

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского
"Харьковский авиационный институт"

В.П. Олейник

Терапевтические аппараты и системы

Учебное пособие

Харьков "ХАИ" 2002

УДК 616.075.8

Терапевтические аппараты и системы / В.П. Олейник. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2002. - 93 с.

Приведены краткие описания терапевтических аппаратов и систем, используемых в лечебных учреждениях. Особое внимание уделено аппаратуре, применяемой в физиотерапии. Даны сведения о назначении, реализуемом методе лечения, структуре технического устройства, основных медицинских и технических характеристиках.

Для студентов и специалистов, изучающих, эксплуатирующих и разрабатывающих технические средства для терапевтического применения.

Ил. 103. Табл. 5. Библиогр.: 12 назв.

Р е ц е н з е н т ы : канд. техн. наук В.И. Огарь, Н.А. Киселев

© Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт», 2002 г.

Введение

Терапия – область клинической медицины, изучающая происхождение, лечение, диагностику и профилактику заболеваний внутренних органов. Терапия - общее название консервативных методов лечения, к которым относят все нехирургические методы лечения.

Принята следующая классификация видов терапии по средствам воздействия.

1. *Фармакотерапия* - лечение лекарственными препаратами всех видов. Сюда относятся:

а) *химиотерапия* - лечение препаратами на основе искусственных химических соединений;

б) *фитотерапия* - лечение препаратами на основе лекарственных трав.

2. *Гормонотерапия* - лечение гормональными средствами.

3. *Вакциноterapia* (серотерапия) - лечение сыворотками и вакцинами.

4. *Климатотерапия* - лечение природными факторами данной местности.

5. *Физиотерапия* - лечение переформированными физическими факторами и полями.

6. *Рефлексотерапия* - лечение воздействием на рефлексные зоны.

7. *Психотерапия* - лечебное воздействие словом (содержанием и формой).

8. *Диетотерапия* - лечение составом продуктов, употребляемым пациентом.

9. *Трудовая терапия* - лечение трудовым процессом.

В клинической медицине используют также классификацию видов терапии по направленности лечебного воздействия.

1. *Этиотерапия (казуальная терапия)* – терапия, направленная на устранение причин болезни.

2. *Патогенетическая терапия (хирургия)* – терапия, предусматривающая воздействие на процессы развития болезни в целях их прерывания или ослабления.

3. *Симптоматическая терапия* – ликвидация тягостных для пациента проявлений болезни.

4. *Реабилитационная (заместительная) терапия* – мероприятия, направленные на восстановление функций, нарушенных болезнью, или их замещение.

Большое количество научных, технических и инженерных решений нашло свое отражение в физиотерапии. Физиотерапия (физиче-

ская терапия, физические методы лечения) – область в медицине, изучающая действие на организм человека природных и искусственно создаваемых физических факторов и использующая эти факторы в лечебных или профилактических целях. В настоящее время принята следующая классификация физиотерапевтических методов лечения.

Электротечение – группа методов, использующая информационное, стимулирующее, тепловое действие электрических токов, электрического и магнитного полей, электромагнитных излучений на организм человека.

Светолечение – объединяет методы, использующие энергию электромагнитных колебаний инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучений.

Лучевая терапия – методы лечения, использующие ионизирующее излучение.

Тепловое лечение – включает методы, в которых используется тепловое действие нагретых или охлажденных веществ.

Механолечение – объединяет методы, основанные на воздействии механической энергии.

Комбинированные методы – используют для воздействия на пациента несколько физических факторов. Подвиды комбинированных методов включают в себя:

а) *водолечение* – использование пресной воды;

б) *бальнеотерапию* – применение ванн различного газового и химического состава;

в) *физиофармаколечение* – объединение методов одновременного воздействия на организм физических факторов и лекарственных средств (методы лекарственного фореза, аэрозольтерапия).

По современным представлениям действие физических факторов на организм определяется совокупностью физико-химических изменений свойств клеток и протекающих в них обменных процессов, а также реакции функциональных систем на раздражение.

Для реализации терапевтического воздействия кроме метода, как правило, необходимы и технические средства.

Таким образом, терапевтические аппараты и системы (ТАС) – это технические средства, предназначенные для создания лечебного эффекта.

Классификация ТАС по механизму создания лечебного эффекта:

- создание раздражающего действия – все виды стимуляции;
- создание энергетического воздействия - выделение тепла или деформация биотканей;
- введение лекарственных препаратов;
- замена или дублирование функций органов или систем.

ТАС, в отличие от медицинского инструментария (зажимы, пинцеты, скальпели и др.), содержат элементы различных направлений инженерии. Поэтому разработка ТАС неразрывно связана как с достижениями фундаментальных наук, так и с развитием прикладных направлений, в том числе и электроники.

1. ИСКУССТВЕННЫЕ ОРГАНЫ

Искусственные органы (ИО) - технические средства, предназначенные для временной или постоянной замены функций органа человека. ИО можно разделить на устройства, не имплантируемые в организм, и на устройства, частично или полностью имплантируемые. По времени функционирования ИО можно разделить на аппараты непрерывного действия и аппараты периодического включения.

1.1. Аппарат "Искусственное сердце"

"Искусственное сердце" - аппарат для полной замены на то или иное время насосной функции сердца.

Существуют два направления развития инженерных решений:

1. Создание аппарата "Искусственное сердце" с внешним приводом для применения в экстренных случаях от нескольких часов до нескольких суток.

2. Создание и применение полностью имплантируемого аппарата для обеспечения адекватного кровообращения.

В настоящее время разработаны конструкции, реализующие только первое направление.

Аппарат мешотчатого типа изготавливается из фторсиликонового каучука. Насосная функция осуществляется в результате изменения объема внутренней эластичной оболочки (рис. 1.1).

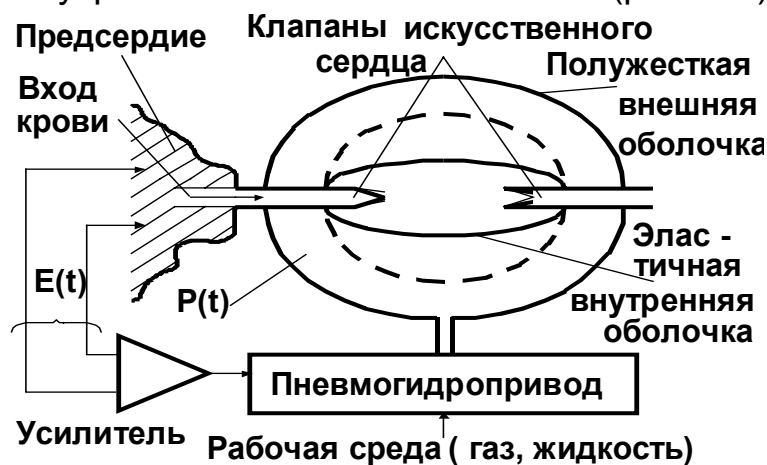


Рис. 1.1. Модель аппарата "Искусственное сердце" мешотчатого типа

Аппарат диафрагменного типа. Работа этой модели происходит в результате перемены положения диафрагмы под давлением на ее поверхность газа или жидкости от привода (рис. 1.2).

