

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА РАНКА-ХИЛША ПРИ СОЗДАНИИ АППАРАТА ДЛЯ СЕАНСОВ ЛОКАЛЬНОЙ АЭРОКРИОТЕРАПИИ

Представленное в статье исследование связано с новым типом приборов для локальной аэрокриотерапии на основе вихревой трубки Ранка-Хилша. Авторы в качестве предмета исследования используют вихревой эффект и созданную на его основе вихревую трубку Ранка-Хилша, создавая принципиально новый аппарат для проведения сеансов локальной аэрокриотерапии. Рассматриваются имеющиеся на данный момент основные аппараты для локальной аэрокриотерапии. Представлены результаты исследований созданного аппарата, который не имеет аналогов и по своим рабочим характеристикам не уступает уже имеющимся аппаратам для локальной аэрокриотерапии, а по некоторым параметрам даже превосходит. Рассмотрена сущность вихревого эффекта Ранка-Хилша и предложено его применение при создании аппарата для проведения сеансов локальной аэрокриотерапии. Новый тип аппаратов для локальной аэрокриотерапии имеет несомненно важное научно-практическое значение.

Ключевые слова: локальная аэрокриотерапия, вихревой эффект Ранка-Хилша, криоустановки физиотерапевтическая процедура, субтерминальное переохлаждение.

Локальная аэрокриотерапия – это физиотерапевтическая процедура, лечебное действие которой основано на ответных реакциях организма на переохлаждении локального наружного (рецепторного) слоя кожи до температуры -2°C . Такое субтерминальное переохлаждение не приводит к повреждению тканей, но оказывает мощное раздражающее действие на ЦНС, которое вызывает ряд положительных сдвигов в иммунной, эндокринной, кровеносной и др. системах организма. [1]

Технические науки

Противовоспалительный эффект обеспечивается несколькими механизмами: дегидратация тканей, снижение активности медиаторов воспаления, увеличение противовоспалительных цитокинов и уменьшение провоспалительных, иннаktivация энзима коллагеназа, снижение уровня С-реактивного протеина. Локальное охлаждение снимает гиперемию, отек, стаз, нормализует лимфоток, уровень ферментативных реакций, ослабляет аллергический компонент.

Анальгетический эффект достигается за счет ряда механизмов: резкого снижения проводимости нервной ткани, активизации эндорфинных систем торможения, нейтрализации химических реакций на ацетилхолин, гистамин, простагландин, что ведет к выраженной анальгезии, локальной анестезии и разрыву порочного круга «боль – мышечный спазм – боль».

Регулирование мышечного тонуса происходит посредством торможения функций гамма-мотонейронной системы, как следствие – физиологическая миорелаксация, снятие мышечного спазма, контрактуры. Кратковременное воздействие умеренно низких температур способствуют возрастанию силы и выносливости мышц, повышению тургора кожи.

Активация метаболизма – происходит за счет углеводного обмена (расход гликогена печени и мышц), вслед за углеводным меняется жировой, белковый и ферментативный. Происходит перестройка общего метаболизма, направленного на изменение структуры жирового слоя и накопления макроэргов клетками.

Восстановление микроциркуляции, в основе которой лежит ритмическая смена вазоконстрикции и вазодилатации с последующим открытием артериовенозных анастомозов, приводит к улучшению циркуляции не только в микрососудах кровяного русла, но и в лимфатическом русле.

Активация клеточного и гуморального иммунитета происходит за счет нормализации показателей Т-лимфоцитов, снижения сывороточного интерлейкина IL-1, IL-6, TNF (фактор некроза опухоли).

