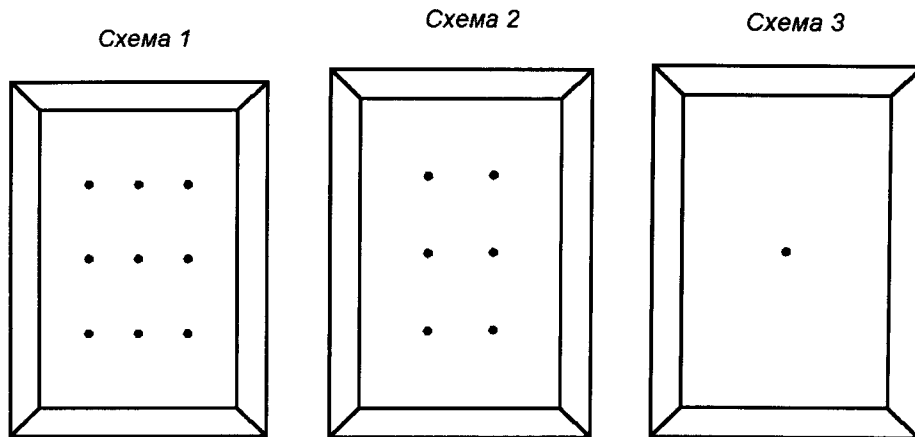
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7