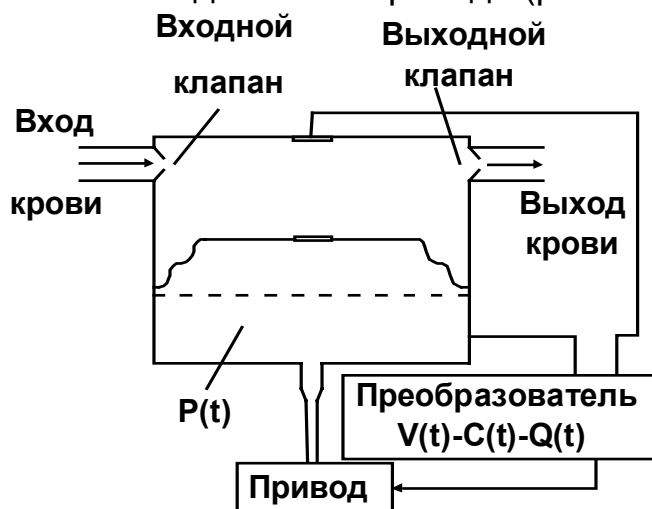


Рис. 1.2. Модель аппарата “Искусственное сердце” диафрагменного типа

Общие требования к конструкции аппарата “Искусственное сердце”:

1. Материалы должны выдерживать длительные циклические нагрузки.
2. Отсутствие тромбообразования.
3. Конструкция не должна содержать застойных зон, областей повышенных механических напряжений.
4. Конструкция должна иметь минимум циклически соприкасающихся поверхностей для снижения травмирования элементов крови.

Основные характеристики моделей “Поиск-5” и “Поиск-10м” показаны в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Параметры	Поиск-5	Поиск-10м
Частота сокращений	60 – 150 уд/мин	60 – 150 уд/мин
Минутный объем крови	5 – 15 л	5 – 14 л
Объем заполнения	150 см ²	120 – 140 см ²
Масса	350 г	210 г
Размеры	125x100x80 мм	125x100x80 мм
Материал корпуса	силикон	полиуретан

1.2. Перфузионные аппараты

Перфузия (лат. Perfusio – обливание, вливание) - искусственное питание тканей путем пропускания через них биологически активных жидкостей.

Перфузия применяется при замене функции кровотока, для обеспечения интенсивной химиотерапии и искусственного изменения температуры тела пациента (искусственная гипотермия).

Перфузионные аппараты – технические конструкции для обеспечения циркуляции крови, кровезаменяющих жидкостей, растворов и лекарственных средств в полостях и кровеносных сосудах для получения лечебного эффекта, а также для пропускания питательных сред через устройства культивирования тканей и изолированных органов.

Перфузионные аппараты подключаются в разрыв венозного или артериального русла (соответственно венозная или артериальная перфузия).

1.3. Аппараты искусственного кровообращения (АИК)

Искусственное кровообращение (экстракорпоральное кровообращение, искусственная перфузия) - способ поддержания кровотока в организме, отдельном органе или отдельной области организма искусственным путем.

К современным АИК предъявляют такие основные требования:

- поддержание на протяжении всей перфузии заданного минутного объема кровообращения (4-5 л);
- обеспечение адекватного насыщения крови кислородом и поддержание необходимого парциального давления углекислого газа (35-45мм рт.ст.);
- объем первоначального заполнения должен быть минимальным (меньше 3 л для взрослого человека);
- обеспечение возврата в циркуляторный контур кровопотерь, происходящих при кровотечениях, травмах или операциях;
- травма элементов крови должна быть минимальной;
- кровопроводящие магистрали АИК должны изготавливаться из нетоксичного материала, химически инертного по отношению к крови.

Любой АИК состоит из двух блоков - физиологического и технического (механического).

К физиологическому блоку относят все детали, соприкасающиеся с кровью (рис. 1.3).