Технические науки

Локальная аэрокриотерапия оказывает анальгетический, антиэкссудативный и регенеративный эффекты в зоне воздействия охлаждающего фактора. [2]

Выделяет следующие криоустановки для локальной аэрокриотерапии: – термоэлектрические модули (элементы Пельтье): это контактное оборудование с температурой от +12 до –10 градусов Цельсия при длительном воздействии, до –35 градусов Цельсия при кратковременном; [3] – жидкий азот: проводятся хирургические и терапевтические процедуры, охлаждение происходит при помощи газовой струи с температурой от +20 до –180 градусов Цельсия; [3] – локальная воздушная криотерапия: охлаждение производится потоком холодного сухого воздуха, который забирается из окружающей среды с температурой до –60 градусов Цельсия. [3]

Аппарат Cryoflow 1000 IR (Криофлоу 1000 IR) предназначен для локальной криотерапии с помощью регулируемой струи охлажденного до –32...–40°C воздуха (однокомпрессионная холодильная машина). Охлажденный воздух подается на пациента по шлангу через насадки разного диаметра, регулирующие толщину воздушной струи. Аппарат имеет функциональную возможность контроля температуры поверхности кожи в месте проведения криотерапии. [4]

Установка КриоДжет (CriojetAir) для локальной воздушной криотерапии – это безрасходная криотерапевтическая система последнего поколения. Аппарат обеспечивает подачу охлажденного до –32°C, –40°C или –60°C атмосферного воздуха в виде осушенной воздушной струи. [5]

Мобильная криоустановка КриоДжет С200 Мини позволяет обрабатывать любые участки тела, при этом мощность воздушного потока и время можно варьировать с помощью сенсорной панели управления. [5]

Для получения ожидаемого клинического эффекта от локальной криогенной аэротерапии необходимо четко выдерживать режимы воздействия. Эта проблема, в большей степени, техническая, связанная с аэродинамикой струи криоагента, с созданием «криотерапевтической плато фазы», с градиентом температур во время процедуры. [6]

Технические науки

Современные аппараты, отвечающие данным требованиям, имеют достаточно высокую цену, кроме того, возможны трудности с дальнейшим техническим обслуживанием купленного аппарата для локальной аэрокриотерапии. Мы предлагаем создание принципиально нового аппарата для локальной аэрокриотерапии, имеющего невысокую цену и простоту обслуживания, работающего на основе эффекта Ранка-Хилша.

Вихревой эффект (эффект Ранка-Хилша) – эффект разделения газа или жидкости на две фракции при закручивании в цилиндрической или конической камере. На периферии образуется закрученный поток с большой температурой, а в центре – охлаждённый поток, закрученный в противоположную сторону. Существует распространённое заблуждение, что температурное разделение происходит путем перемещения молекул газа на прямом проходе вихря (в одну сторону). Но объяснимых физикой причин для такого разделения нет, как нет причин и для вращения центрального жгута в противоположную сторону относительно периферии. В противоположную сторону вращаются микровихри между центральным жгутом и периферией, так как жгут вращается с более высокой скоростью относительно периферии. Температурное разделение происходит путем теплопередачи от сжатого (и потому горячего) кумулятивным эффектом или имплозией центрального жгута к несжатой периферии, имеющей температуру как на входе. По мере движения к "горячему" концу периферия нагревается отдвигающегося ей навстречу сжатого центрального горячего жгута, который в свою очередь наоборот остывает. Таким образом, образующийся в трубке вихрь является тепловым насосом компрессионного типа с противоточным теплообменником, способным передать до 100% разницы температур. [7, 8, 9]

Впервые данный эффект был открыт при исследовании работы циклонов французским инженером Жозефом Ранком в конце двадцатых годов прошлого столетия, который и запатентовал изделие на основе этого эффекта – «трубку Ранка» (вихревую трубку Ранка). [7, 8, 9]

Технические науки

В сороковых годах дополнительными исследованиями эффекта и доработкой трубки Ранка занимался немецкий физик Роберт Хилш. В честь этих выдающихся исследователей интересующий нас эффект и стали называть эффектом Ранка-Хилша. [7, 8, 9]

Для создания экспериментальной установки была разработана пневмосхема установки:

