

УДК 621.59

# Выбор схемы общего криотерапевтического воздействия

Канд. техн. наук А. Ю. БАРАНОВ, канд. техн. наук Т. А. МАЛЫШЕВА,  
А. В. САВЕЛЬЕВА, А. Ю. СИДОРОВА

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

**Total cryotherapeutic influence (TCI) — work process, aimed at the body surface cooling to a temperature close to  $-2^{\circ}\text{C}$ . With proper choice of the duration of cooling and cooling gas temperature it is possible to achieve high efficiency of cryotherapeutic influence. The criterion of such efficiency is the duration of analgesic action (effective time). Numerical experiments of simulation have shown, that when using the individual scheme the effective time does not decrease until the duration of start-up period does not exceed 160 seconds.**

**Keywords:** krioterapiya, krioterapevtichesky effect, krioterapevtichesky influence, group krioterapiya, individual krioterapiya.

**Ключевые слова:** криотерапия, криотерапевтический эффект, криотерапевтическое воздействие, групповая криотерапия, индивидуальная криотерапия.

## Введение

Общее криотерапевтическое воздействие (ОКВ) — современный метод восстановительно-го лечения, основанный на использовании высокотехнологичного медицинского оборудования. С технологической точки зрения ОКВ представляет собой метод быстрого переохлаждения поверхности тела до умеренно низких температур. Использование криогенного газа в качестве теплоотводящей среды (теплоносителя) обеспечивает высокую плотность отвода теплоты ( $3\text{--}6\text{ кВт/м}^3$ ). Безопасность пациента (объекта ОКВ) достигается за счет ограничения продолжительности процесса охлаждения. Максимальная экспозиция контакта с криогенным теплоносителем не превышает 3 мин.

В публикациях, описывающих процесс реализации ОКВ [1, 2], основное внимание уделяется температуре теплоносителя, которая в разных источниках варьируется от 90 до 190 К.

В СПбГУНиПТ были выполнены исследования по выбору и обоснованию основных технологических параметров ОКВ: температуры теплоносителя и продолжительности охлаждения [3]. Показано, что максимальный эффект и продолжительность анальгетического действия достигаются при температуре теплоносителя 140 К. Экспозиция охлаждения составляет в этом случае 165 с [4]. Полученные результаты соответствуют идеальным условиям реализации ОКВ при постоянстве температуры теплоносителя в течение всей процедуры:

$$0 < \tau < \tau_{\max}, \quad T_1 = \text{const.}$$

В действительности обеспечить постоянство температуры газа в течение всей процедуры невозможно. В момент входа пациентов в зону ОКВ из-за конвективного перемещения первичной атмосферы в смежный объем, происходит повышение температуры газа. Объем кабины — исполнительного устройства криотерапевтического

комплекса — заполняется более теплым газом, что оказывает существенное влияние на процессы, протекающие в объекте ОКВ. Степень повышения температуры теплоносителя в зоне проведения ОКВ зависит от конструкции криотерапевтического комплекса (КТК). Существует два класса КТК: одноместные (индивидуальные) (ИКТК) и многоместные (групповые) (ГКТК) [5].

Кабина ИКТК отделена от окружающей среды только входным люком, поэтому в момент входа пациента температура в зоне ОКВ повышается до уровня 280–290 К.

В ГКТК низкотемпературная кабина отделена от окружающей среды одним или двумя шлюзами [4, 5], которые должны препятствовать проникновению атмосферного воздуха в зону ОКВ. Пациенты проходят в зону ОКВ сквозь шлюзы, в которых температура выше, чем в основной кабине. Охлаждение объекта ОКВ в групповом КТК представляет собой сложную последовательность смены температуры теплоносителя, что неизбежно сказывается на достигаемых результатах. Таким образом, на практике ОКВ реализуется в разных КТК, которые отличаются схемой реализации криотерапевтического воздействия.

## Описание схем ОКВ

В зависимости от конструкции КТК можно выделить две основные схемы реализации ОКВ: индивидуальную и групповую, которые различаются графиком изменения температуры газа, воздействующего на поверхность тела пациента. Характер изменения температуры теплоносителя во время сеанса ОКВ в групповом и индивидуальном КТК поясняется графиками, приведенными на рис. 1.