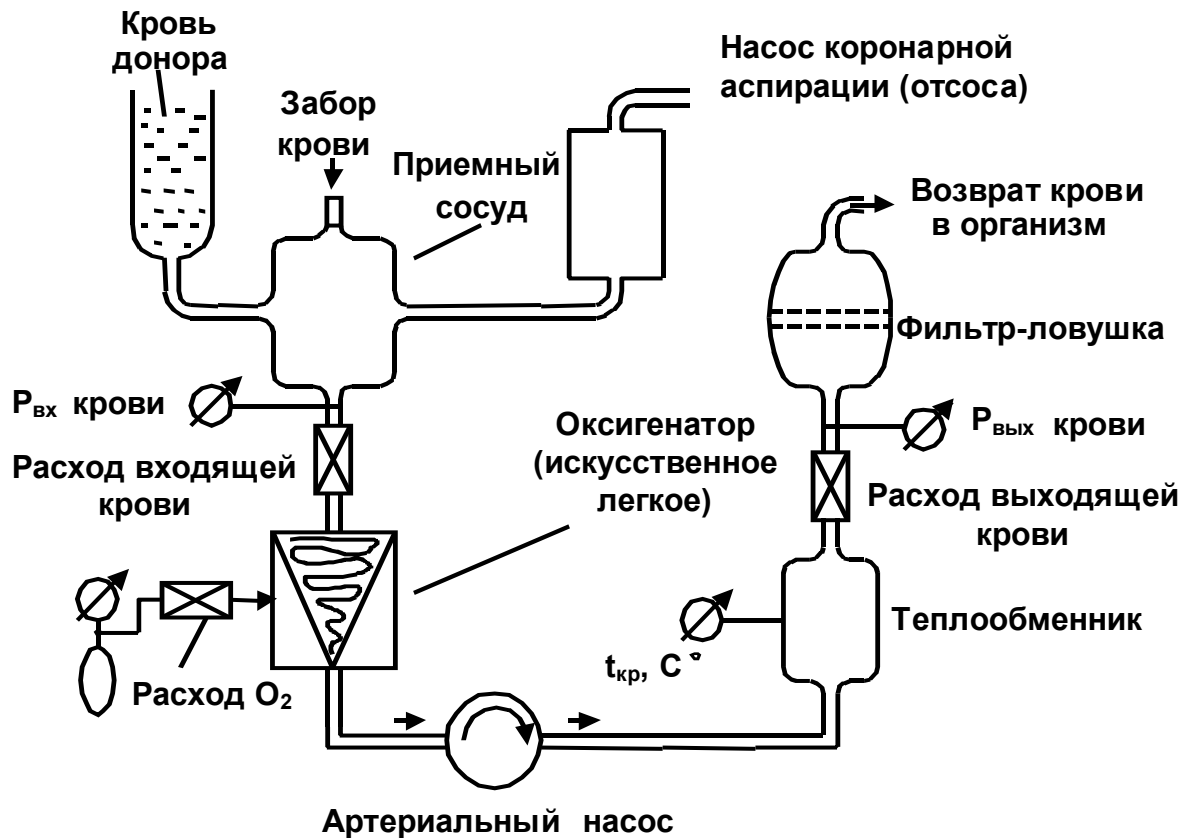


Рис. 1.3. Функциональная схема физиологического блока АИК

Оксигенатор - устройство, обеспечивающее функции газообмена путем насыщения венозной крови кислородом и удаления углекислого газа.

Объем заполнения оксигенатора кровью не должен превышать объема заполнения естественных легких (0.75...1) л. Установлено, что оптимальное функционирование оксигенатора - 5-6 часов, при этом обеспечивается допустимая травма форменных элементов крови.

Пузырьковые оксигенаторы (рис.1.4) основаны на принципе прохождения кислорода через кровь. Их конструкция предусматривает разовое использование (изготавливаются из пластика).

Венозная кровь и кислород в газообменной камере контактируют, образуя большую поверхность пенной структуры, в которой осуществляется контактный газообмен. Превращение пенной структуры в капельно-жидкое состояние происходит в пеногасительной камере. Артериализованная кровь, прошедшая через фильтр, освобождается от пузырьков газа и поступает в отстойную камеру, откуда возвращается в сосудистое русло организма. На этом принципе построены пластиковые одноразовые оксигенаторы.

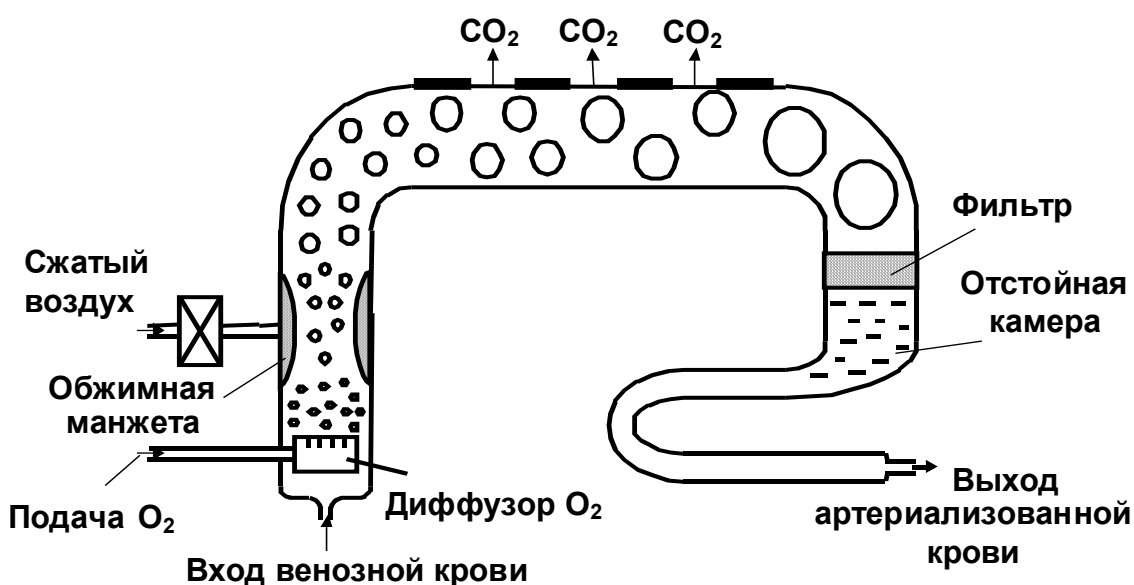


Рис. 1.4. Функциональная схема пузырькового оксигенатора

Пленочный оксигенатор основан на принципе прямого контакта кислорода с пленкой крови, которая формируется на неподвижном или вращающемся экране (рис. 1.5).

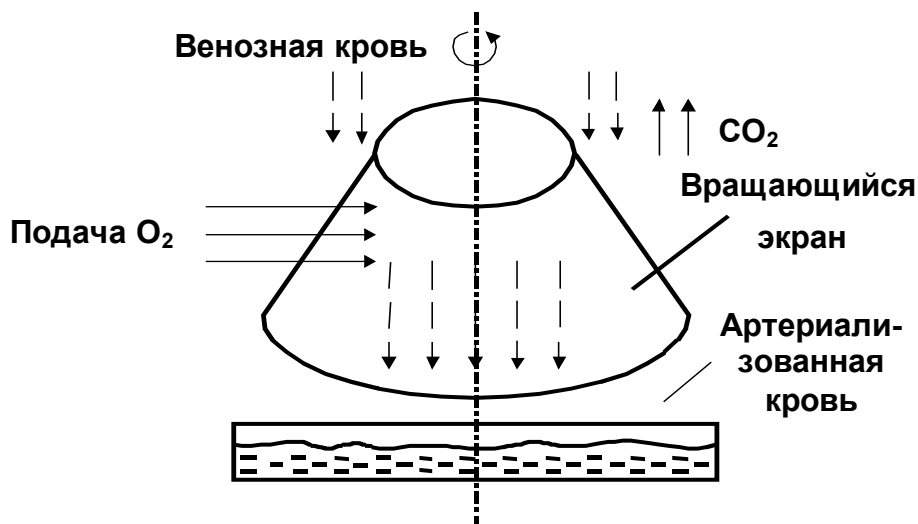


Рис. 1.5. Пленочные оксигенаторы

Пенно-противоточные оксигенаторы. Подаваемый снизу кислород и струи стекающей сверху венозной крови образуют столб пены, на поверхности которой происходит газообмен; затем в пеногасительной камере пена разрушается, кровь освобождается от пузырь-

ков и из отстойной камеры артериализованная кровь возвращается насосом в сосудистое русло организма (рис. 1.6).