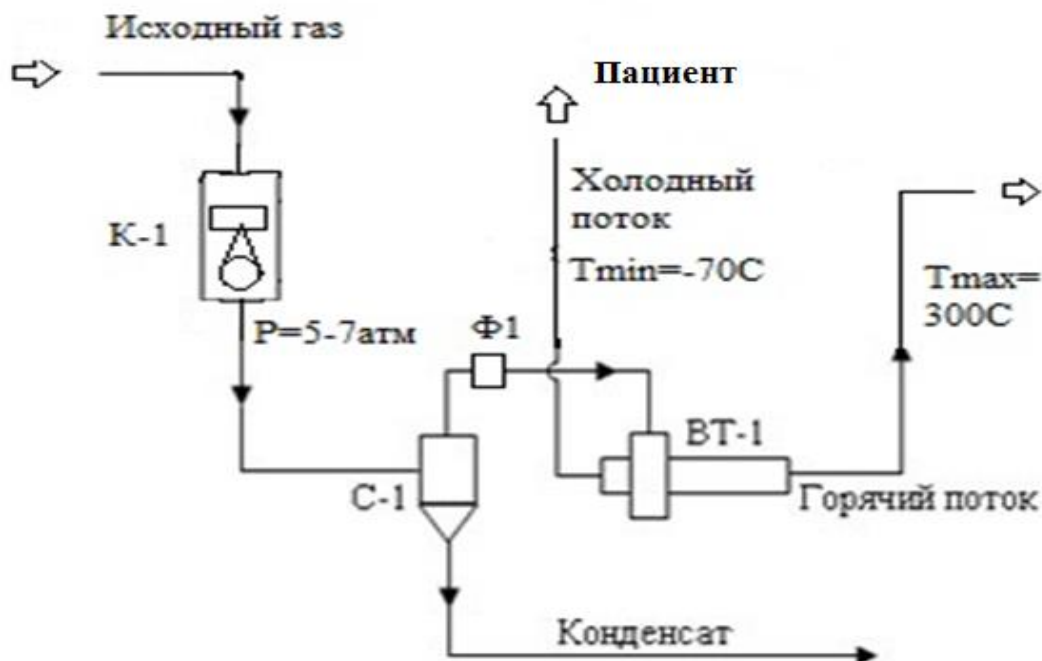


Рис. 1. Пневмосхема установки (К-1: компрессор, Ф1: фильтр, С-1: осушитель, ВТ-1: вихревая трубка Ранка-Хилша).

Принцип действия: компрессор сжимает воздух, забираемый из окружающей среды, и подает в вихревую трубку под рабочим давлением $P=5-7$ атмосфер. Воздух, подаваемый для питания трубки, должен быть сухим и чистым, поэтому необходима система фильтрации и очистки воздуха (С-1 и Ф1 на рис 1). Система фильтрации и очистки воздуха может быть установлена непосредственно и в самом компрессоре, тогда осушенный и очищенный воздух идет непосредственно в трубку Ранка-Хилша через подводящий шланг. Расположение системы фильтрации и очистки воздуха зависит от типа используемого компрессора.

Технические науки

При работе трубки исходный воздушный поток разделяется на два – холодный и горячий. Горячий поток отводится в атмосферу через специальный глушитель. Холодный поток используется для проведения сеанса криотерапии. Для повышения эффективности распределения холодного потока могут быть использованы специальные глушители и насадки, формирующие струю холодного потока и отсекающие аэродинамические шумы.

Представив пневмосхему установки, были подобраны необходимые комплектующие и собрана экспериментальная установка с внутренней системой очистки и осушения воздуха:



Рис. 2. Фото установки с внутренней системой очистки и осушения воздуха

- 1 – измерительный стенд;
- 2 – вихревая трубка Ранка-Хилша с установленными глушителями (2а – глушитель-формирователь холодного потока, 2б – глушитель горячего потока);
- 3 – пневматический пистолет с клапаном регулировки расхода воздушной струи;
- 4 – подводящий осушенный и очищенный воздух для питания вихревой трубки шланг;
- 5 – компрессор с интегрированной системой очистки и осушения воздуха.

