

УДК 621.593

КОНТАКТНАЯ ПЕРЕДАЧА ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ИЗ ПРОЦЕДУРНОЙ КАБИНЫ КРИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА К ЖИДКОМУ КРИОАГЕНТУ

Баранов И.А. (ООО «Научно-производственное предприятие «КРИОН»),
Иконникова А.Ю. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Соколова Е.В.
(ИТМО)

Введение. Общее криотерапевтическое воздействие (ОКВ) – универсальная физиотерапевтическая процедура, которую успешно применяют для лечения, профилактики и реабилитации [1]. Лечебный эффект общего криотерапевтического воздействия основан на стимуляции пороговых холодовых рецепторов кожи при переохлаждении ее поверхности до температурного уровня около -2°C [2]. Для достижения физиотерапевтического эффекта достаточно снизить температуру на глубину не более 0,4 мм, однако из-за конечной теплопроводности покровных тканей человеческого тела, невозможно локализовать переохлаждение кожи только на этой глубине. Интенсивный отвод теплоты с поверхности объекта ОКВ вызывает нарушения распределения температуры покровных тканей на глубину до 15 мм [3]. При этом биологические ткани выделяют аккумулированную ими теплоту, которая формирует тепловую нагрузку на систему охлаждения процедурной кабины установки для ОКВ.

Основная часть. Средняя интенсивность отвода теплоты от объекта ОКВ составляет порядка 3,0 кВт. Количество теплоты, отведенной от тела пациента за 3 минуты пребывания в процедурной кабине, достигает величины 600 кДж. Наряду с отводом теплоты от объекта охлаждения к системам криостатирования процедурной кабины покрываются тепловые потоки поступающие от внутренней поверхности теплового ограждения и теплота выделенная при охлаждении газа заполняющего объем процедурной кабины до уровня температур ОКВ (менее 140 К). В зависимости от конструкции процедурной кабины полезная тепловая нагрузка, теплота отведенная от поверхности тела пациента, составляет от 50 до 70 % от общей тепловой нагрузки. Таким образом система охлаждения процедурной кабины должна за 180 с отвести на температурном уровне менее 140 К от 950 до 1200 кДж [4]. Средняя интенсивность выделения теплоты в объеме процедурной кабины составляя до 6,7 кВт, а пиковая нагрузка в момент начала процедуры ОКВ может превышать 15 кВт.

Выводы. Показано, что для покрытия тепловой нагрузки такой интенсивности целесообразно использовать открытый цикл криостатирования, в котором теплота передается жидкому азоту [4]. Мощность тепловой нагрузки и быстротечность процессов реализации ОКВ оптимально использовать для передачи теплоты через контактный теплообмен. Теплота выносится из объема кабины потоком газообразного теплоносителя, перегретого пара жидкого азота, и передается частицам криоагента, которые захватываются из сборника жидкого азота и перемещаются вместе с потоком теплоносителя. В процессе пневмотранспортирования капель жидкого азота осуществляется интенсивный подвод теплоты в режиме вынужденной конвекции. Криоагент частично испаряется, его пары смешиваются с потоком теплоносителя и ускоряют регенерацию последнего. Использование контактного обмена теплотой позволяет покрывать мощные тепловыделения процедурной кабине без применения инерционной теплообменной аппаратуры.

Список использованных источников:

1. Баранов А.Ю., Соколова Е.В., Баранов В.А., Баранов И.А. Основы эффективности криотерапевтического оборудования // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация - 2024. - Т. 23. - № 4. - С. 246-258.

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., Малышева Т.А., Савельева А.В., Сидорова А.Ю. Перенос теплоты в объекте общего криотерапевтического воздействия // Вестник Международной академии холода - 2012. - № 2. - С. 35-40
4. Баранов А.Ю., Малышева Т.А., Савельева А.В., Сидорова А.Ю. Выбор схемы общего криотерапевтического воздействия // Вестник Международной академии холода - 2012. - № 4. - С. 40-44
5. Yerezhep D., Baranov A.Y. Understanding Cryotherapy, IET - 2020