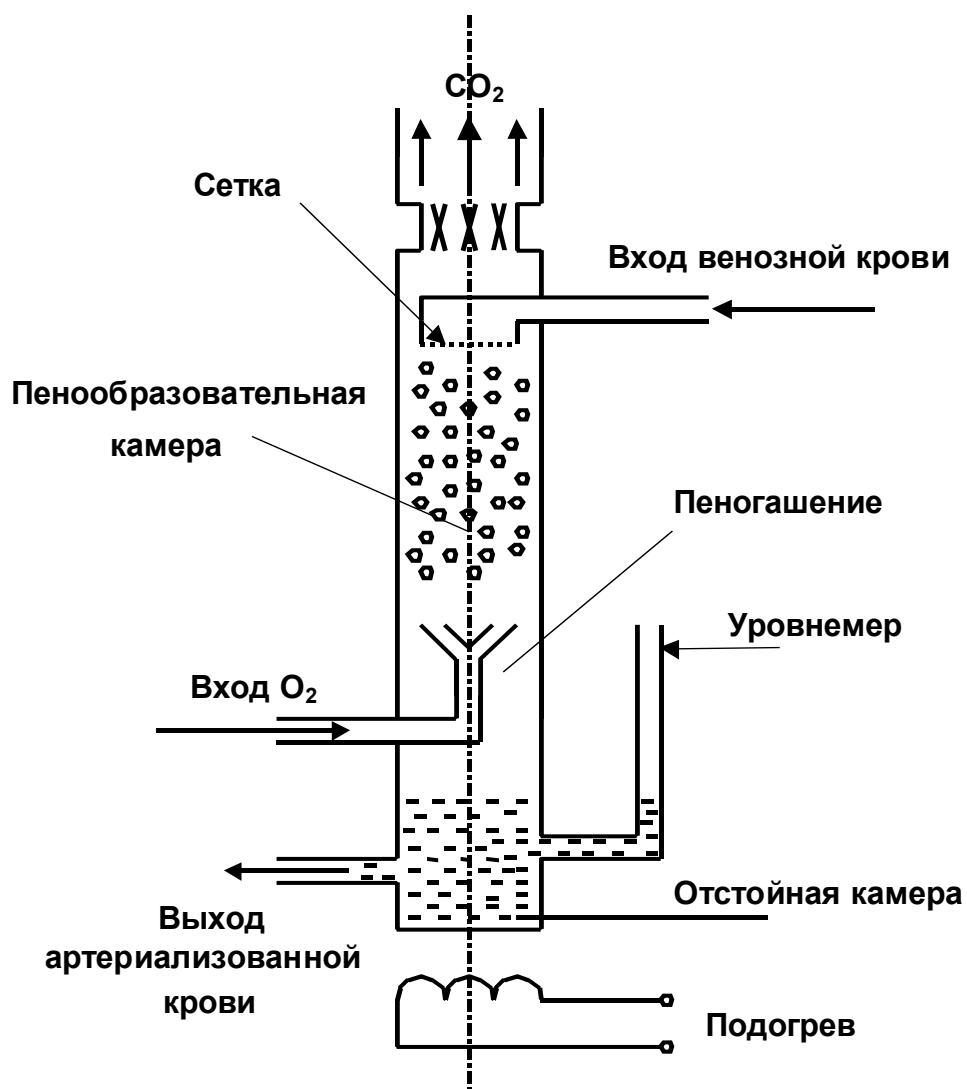


Рис. 1.6. Функциональная схема пенно-противоточного оксигенатора

Пузырьково-пленочный оксигенатор (рис. 1.7) основан на контактом газообмене в пленке крови, формируемой во множестве трубок малого диаметра.

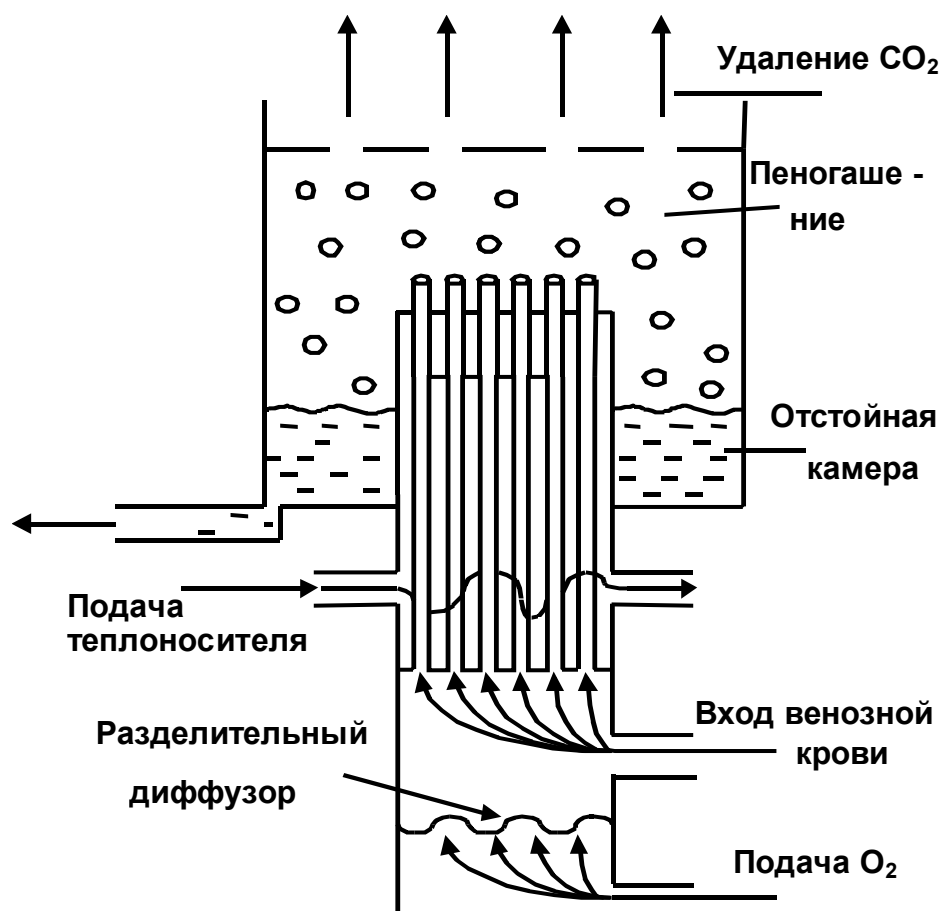


Рис. 1.7. Пузырьково-пленочные оксигенаторы

Насосы в АИК выполняют нагнетательную функцию сердца. Производительность этих насосов должна соответствовать минутному объему сердца в покое (5 л/мин), а конструкция - учитывать медицинскую специфику работы. Практическое применение в АИК нашли два основных класса насосов: клапанные и бесклапанные. В большинстве современных аппаратов используют бесклапанные насосы, которые работают по принципу выдавливания крови из эластичной трубки путем прокатывания по ней роликов или попеременного пережатия механическими пальцами (рис. 1.8).