График построен исходя из предположения о том, что оптимизация температуры газа в зоне ОКВ составляет 140 К. Для наглядности, кривая

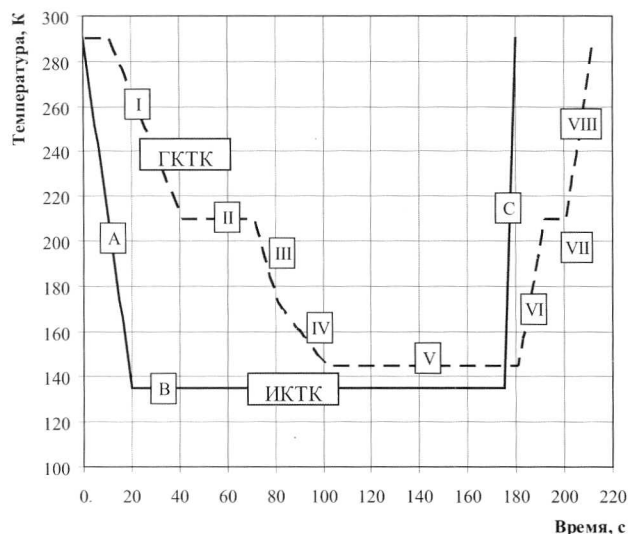


Рис. 1. График изменения температуры теплоносителя, действующего на поверхность тела при разных схемах реализации ОКВ

температуры для ГКТК смещен вверх ( $T = 145$  К), а кривая для ИКТК — вниз ( $T = 135$  К). Действительные значения оптимальной температуры предстоит определить в численном эксперименте.

Схема проведения ОКВ в индивидуальном КТК (см. рис. 1) состоит из трех этапов: вход в исполнительное устройство — этап А, экспозиция объекта в исполнительном устройстве — этап В и выход из исполнительного устройства — этап С.

Как видно из графика, на первом и последнем этапах температура теплоносителя ниже 290 К, поэтому объект подвергается охлаждению. Однако интенсивность охлаждения ниже, чем при оптимальной температуре ( $T = 140$  К), поэтому общая продолжительность сеанса ОКВ может быть больше расчетной:

$$\tau = \tau_A + \tau_B + \tau_C > \tau_{T=\text{const}}$$

Продолжительность этапа А зависит от энерговооруженности системы криостатирования ИКТК и расхода теплоносителя через объем исполнительного устройства (ИУ). На практике время выхода ИКТК на рабочий режим составляет не менее 15 с.

Продолжительность этапа С определяется объемом кабины и сечением дверей. Обычное время выхода пациента из объема ИУ не превышает 5 с.

Оптимальная экспозиция объекта в установившемся температурном режиме может быть определена в рамках численного эксперимента.

Схема ОКВ в групповом КТК гораздо сложнее (см. рис. 1), так как температура снижается по мере перемещения объекта из окружающей среды в зону ОКВ и обратно.

На рис. 1 приведен график изменения температуры охлаждающего газа при движении объекта ОКВ по полостям двухкамерного ГКТК [5]. Температура в основной кабине  $T_k = 145$  К, в шлюзе  $T_{\text{ш}} = 210$  К. Вход пациентов в шлюз, сопровождается заполнением объема шлюза атмосфер-

ным воздухом  $T_{\text{ш}} \rightarrow 290$  К. После закрытия дверей происходит постепенное снижение температуры воздуха в объеме шлюза до уровня 210 К (этап I). Принимаем продолжительность восстановления температуры в объеме шлюза равной  $\tau_I = 30$  с. На этапе II продолжительностью  $\tau_{II} = 30$  с, пациентов выдерживают в шлюзе при температуре 210 К. При переходе из шлюза в кабину, этап III, происходит смешение более холодного воздуха кабины с относительно теплым воздухом шлюза, в результате в обеих полостях устанавливается средняя температура:  $\bar{T} = 0,5(T_{\text{ш}} + T_k)$ . Продолжительность перехода  $\tau_{III} = 10$  с. После перекрытия дверей между кабиной и шлюзом начинается этап IV — восстановление номинальной температуры кабины. Продолжительность этапа IV в общем случае зависит от энерговооруженности ГКТК [4] и тепловой инерции кабины.

