

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ КРИОСТАТИРОВАНИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБЩЕГО КРИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, ПРИЧИНЫ И ТЕНДЕНЦИИ

Василенок А.В.¹, Кувшинов И.И.¹

Научный руководитель – д.т.н., профессор Баранов А.Ю.
(1-Университет ИТМО)

Рассмотрена эволюция систем криостатирования криотерапевтических установок на территории России и зарубежных стран. Описаны причины возникновения основных недостатков таких систем и способы их устранения.

Общая криотерапия – это современная медицинская технология немедикоментозного лечения, основанная на интенсивном переохлаждении поверхности тела пациента. Целью такого переохлаждения является стимуляция холодовых рецепторов, которые активируются в тот момент, когда температура поверхности кожи опускается ниже $+2^{\circ}\text{C}$ и их сигнал достигает предельного значения в тот момент, когда температура опускается до -2°C . Выполнение этих температурных рекомендаций является целью технологии общей криотерапии (WBC – whole body cryotherapy).

Для выполнения поставленной температурной задачи за ограниченное время необходимо отводить теплоту с поверхности тела пациента с достаточно большой интенсивностью. Исследования, выполненные в Университете ИТМО показали, что средний тепловой поток с поверхности тела составляет примерно $3,5 \text{ кВт/м}^2$ или 5 кВт/м^2 со всей поверхности тела, а в начальный момент процедуры тепловыделения достигают 7 кВт/м^2 . Всю эту тепловую нагрузку необходимо отвести за счет работы системы криостатирования и с учетом низкого температурного уровня, на котором реализуется процесс (140 K).

Современное состояние и эволюция систем криостатирования в значительной степени сложились, потому что изложенные выше энергетические требования были сформулированы только в 21 веке. До этого методология и техника общей криотерапии развивались без учета оценки истинной величины тепловой нагрузки. Это привело к ряду негативных последствий. Чтобы их оценить и понять причины современного состояния аппаратуры WBC, необходимо рассмотреть поэтапную эволюцию систем криостатирования от момента создания до наших дней.

Первым проектом реализации идеи общего криотерапевтического воздействия была японская установка, в которой процедуру общей криотерапии одновременно проходили до 10 человек. Для поддержания минимально возможной температуры в зоне WBC были использованы стандартные рекуперативные теплообменники-испарители промышленных холодильных установок, которые эксплуатировали в жидкостном режиме, т.е. все внутреннее пространство труб заполнялось жидким криоагентом, уровень которого постоянно пополнялся через нижнее сечение теплообменника. При попытке воспроизвести технологию общей криотерапии в европейских государствах (Польша, Германия) инженеры использовали схему с теплообменниками, но стали подавать криоагент (жидкий азот) по традиционной для холодильных установок, парожидкостной схеме. Это вызвало нестабильность температурного режима процедурной кабины. Криогенные установки с использованием жидкого азота сохранились только в Польше, где они выпускаются наравне с установками с безазотными системами охлаждения, где в рекуперативный теплообменник поступает рабочее тело каскадного рефрижераторного цикла.

Позднее была предпринята попытка заменить каскадный цикл на цикл на газовых смесях. Это не привело к существенному повышению энергетической эффективности, поэтому на сегодняшний день используют как каскадные циклы, так и циклы на газовых смесях, которые поддерживают температуру не ниже -110°C .

Изменение технологии криостатирования зоны WBC стало причиной резкого снижения эффективности аппаратуры для общего криотерапевтического воздействия.

Василенок А.В. (автор)

Кувшинов И.И. (автор)

Баранов А.Ю. (научный руководитель)