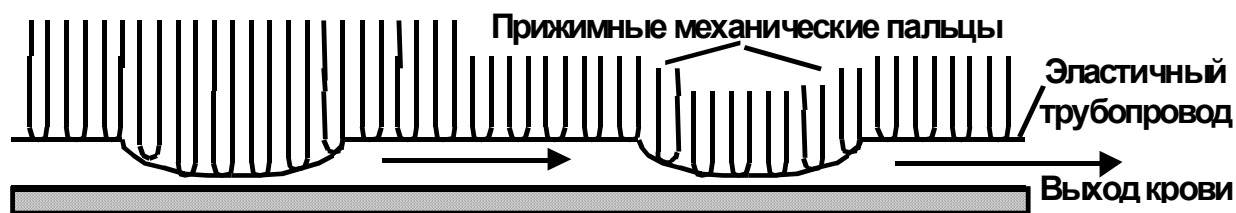


Рис. 1.8. Бесклапанный пальчиковый насос

Система коронарной аспирации (отсоса) возвращает кровь в циркуляторный контур. В зависимости от конструкции АИК это осуществляется с помощью или вакуумного отсоса, или вспомогательных артериальных насосов.

К вспомогательным узлам физиологического блока относят различного вида сосуды, трубопроводы, элементы фильтрации крови.

К техническому блоку АИК относят корпус аппарата с приводами насосов и контрольно-измерительную аппаратуру для измерения давления, температуры, расхода и других параметров крови, а также параметров жидкостей и газов.

Основные направления применения АИК в клинической практике:

1. Общее искусственное кровообращение для полной замены насосной функции сердца, газообменной функции легких и функции теплового баланса в организме. Основное применение – кардиохирургия.

2. Регионарное искусственное кровообращение – перфузия отдельного органа или области организма, временно изолированных от остальной сосудистой системы. Применяется в онкологии и гнойной хирургии для подведения больших концентраций лекарственных веществ.

3. Создание искусственной гипотермии (понижение температуры организма).

Характеристики некоторых типов АИК приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Модель	Артериальный насос	Оксигенатор	Коронарная аспирация	Максимальная производительность, л/мин	Начальный объем заполнения, л
АИК-5М	Два мембранных с электроприводом	Противоточный пузырьковый	Два роликовых насоса	6.0	2.5
ИСЛ-4	Роликовый с электроприводом	Дисковый пленочный	--/--	8.0	2.5
РЕМСО (США)	--/--	--/--	--/--	8.5	3.5
Poly Stan (Дания)	--/--	Прямоточный пузырьковый (разовый)	Вакуумный отсос	7.0	2.0
Bentley (США)	Камерный с пневмоприводом	Прямоточный пузырьковый	Два роликовых насоса с электроприводом	6.0	2.0
AGA (Швеция)	Роликовый с электроприводом	Дисковый пленочный	--/--	9.0	4.0
Topokura DS-5 (Япония)	--/--	Центробежный экранный пленочный	Три роликовых насоса	6.0	1.5

1.4. Аппарат “Искусственная почка” (АИП)

Почка выводит из организма вещества, возникающие в процессе обмена, а также поддерживает водно-электролитный баланс.

“Искусственная почка” – аппарат для выведения из организма токсических продуктов обмена и экзогенных ядов инородного происхождения, а также для регуляции электролитного водного баланса и кислотно-щелочного равновесия.

Аппарат “Искусственная почка” предназначен для временной замены функции почек по очистке крови, но он не моделирует естественные почечные процессы.

Гемодиализ (гр. haima - кровь, dialysis - разложение, деление) – метод освобождения крови от низко- и среднемолекулярных веществ посредством избирательной диффузии через полупроницаемую мембрану, отделяющую стерильную кровопроводящую систему от нестерильного диализирующего раствора.

Плотность потока вещества через мембрану описывает уравнение Фика

$$J = - D \cdot dc(x)/dx ,$$

где x – направление диффузии, $c(x)$ – распределение концентрации, D – коэффициент диффузии.

Ультрафильтрация – удаление из организма воды вследствие разности гидростатического и осмотического давлений по обе стороны полупроницаемой мембраны.

Необходимый для ультрафильтрации градиент давления достигается за счет понижения давления в диализирующем растворе по отношению к потоку крови.

Основные элементы аппарата “Искусственная почка” (рис. 1.9):

- диализатор;
- перфузионное устройство для продвижения крови через аппарат;
- устройство для приготовления и подачи в диализатор раствора (диализирующая система);
- устройство, контролирующее и регулирующие основные технико-медицинские параметры гемодиализа, монитор.

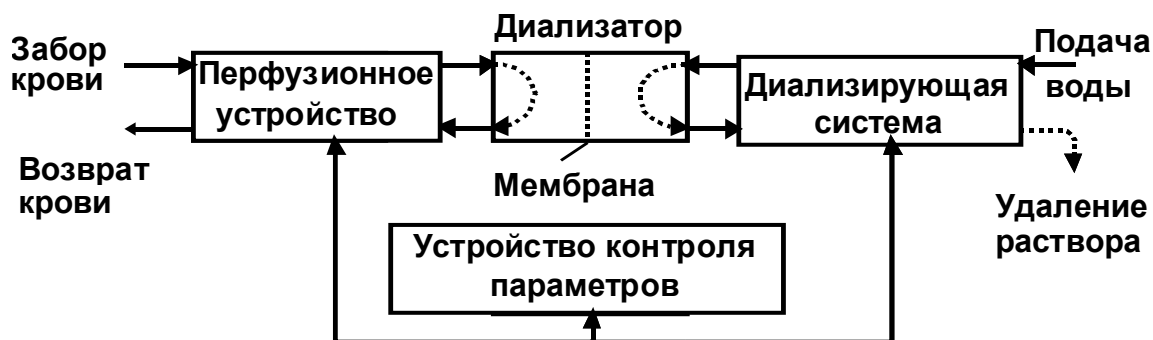


Рис. 1.9. Функциональная схема АИП

Диализаторы (гемодиализаторы) - технические устройства для выполнения функций гемодиализа и ультрафильтрации в аппарате “Искусственная почка”. Рассмотрим основные типы диализаторов.