Принимаем продолжительность выравнивания температуры равной  $\tau_{IV} = 30$  с. Время контакта поверхности тела с газом, имеющим оптимальную температуру — этап V — зависит от значения температуры в кабине и затрат времени на перемещения объекта по полостям ГКТК. Длительность этапа V ( $\tau_V$ ) можно определить только в результате эксперимента. Этап VI представляет собой переход пациентов из кабины в шлюз. Продолжительность этапа  $\tau_{VI} = 10$  с. Температура газа в момент перехода из кабины в шлюз определяется как среднее значение между значениями температуры воздуха в смежных объемах до открытия дверей:

$$\bar{T} = 0,5(T_{\text{ш}} + T_k).$$

Этап VII представляет собой технологический перерыв между закрытием дверей в кабину и выходом из шлюза, продолжительность этапа  $\tau_{VII} = 10$  с. Этап VIII — выход пациентов из шлюза в окружающую среду. Продолжительность этапа VIII составляет  $\tau_{VIII} = 10$  с, за это время температура газа в объеме шлюза повышается с 210 до 290 К.

Продолжительность вспомогательных этапов ОКВ в групповом КТК достигает 130 с, поэтому длительность контакта поверхности тела с газом, имеющим оптимальную температуру (V-го) значительно меньше, чем в индивидуальных КТК. Пациенты должны преодолеть все этапы группового криотерапевтического воздействия без нарушения условий гипотермической безопасности, поэтому допустимая продолжительность этапа V может быть определена только в ходе численного эксперимента.

Для оценки влияния схемы криотерапевтического воздействия на достигаемый физиотерапевтический результат и безопасность пациента было выполнено две серии экспериментов.

В первой серии были исследованы варианты работы ИКТК с разной продолжительностью пускового периода (этап А), время выхода на установившийся температурный режим составляла 0 до 160 с. Продолжительность пускового периода изменялась с шагом 20 с.

Результаты моделирования процесса ОКВ в индивидуальном КТК при переменной продолжительности выхода на режим  $\tau_{\text{пуск}}$  и номинальной температуре газа  $T_{\text{ном}}=140\text{ К}$

Таблица 1

| $\tau_{\text{пуск}}$ | $\tau_{\text{max}}$ | $t_{i=1}, ^\circ\text{C}$ | $t_{\text{м-ж}}, ^\circ\text{C}$ | $Q_{\text{конв}}, \text{кДж}$ | $\tau_{\text{эф}}, \text{ч}$ |
|----------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 0                    | 159                 | -2,00                     | 36,21                            | 447                           | 5,42                         |
| 20                   | 172                 | -2,00                     | 36,18                            | 448                           | 5,43                         |
| 40                   | 185                 | -2,00                     | 36,16                            | 449                           | 5,42                         |
| 60                   | 197                 | -2,00                     | 36,14                            | 451                           | 5,43                         |
| 80                   | 210                 | -2,00                     | 36,11                            | 452                           | 5,42                         |
| 100                  | 223                 | -2,00                     | 36,08                            | 454                           | 5,41                         |
| 120                  | 236                 | -2,00                     | 36,05                            | 456                           | 5,41                         |
| 140                  | 249                 | -2,00                     | 36,02                            | 458                           | 5,40                         |
| 160                  | 260                 | -1,74                     | 36,00                            | 455                           | 3,42                         |

В ходе численного эксперимента вычислялись: допустимая экспозиция охлаждения ( $\tau_{\text{max}}$ ), эффективное время ОКВ ( $\tau_{\text{эф}}$ ), температура поверхности объекта охлаждения ( $T_{i=1}$ ), температура на внутренней границе слоя жировой клетчатки ( $T_{\text{м-ж}}$ ), текущая плотность теплового потока от объекта к криогенному теплоносителю ( $q_{\text{конв}}$ ) и интегральный отвод теплоты с единицы поверхности ( $Q_{\text{конв}}$ ). Результаты эксперимента иллюстрируются данными табл. 1, где приведены данные о значениях вычисляемых характеристик при разной продолжительности пускового периода:  $\tau_{\text{эф}}=f(\tau_A)$ ,  $\tau_{\text{max}}=f(\tau_A)$ ,  $Q_{\text{конв}}=f(\tau_A)$ , а также графиком  $T_{i=1}=f(\tau_A)$  для вариантов с разной продолжительностью выхода на установившийся температурный режим.

Как видно из данных табл. 1 затраты времени на достижение номинального температурного уровня, не оказывают существенного влияния на эффективность КТВ. При увеличении продолжительности пускового периода до 140 с величина эффективного времени остается без существенных изменений. Только в последнем варианте ( $\tau_{\text{эф}}=160\text{с}$ ) расчетное значение эффективного времени оказалось в 1,5 раза меньше чем в других экспериментах.

