

Холодильная, криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения 77-30569/222942

10, октябрь 2011

Шакуров А. В., Жердев А. А.

УДК 621.565.35

МГТУ им. Н.Э. Баумана

alexeylogic@mail.ru

zherdev@power.bmst.ru

При криотерапевтической процедуре охлаждается эпителий человека. Человек находится в кабине со средой пониженной температуры (воздух, азотовоздушная смесь).

Цель криотерапии: воздействие на терморегуляционную составляющую управления гомеостазом, путем понижения температуры поверхностных слоев, содержащих холодовые рецепторы, до температуры ниже 12 °С, выше -2 °С [3].

Врачом заранее задается температурный уровень и глубина, на которой его необходимо достичь, также оговаривается требуемое время процедуры. Температурный уровень на поверхности тела человека соответствует приведенному выше диапазону. Время процедуры задается не более трех минут. Глубина целевого охлаждения не выходит за рамки эпителия. В ходе процедуры, охлаждается преимущественно тонкий поверхностный слой кожи, в котором расположены тепловые рецепторы. Ядро тела не испытывает переохлаждения.

Криотерапия имеет широкое применение в медицине. Этот метод используется в ревматологии, дерматологии, спортивной медицине, косметологии. Наиболее перспективное направление использования – профилактика заболеваний, укрепление иммунитета. Стоит отметить, что данный метод безлекарственный, лечебный эффект достигается только лишь за счет физических факторов.

Целью инженерного расчета является нахождение параметров холодильной установки и режимов теплообмена в кабине, обеспечивающих требуемое прохождение процедуры.

Любая установка для криотерапии состоит из трех основных частей (рис. 1): блока охлаждения рабочего тела (в действующих установках - каскадная холодильная машина,

запас жидкого азота), блока подачи рабочего тела (где происходит его циркуляция для охлаждения) и кабины (в которой находится человек при проведении процедуры, может содержать одного человека или группу в зависимости от конструкции).

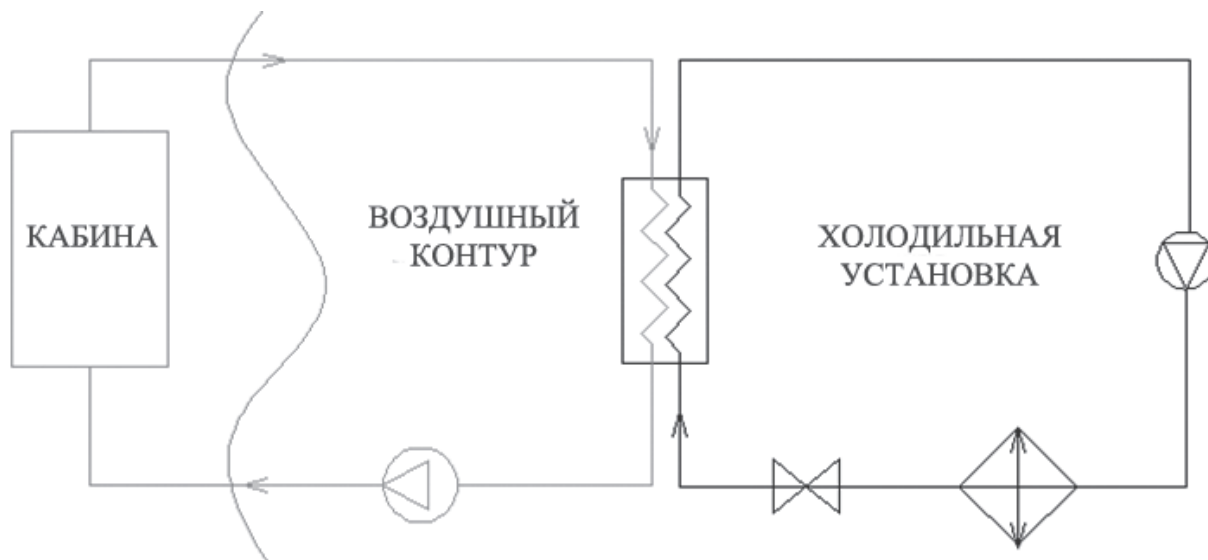


Рис. 1. Схема предлагаемой установки

В предлагаемой схеме роль блока охлаждения выступает парокompрессионная холодильная машина. В блоке подачи рабочее тело – воздух, который охлаждается в теплообменнике и подается вентилятором на сопла. Направленные сопловые потоки омывают тело человека и обеспечивают проведение процедуры.

Современные криотерапевтические установки для организации режима теплообмена в кабине используют газ при температурах около $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2] в условиях приближенных к естественной конвекции, что является неэффективным по экономическим соображениям [1]. С этой точки зрения стоит повысить температурный уровень в кабине пациента, при этом организовать теплообмен и режимы воздействия исходя из требований медицинских работников.