1. Диализатор в форме вращающегося барабана, на котором спирально в один слой намотана целлофановая трубка (рис. 1.10).

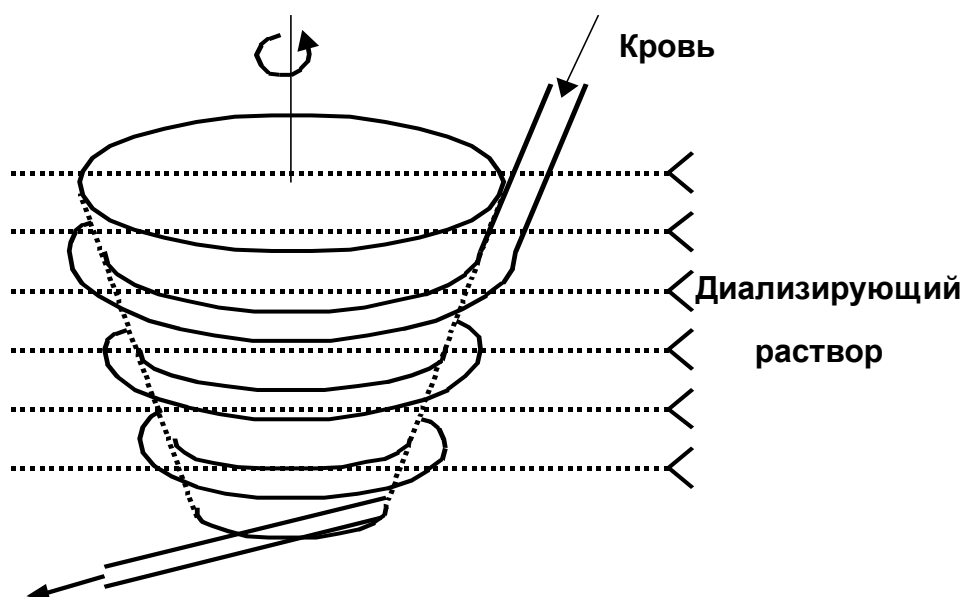


Рис. 1.10. Барабанный диализатор

2. Диализаторы катушечного типа, представляющие собой трубку из полупроницаемой мембраны, намотанную в несколько слоев на твердую основу цилиндрической формы. Для предотвращения увеличения объема трубки при циркуляции крови ее с двух сторон ограничивают пластиковыми жесткими стенками (рис. 1.11).

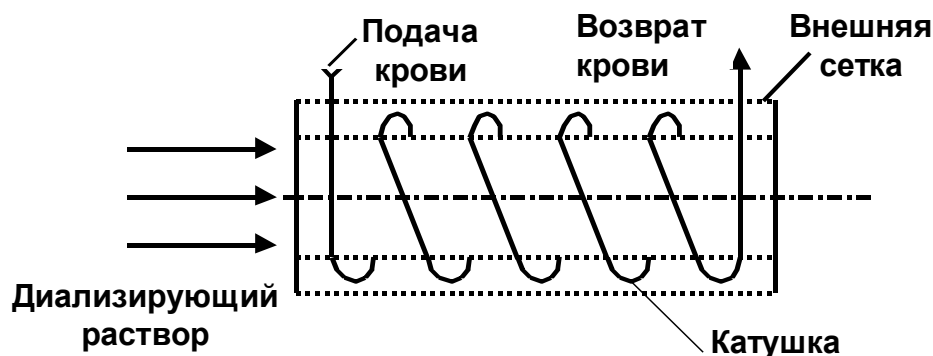


Рис. 1.11. Катушечный диализатор

3. Диализаторы пластинчатого типа (рис. 1.12). В них основными элементами служат листы полупроницаемой мембраны, которые зажаты между пластинами из полимера (оргстекла) с продольными канавками, формирующими направленные потоки крови и диализирующего раствора по обе стороны мембраны.

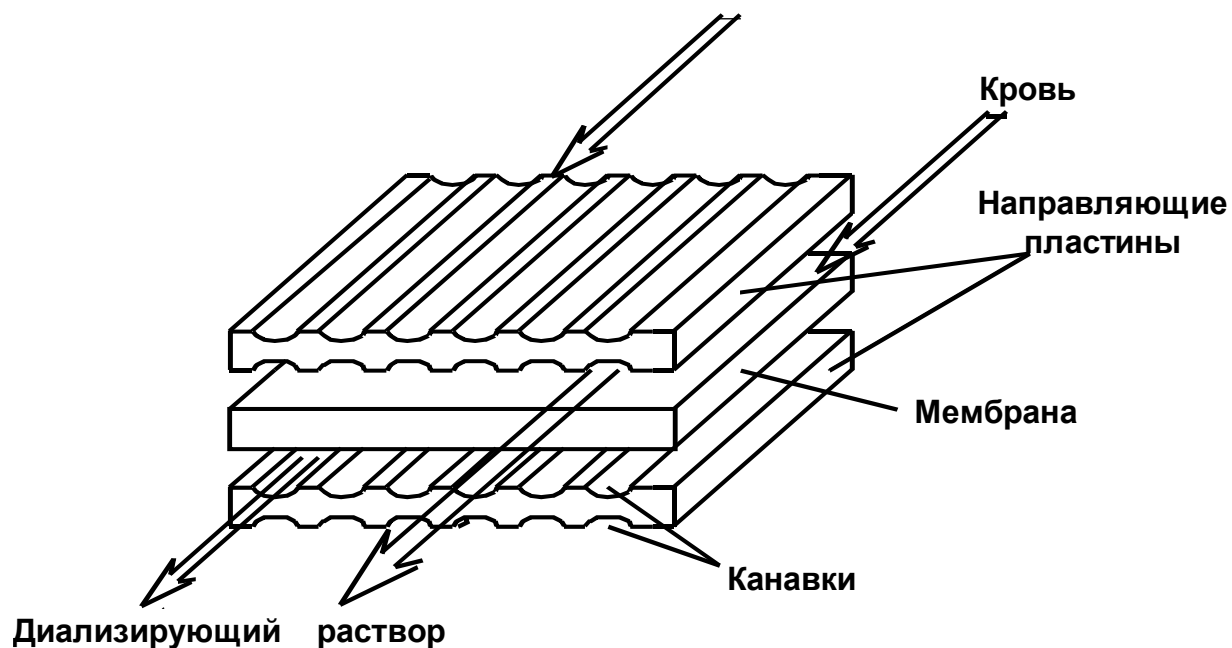


Рис. 1.12. Пластинчатый диализатор

5. Капиллярные диализаторы (рис. 1.13). Их основа – тонкостенные капилляры (11...30 мкм) из полупроницаемой мембраны с внутренним диаметром 100...200 мкм. Объединенные в пучки, содержащие тысячи тонких капиллярных трубок, они помещаются в цилиндрические футляры из прозрачного пластика.