Увеличение времени выхода на установившийся режим компенсируется за счет увеличения общей продолжительности ОКВ. Продолжительность охлаждения возрастает от  $\tau_{\text{max}}=160\text{ с}$  (при  $\tau_{\text{пуск}}=0\text{ с}$ ) до  $\tau_{\text{max}}=250\text{ с}$  (при  $\tau_{\text{пуск}}=140\text{ с}$ ). Незначительное влияние продолжительности пускового периода на эффективность ОКВ объясняется тем, что условия отвода теплоты в первой фазе ОКВ (фаза охлаждения [5]) не играют существенной роли, так как величина эффективного времени зависит от температурного режима завершающей (эффективной) фазы процесса.

Медленное снижение температуры газа в первой фазе процесса ОКВ, фазе охлаждения, вызывает изменение формы кривых  $T_{i=1}=f(\tau)$  (см. рис. 2), возникает выпуклый участок, который соответствует этапу выхода на установившийся температурный режим (этап А). Форма кривой на этом участке указывает на то, что темп переохлаждения

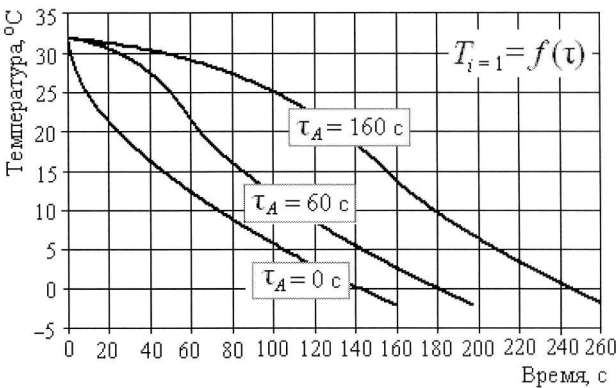


Рис. 2. Изменение температуры поверхности объекта ОКТ при различной продолжительности выхода на установившийся температурный режим

поверхности снижен. После выхода на режим темп охлаждения возрастает, а кривая  $T_{i=1}=f(\tau)$  приобретает вогнутую форму.

Идентичность процессов в завершающей фазе процедуры обеспечивает постоянство физиотерапевтического результата.

Эффективность ОКВ снизилась только при увеличении продолжительности пускового периода до 160 с (см. табл. 1). Увеличение общей продолжительности процесса до 260 с привело к преждевременному переохлаждению внутренних слоев объекта ОКВ. Из-за этого первым было нарушено внутреннее условие гипотермической безопасности ( $T_{\text{м-ж}} > 36^\circ\text{C}$ ), а кожа объекта не успела охладиться до минимально допустимого значения (при  $\tau=\tau_{\text{max}}$ ,  $T_{i=1}=1,7^\circ\text{C}$ ). Резкое снижение достигаемого физиотерапевтического эффекта, указывает на то, что дальнейшее увеличение продолжительности пускового периода изменит характер воздействия с криотерапевтического на гипотермический.

Результаты моделирования процесса ОКВ в индивидуальных установках показывают, что время охлаждения исполнительного устройства до рабочей температуры может варьироваться в достаточно широких пределах без ущерба для эффективности процедур.

Во второй серии экспериментов был исследован процесс организации в групповом криотерапевтическом комплексе (групповая схема ОКВ). Температура газа, охлаждающего поверхность объекта, изменялась в соответствии с алгоритмом, показанным на рис. 1.

В данной серии экспериментов продолжительность выхода процедуры на установившийся температурный режим определялась затратами времени на перемещение пациентов из окружающей среды в основную кабину (этапы I–III) и восстановление температуры газа в основной камере после входа пациентов (этап IV). Суммарные затраты времени составили  $\tau_{\text{I-IV}}=100\text{ с}$ . Продолжительность пребывания пациентов в газовой среде с номинальной температурой (этап V, см. рис. 1) составляла от 60 до 130 с. Время выхода пациентов из основной ка-

бины в окружающую среду (этапы VI–VIII) составило 30 с. Общая продолжительность сеанса ОКВ по групповой схеме составляла от 190 до 260 с.

При номинальной температуре газа 140 К групповые процедуры с общей продолжительностью 180 с создают анальгетический эффект продолжительностью всего 0,18 ч, что составляет всего 3,3% от теоретической эффективности ОКВ при данной температуре газа. Увеличение продолжительности основного V этапа до 100 с, позволяет увеличить значение эффективного времени ОКВ до 0,86 ч что составляет всего 16% от возможного (табл. 2).

