

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ ЖИДКОГО АЗОТА К СИСТЕМЕ
ОХЛАЖДЕНИЯ КРИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА****Баранов В.А. (ИТМО), Иконникова А.Ю. (ИТМО)****Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Баранов И.В.
(ИТМО)**

Введение. Криотерапевтический комплекс – криогенная медицинская установка предназначенная для проведения процедур общего криотерапевтического воздействия (ОКВ) [1,2]. Отличительной особенностью этого криомедицинского прибора является беспрецедентно высокая тепловая нагрузка, которую нужно отвести из пространства процедурной кабины для получения высокого физиотерапевтического результата. Продолжительность процедуры ОКВ составляет не более 180 с, но при этом необходимо удалить за пределы процедурного пространства не менее 1000 кДж теплоты [1]. Практика разработки и эксплуатации криотерапевтических комплексов однозначно показала, что использование рефрижераторных установок компрессорного типа в составе криотерапевтических комплексов нерационально, так как мощность тепловыделения велика а температурный уровень отвода теплоты должен составлять наиболее 140 К [3]. При таких условиях потребление электрической мощностью приводом компрессионного рефрижератора может составлять более 50 кВт. Использование в составе криотерапевтического комплекса рефрижераторных устройств такой мощности нерационально из-за их высокой стоимости и большого энергопотребления [4].

Основная часть. Оптимальным решением поставленной тепловой задачи является отвод теплоты с помощью жидкого криоагента (азота). В этом случае основные затраты энергии на отвод тепловой нагрузки реализуется во время производства жидкого азота, причем могут быть существенно распределены во времени. Например, в литературе описывается установка для ОКВ, которая работает за счёт автономного генератора жидкого азота. Генератор непрерывно производит жидкий азот, а криотерапевтический комплекс потребляет накопленный запас криоагента за один 1,5 часа [1]. Еще более эффективным является использование в качестве крио агента азота произведенного на крупных воздухораспределительных предприятиях. При таких условиях мощность, потребляемая криотерапевтической установкой, обычно не превышает 1 кВт [5]. Практика эксплуатации криотерапевтических комплексов с азотным охлаждением насчитывает уже более 50 лет. Это позволяет проанализировать эксплуатационный опыт и наметить перспективные пути развития систем снабжения жидким азотом. Особый интерес представляют системы дистанционной подачи жидкого азота в индивидуальные криотерапевтические установки (криосауны). Эти аппараты способны выполнять до 15 процедур ОКВ и непрерывно работать в течение 8 часов. При среднем расходе жидкого азота 5 кг на процедуру, суточное потребление жидкого азота в одной установке ОКВ может превышать 300 кг [6]. В этом случае традиционная схема снабжения криосаун жидким азотом, в которой для доставки жидкого азота используются криососуды объемом до 0,04 м³, неработоспособна, так как требует использования большого количества азота и больших расходов на приобретение криоагента по розничным ценам.

Выводы. В Университете ИТМО разработана система дистанционной подачи жидкого азота из транспортных цистерн объемом от 0,5 до 5 м³ [4]. Цистерна размещается за пределами здания, что позволяет заправлять ее жидким азотом непосредственно из транспортного средства завода-производителя. Цистерна выполняет функцию временного хранения криоагента и обеспечивает его подачу в криотерапевтический комплекс по трубопроводу длиной до 10 м. Серийная транспортная цистерна ЦТКа-1/0,25 дополняется блоком управления подачи азота, который поддерживает в паровом пространстве цистерн

избыточное давление до 0,07 МПа. Блок управления криосауны с помощью пневматической сети управляет выдачей жидкого азота в трубопровод. Учитывая особенности использования жидкого азота в системе охлаждения криотерапевтического комплекса, орган управляющий расходом азота, клапан с пневматическим приводом, располагается непосредственно на транспортной цистерне. Благодаря этому, при открытии клапана в трубопровод поступает парожидкостная азотная смесь, которая быстро переносится в накопительную емкость блока охлаждения процедурной кабины. Частицы жидкого азота используются для регенерации теплоносителя который циркулирует между процедурной кабиной и системой охлаждения. Частицы пара жидкого азота смешиваются с потоком газообразного теплоносителя, и используются для покрытия тепловой нагрузки процедурной кабины. Криотерапевтический комплекс выходит на установившийся температурный режим (менее 140 К) за период времени более 30 с. Подача криоагента в трубопровод осуществляется дискретно, по мере опорожнения накопительной емкости. По завершению очередной процедуры остатки криоагента направляется из трубопровода в накопительную емкость системы охлаждения, и используются в начале следующего процедурного цикла.

Список использованных источников:

1. Соколова Е.В., Баранов А.Ю., Баранов И.А., Баранов В.А. Основы эффективности криотерапевтического оборудования // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация - 2024. - Т. 23. - № 3. - С. 113-125.
2. Seyam S.Low-temperature Technologies. Ch 8. Technique and Technology of Whole-Body Cryotherapy (WBC) / Alexander Baranov, Oleg Pakhomov, Alexander Fedorov, Vladimir Ivanov, Andrew Zaitsev, Ruslan Polyakov, IET - 2020
3. Баранов А.Ю., Баранов В.А., Выбор схемы криотерапевтической установки, Холодильная техника. 2007. № 10. С. 42-45.
4. Баранов А.Ю., Беликов П.А., Приходько С.В., Баранов В.А., Снабжение аэрокриотерапевтических комплексов жидким азотом, Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2003. № 2. С. 82.
5. Баранов А.Ю., Баранов В.А., Ле Куанг В.М. , О выборе технологии криостатирования индивидуальной криосауны, Вестник Международной академии холода. 2008. № 1. С. 37-39.
6. Баранов А.Ю., Балахнин Д.Г., Баранов В.А., Козлова И.А., Об опыте применения сосудов-газификаторов для снабжения азотом криомедицинской аппаратуры, Технические газы. 2008. № 5 (2008). С. 47-52.