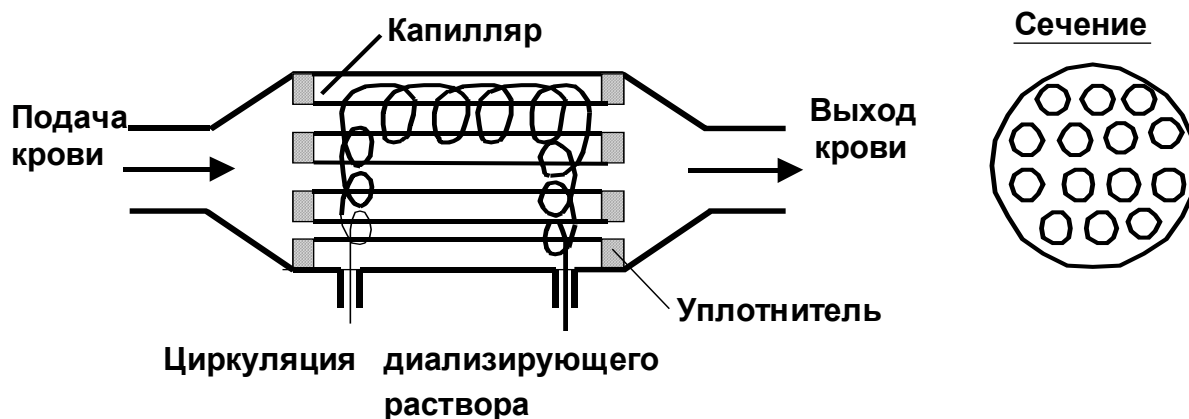


Рис. 1.13. Капиллярный диализатор

Большинство мембран изготавливают из производных целлюлозы (целлофан, купрофан, нефрофан). Размеры пор мембраны - 1,5...2,5 мкм, толщина мембраны – 10...200 мкм. К полупроницаемым мембранам предъявляют следующие основные требования:

- не выделять токсичных продуктов при контакте с кровью;
- обеспечивать эффективное удаление метаболитов и токсинов;
- обеспечивать достаточную скорость очистки крови;
- обладать высокой механической прочностью.

Основные параметры диализаторов.

1. Показатели эффективности работы диализатора.

Клиренс характеризует очистную способность диализатора при постоянном обновлении диализирующего раствора, $[C]=[a]=\text{мл/мин}$:

$$C = a \cdot (A - R) / A ,$$

где A – концентрация удаляемого вещества на входе в диализатор;
 R – концентрация удаляемого вещества на выходе из диализатора;
 a – объемная скорость перфузии.

Диализанс характеризует работу диализатора по очистке крови при рециркуляции диализирующего раствора, когда в процессе диализа нарастает концентрация удаляемого вещества в диализирующем растворе, $[D]=[a]=\text{мл/мин}$:

$$D = a \cdot (A - R) / (A - U),$$

где U – концентрация удаляемого вещества в диализирующем растворе.

2. Площадь диализирующей поверхности (общая площадь всех мембран - 0,24...2,5 м²).

3. Объем первичного заполнения кровью, остаточный объем.
4. Гидравлическое сопротивление диализатора (перепад давлений между входом и выходом диализатора).
5. Метод стерилизации.
6. Частота прорыва мембраны.

Диализирующая система - часть АИП, обеспечивающая подготовку и прокачку диализирующего раствора через диализатор. Основная функция диализирующего раствора – связь низкомолекулярных веществ и препятствование их обратному движению через мембрану.

Физическими методами это можно осуществить уменьшением давления диализирующего раствора по отношению к крови и циркулирующей диализирующего раствора.

Химическим способом это можно выполнить, обеспечив определенный химический состав диализирующего раствора, а также образовав химические соединения удаляемого вещества с элементами раствора. Раствор должен содержать катионы Na, K, Ca, Mg и анионы ацетона и хлора.

Основа раствора – вода. Для ее очистки используются механическая очистка (фильтрация), метод дисципляции, метод деминерализации с помощью ионно-обменных смол.

Диализирующий раствор используют тремя способами:

- рециркуляция – готовый диализирующий раствор циркулирует в одном замкнутом контуре;
- система на слив – диализирующий раствор однократно проходит через диализатор и удаляется;
- сочетание системы рециркуляции и системы на слив.

Готовят диализирующий раствор или порционным способом (предварительной подготовкой заданного объема), или непрерывным. При непрерывном способе идет процесс смешивания воды с 30...35% - ным концентратом в специальных дозаторах (генераторах диализирующего раствора).

Функциональная схема диализирующей системы показана на рис.1.14.

Перфузионное устройство аппарата "Искусственная почка".

Практика гемодиализа имеет примеры использования АИП без перфузионных устройств. В этом случае применяется метод артерио-венозного шунта. Роль перфузионного устройства выполняет сердце самого пациента. Однако в большинстве случаев клинической практики используется метод перфузии, реализуемый с помощью технических устройств. Функциональная схема такого устройства приведена на рис. 1.15.