Выбор парокompрессионной холодильной машины обусловлен удобством эксплуатации, технологичностью, широкой распространённостью и удобством автоматизации. Парокompрессионный холодильный цикл на распространённых холодильных агентах малоэффективен при температурах ниже $-30\ldots-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Применяемые сегодня методы охлаждения неудобны в связи с трудностями доставки жидкого азота в небольших количествах и сложностью каскадных холодильных машин.

Исходя из этих условий произведен расчет теплообмена в кабине при условиях эффективности данного цикла. При наличии струйного натекания потока воздуха на тело человека, возможно создать более эффективную установку для криотерапии основанную на новом методе охлаждения поверхности тела.

Расчет проводился по методике В.В. Будрика [3], основой расчета является зависимость динамики движения изотерм в биоткани от условий окружающей кожу человека среды, а также создание повышенного коэффициента теплоотдачи с помощью сопловой подачи воздуха.

Применяя холодный воздух с температурой $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в условиях струйного натекания на тело, можно обеспечить эффективное охлаждение биоткани (кожи). Парокомпрессионный холодильный цикл позволяет эффективно охлаждать среду до данной температуры.

Тело пациента предложено разделить на зоны, учитывающие антропометрические характеристики, для учета индивидуальных особенностей каждого человека (рис. 2). На каждый участок подача воздуха осуществляется из отдельного сопла.

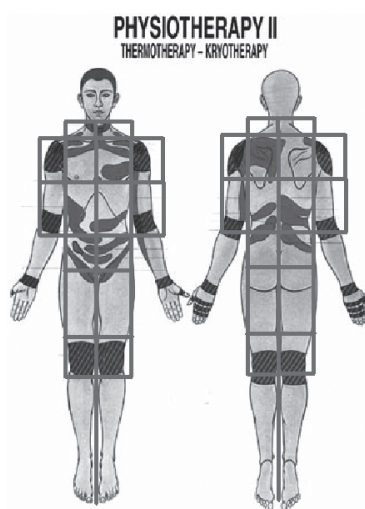


Рис. 2. Разделение пациента на зоны

Организуя интенсивность теплоотдачи от поверхности тела на уровне $90\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$, получаем такие же результаты, что и при выше рассмотренных условиях охлаждения человека в установке с температурой $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ в условиях естественной конвекции. [3]

Рассчитанный вариант установки позволяет направленными струями управляемо обдувать тело человека, система сопел ориентирована на антропометрические характеристики человека (рис. 3, рис. 4)

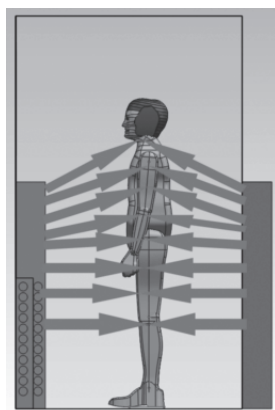


Рис. 3. Схема обдува вид сбоку

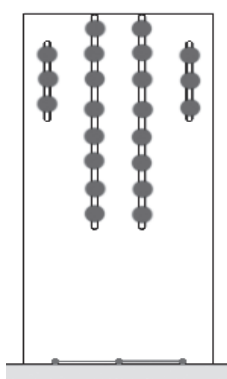


Рис. 4. Схема обдува вид спереди

В результате расчета получена номинальная холодопроизводительность установки для обеспечения процедуры:

$$Q = 8.2 \text{ кВт}.$$

Температура воздуха, подаваемого в кабину:

$$t = -30 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Задана область регулирования холодопроизводительности:

$$\Delta Q = \pm 2.5 \text{ кВт}.$$

Разработанный проект установки по сравнению с существующими аналогами не имеет основных проблем (таких как доставка жидкого азота, большая разница температур между средой и телом человека, дороговизна, неуправляемость процесса проведения процедуры, невозможность индивидуализировать процесс процедуры под особенности отдельного человека), ориентирована на эксплуатацию средними медицинскими работниками

(холодильная машина не сложнее, чем обычное торговое холодильное оборудование) и позволяет снизить цену на процедуры, по сравнению с аналогами.

Планируется разработка стенда для экспериментальной проверки расчета процедуры при сопловом натекании потока.

Библиографические ссылки:

1. Жердев А.А., Сергеева А.А. Обзор становления криотерапевтического оборудования // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана, серия машиностроение. 2008, Спецвыпуск. № 2. с. 112-120.
2. Выбор и обоснование технологии аэрокриотерапевтического воздействия Баранов А.Ю., [и др.]. Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2003. № 2. с. 84–86.
3. Будрик В.В. Физические основы криометодов в медицине М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 130 с.