Дальнейшее наращивание продолжительности этапа V вызывает нарушение условий гипотермической безопасности (см. табл. 2). При  $\tau_v \geq 110$  с нарушение условий безопасности происходит до выхода пациентов из криотерапевтического комплекса  $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ . Низкая эффективность групповой схемы проведения ОКВ объясняется тем, что в большинстве вариантов процедура не переходит в результативную фазу, так как  $T_{i=1} \geq 2$  °C. Только при  $\tau_v = 100$  с минимальная температура поверхности снижается до уровня 1,5 °C, но и это состояние длится недолго, поэтому физиотерапевтический эффект мал. Для преодоления негативного влияния групповой схемы организации ОКВ целесообразно снизить значение номинальной температуры газа в основной кабине ГКТК.

Эксперименты при более низкой температуре в основной кабине ГКТК ( $T_{\text{ном}} = 135$  К (табл. 3) и  $T_{\text{ном}} = 130$  К ) показали, что снижение температуры несколько улучшило достигаемый результат, но эффективность схемы ОКВ осталась значительно ниже теоретической.

Наибольшее значение эффективного времени (2,7 ч) достигнуто при  $\tau_v = 90$  с и  $T_{\text{ном}} = 130$  К. Данные представлены в табл. 4.

Однако эксплуатация ГКТК при этих параметрах процесса охлаждения представляется достаточно рискованной, так как незначительная задержка пациентов в основной кабине может стать причиной обморожения поверхности тела. Например, увеличение продолжительности V этапа всего на 10 с ( $\tau_v = 100$  с, см. табл. 4) приводит к тому, что минимально допустимая температура поверхности ( $t_{i=1} = -2$  °C) достигается уже на 185 с охлаждения, т.е. за 45 с до окончания сеанса. Расчеты основаны на усредненных характеристиках объекта ОКВ, поэтому даже незначительные отличия анатомии пациента от усредненных данных создадут условия для холодового поражения даже при оптимальных значениях  $\tau_{\text{эксп}}$  и  $T_{\text{ном}}$ .

Наибольшую практическую ценность представляет вариант, в котором температура в кабине составляет 135 К, а этап V длится 100 с. В этом варианте эффективное время ОКВ достигает двух часов.

По итогам численного эксперимента можно сделать заключение, что при индивидуальной схеме криотерапевтического воздействия пусковой период не оказывает существенного влияния

Таблица 2

Результаты моделирования процесса ОКТ в групповой установке при номинальной температуре газа 140 К

| $\tau_{\text{эксп}}$ | $\tau_y$ | $\tau_{\max}$ | $t_{i=1}$  |            | $t_{\text{м-ж}}$ | $\tau_{\text{эф, ч}}$ | Примечание                    |
|----------------------|----------|---------------|------------|------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|
|                      |          |               | $t_{\min}$ | $t_{\max}$ |                  |                       |                               |
| 50                   | 180      | 180           | 8,8        | 13,8       | 36,3             | 0,18                  | —                             |
| 60                   | 190      | 190           | 7,1        | 12,3       | 36,3             | 0,23                  | —                             |
| 70                   | 200      | 200           | 5,6        | 10,9       | 36,2             | 0,31                  | —                             |
| 80                   | 210      | 210           | 4,2        | 9,6        | 36,2             | 0,41                  | —                             |
| 90                   | 220      | 220           | 2,8        | 8,3        | 36,1             | 0,58                  | —                             |
| 100                  | 230      | 230           | 1,5        | 7,1        | 36,0             | 0,86                  | —                             |
| 110                  | 240      | 233           | 0,2        | 5,1        | 36,0             | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |
| 120                  | 250      | 233           | −1,0       | 2,1        | 36,0             | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |
| 130                  | 260      | 218           | −2,0       | −2,0       | 36,1             | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |

Таблица 3

Результаты моделирования процесса ОКВ по групповой схеме, температура газа 135 К

| $\tau_{\text{эксп}}$ | $\tau_{\Sigma}$ | $\tau_{\max}$ | $t_{i=1}$ | $t_{\text{м-ж}}$ | $\tau_{\text{эф, ч}}$ | Примечание                    |
|----------------------|-----------------|---------------|-----------|------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 50                   | 180             | 180,0         | 12,7      | 36,3             | 0,22                  | —                             |
| 60                   | 190             | 190,0         | 11,2      | 36,3             | 0,29                  | —                             |
| 70                   | 200             | 200,0         | 9,7       | 36,2             | 0,41                  | —                             |
| 80                   | 210             | 210,0         | 8,2       | 36,1             | 0,61                  | —                             |
| 90                   | 220             | 220,0         | 6,9       | 36,1             | 0,98                  | —                             |
| 100                  | 230             | 230,0         | 5,5       | 36,0             | 1,91                  | —                             |
| 110                  | 240             | 231,6         | 3,1       | 36,0             | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |
| 120                  | 250             | 200,5         | −2,0      | 36,2             | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |
| 130                  | 260             | 200,5         | −2,0      | 36,2             | 1                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |

Таблица 4

Результаты моделирования процесса ОКВ по групповой схеме, температура газа 130 К

| $\tau_{\text{эксп}}$ | $\tau_{\Sigma}$ | $\tau_{\max}$ | $t_{i=1}$ | $t_{\text{м-ж}}$ | $\tau_{\text{эф, ч}}$ | Примечание                    |
|----------------------|-----------------|---------------|-----------|------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 50                   | 180             | 180,0         | 11,56     | 36,29            | 0,27                  | —                             |
| 60                   | 190             | 190,0         | 9,89      | 36,24            | 0,39                  | —                             |
| 70                   | 200             | 200,0         | 8,30      | 36,19            | 0,61                  | —                             |
| 80                   | 210             | 210,0         | 6,77      | 36,14            | 1,09                  | —                             |
| 90                   | 220             | 220,0         | 5,30      | 36,07            | 2,71                  | —                             |
| 100                  | 230             | 185,0         | −2,00     | 36,27            | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |
| 110                  | 240             | 185,0         | −2,00     | 36,27            | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |
| 120                  | 250             | 185,0         | −2,00     | 36,27            | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |
| 130                  | 260             | 185,0         | −2,00     | 36,27            | —                     | $\tau_{\max} < \tau_{\Sigma}$ |



на эффективности сеансов, так как затраты времени на достижение номинального температурного уровня компенсируются за счет увеличения общей экспозиции охлаждения. Неприемлемыми для практической реализации являются варианты с продолжительностью пуска более 160 с. Учитывая то, что современные ИКТК выходят на установившийся температурный режим не более чем за 60 с, все они обеспечивают удовлетворительные показатели по эффективности ОКВ.

Существующий алгоритм проведения криотерапии в групповых системах существенно снижает физиотерапевтический результат ОКВ. Максимальное значение эффективного времени криотерапии при использовании групповой схемы процедур не превышает 2 ч. Недостатки групповой схемы проведения ОКВ непреодолимы, так как вытекают из конструкции многоместной установки. Например, использование шлюзовой камеры, которая защищает низкотемпературную кабину от проникновения атмосферного воздуха в момент входа (выхода) пациентов. Сокращение времени экспозиции пациентов в шлюзе, отказ от этого этапа или прямой выход пациентов из основной кабины в окружающую среду, резко увеличат приток теплоты в низкотемпературную зону и эксплуатационные показатели ГКТК. В случае отказа от использования шлюза технология групповых и индивидуальных процедур станет идентичной. Учитывая то, что групповые кабины отличаются от индивиду-

альных наличием большого свободного пространства, проведение процедур без шлюза увеличит затраты энергии. Групповые криотерапевтические комплексы являются тупиковой ветвью развития техники и технологии общей криотерапии.

### Список литературы

1. Баранов А. Ю., Баранов В. А. Выбор схемы криотерапевтической установки // Холодильная техника. 2007. № 10.
2. Баранов А. Ю. Разработка техники и технологии криотерапии // Холодильная техника. 2006. № 12.
3. Баранов А. Ю. Криогенная физиотерапия // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2005. № 3.
4. Баранов А. Ю., Баранов В. А., Ле Куанг В. М. О выборе технологии криостатирования индивидуальной криосауны // Вестник Международной академии холода. 2008. № 1.
5. Кирьянова В. В., Баранов А. Ю., Максимов А. В., Малышева Т. А. Основы эффективности общей криотерапии. /Материалы I международной научно-практической конференции «Криотерапия в России». СПбГУНиПТ, 2008.
6. Шиман А. Г., Кирьянова В. В., Максимов А. В., Баранов А. Ю. Клинико-физиологические аспекты применения криотерапии // Вестник СПб Гос. мед. академии им. И. И. Мечникова. 2001. № 1. 27.