Технические науки

После того, как установка была готова, мы провели исследования зависимости температуры струи холодного воздуха от рабочего давления и расстояния до генератора холода при температуре окружающей среды $t = +22^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1

Результаты измерений при использовании компрессора с внутренней системой очистки и фильтрации воздуха:

Давление, атм \ Расстояние от генератора, см	7	6	5	4	3	2
0	-36	-34	-29	-27	-17	-3
1	-32	-31	-28	-25	-15	0
2	-25	-24	-22	-20	-12	2
3	-20	-18	-14	-11	-8	4
4	-18	-16	-13	-10	-1	6
5	-18	-15	-13	-9	0	7
6	-17	-15	-13	-9	0	7
7	-17	-15	-13	-9	1	8
8	-17	-15	-12	-8	2	9
9	-17	-13	-12	-8	4	9
10	-14	-11	-11	-8	8	10
11	-12	-11	-10	-7	12	13
12	-9	-7	-7	-3	17	17
13	-7	-3	-3	0	18	22
14	-6	-1	0	1	19	22
15	-3	2	2	3	20	22
16	0	5	6	6	22	22
17	8	8	9	9	22	22
18	10	11	12	12	22	22
19	12	12	14	15	22	22
20	13	13	16	17	22	22
21	14	15	18	18	22	22
22	16	16	19	19	22	22
23	17	17	19	20	22	22
24	18	19	20	20	22	22
25	19	19	20	21	22	22
26	19	20	21	22	22	22
27	20	21	22	22	22	22
28	21	22	22	22	22	22
29	22	22	22	22	22	22

Технические науки

По данным результатов измерений таблицы 1 были составлены графики:

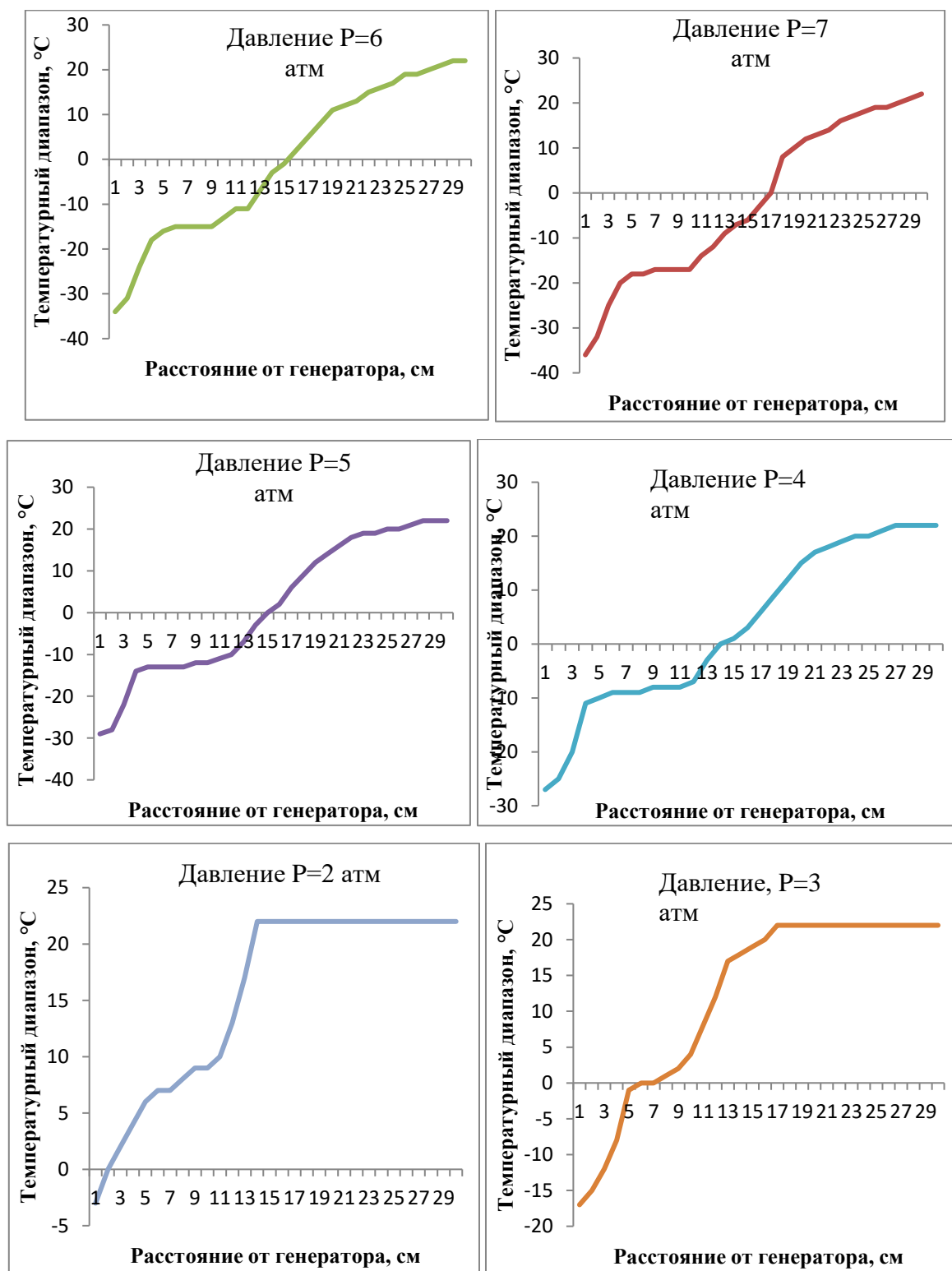


Рис. 3. Зависимость температуры струи холодного воздуха от давления и расстояния до генератора холода (внутренняя система фильтрации воздуха)

Из данных эксперимента видно, что наименьшая температура представлена на срезе генератора холода. Минимальная температура достигается при

Технические науки

максимальном давлении. При использовании глушителей на холодный выход вихревой трубки, значительно уменьшается шум от работающей трубки и струя холодного воздуха становится более направленной и локализованной, не допуская паразитного охлаждения окружающих предметов, но в это же время происходит теплообмен между струей холодного воздуха, стенками глушителя и окружающей средой, вследствие чего происходит нагрев холодной воздушной струи. Однако полученной на срезе глушителя температуры холодной струи оказывается достаточно для проведения сеанса локальной криотерапии. Также допускается воздушный зазор между срезом глушителя холодного выхода трубки и телом пациента в несколько сантиметров без потери эффективности процедуры.

Данная установка для локальной криотерапии может использоваться в лечебных и оздоровительных целях различными учреждениями здравоохранения, санаториями и частными центрами здоровья. Результаты измерений показали, что эффективность работы нашей установки не уступает аналогичным импортным установкам для локальной криотерапии. Сравнение параметров проводилось по температуре струи холодного потока, эффективности охлаждения и времени выхода на заданную рабочую температуру, представленных в технических данных импортных установок и по результатам экспериментов на нашей установке.

Спроектированная нами установка для локальной криотерапии не имеет аналогов, гарантирует высокую надежность, а также эффективность и качество проводимых процедур.

Список литературы

1. Криотерапия. – URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/241594>
2. Применение локальной воздушной криотерапии в реабилитационных программах эстетического профиля. – URL: <http://www.cryo-therapy.ru/aesthetic.shtml>
3. Все о косметологии. – URL: cosmetology-info.ru/474/Krioterapiya

Технические науки

4. Воздушная струевая криотерапия. – URL: http://www.sante-tech.ru/katalog_tovarov/cryo_therapy/apparat_dlya_lokalnoj_krioterapii_krioflou_1000_cryoflow_1000

5. Установка для локальной криотерапии КриоДжет С200. – URL: <http://shou-sin.ru/index.php?productID=1264>

6. Современная криохирургия и криогенная технология. – URL: <http://www.medicine-service.de/clinics/crionirurgiya.html>

7. Эффект Ранка-Хилша и его применение. – URL: <http://shlif.by/index.php?mact=News,cntnt01,detail,0&cntnt01articleid=26&cntnt01returnid=18>

8. Познание процессов обучения физике : сб. статей. Вып. 14 / под ред. Ю. А. Саурова. – Киров : ООО «Типография «Старая Вятка», 2013. – 98 с.

9. Ворончихин С. Г., Помыткин В. А., Туев М. А., Харин В. А. Исследование параметров устройства криогенного охлаждения при обработке деталей резанием // Научное обозрение. 2014. № 11. – 370 с.

ВОРОНЧИХИН Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: vsg010203@mail.ru

ТУЕВ Михаил Алексеевич – инженер факультета компьютерных и физико-математических наук, магистрант II курса, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: nolinsk94@yandex.ru