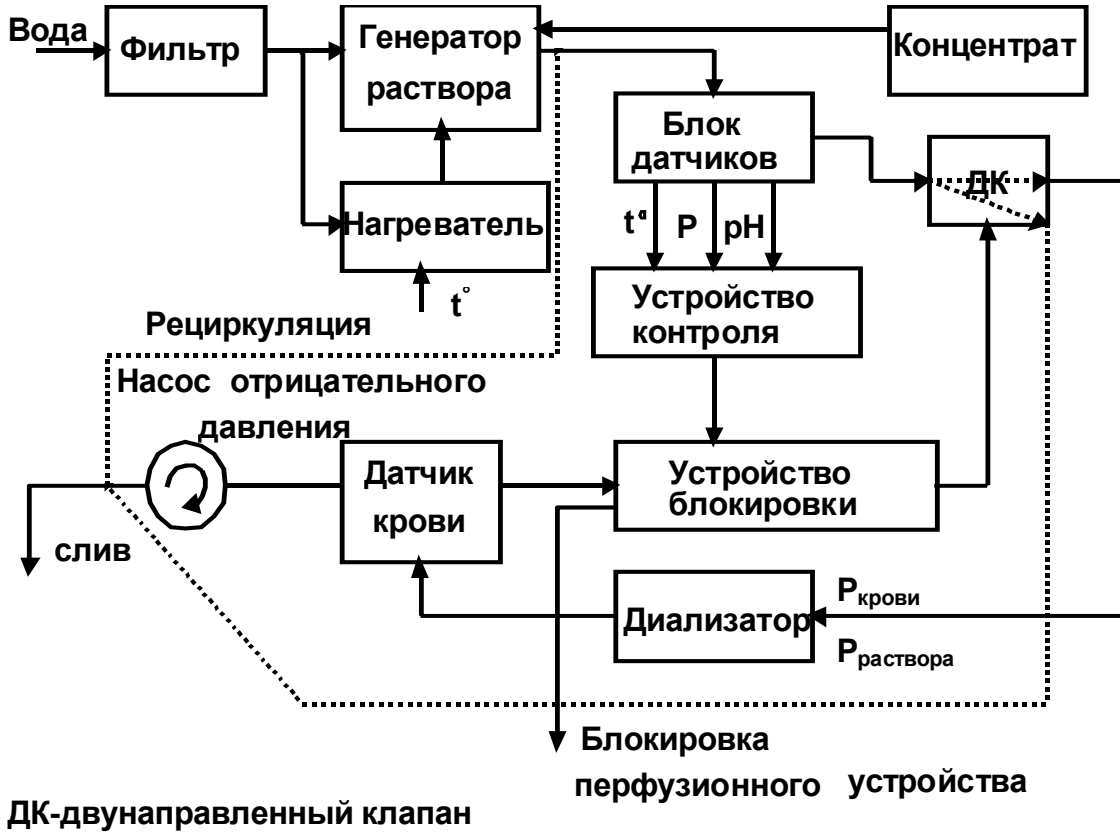


Рис. 1.14. Функциональная схема диализирующей системы

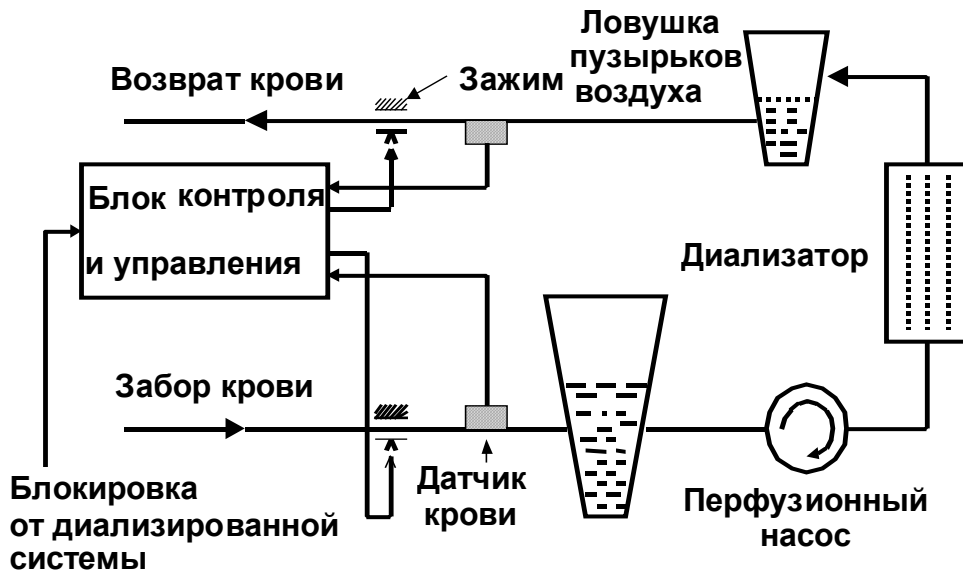


Рис. 1.15. Функциональная схема перфузионного устройства АИП

В качестве перфузионных насосов используются такие же конструкции, как и в аппаратах искусственного кровообращения (мембранные, роликовые, пальчиковые).

Подсоединение кровеносной системы пациента к перфузионному устройству производится при помощи специальных катетеров. Для защиты жизни пациента в критических ситуациях вводится система аварийных блокировок.

Основные технические параметры аппарата АИП:

- объем заполнения по крови – 200 см^2 ;
- максимальный расход крови – 600 см^3 ;
- средняя объемная скорость очистки крови при производительности по крови $200 \text{ мл/мин} - 300 \text{ мл/ч}$;
- максимальный перепад давлений кровь-раствор в диализаторе – 150 мм рт. ст.

Направления развития форм непочечной очистки крови:

1. Использование сорбентов для создания "носимой искусственной почки". Устройство патрона для очистки крови одноразового использования показано на рис. 1.16.

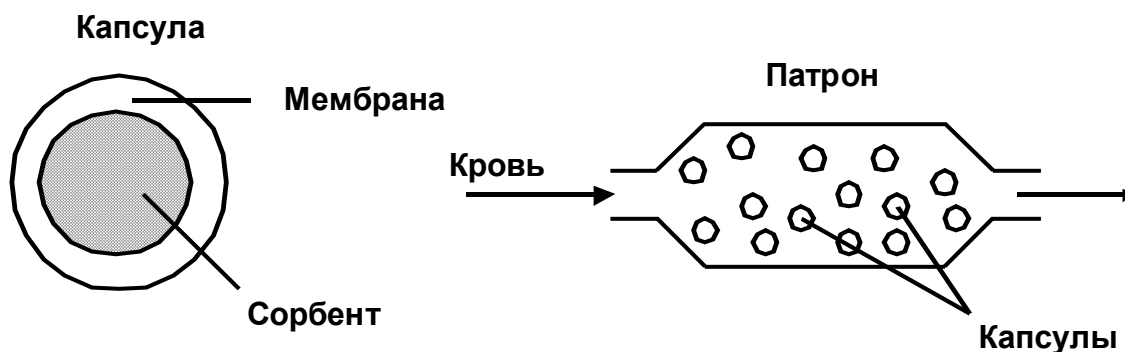


Рис. 1.16. Патрон для очистки крови

2. Регенерация диализирующего раствора. Позволяет вести гемодиализ при непрерывной циркуляции ограниченного количества диализирующего раствора, уменьшить габариты и массу аппарата АИП, использовать АИП не только в стационарных условиях (рис. 1.17).

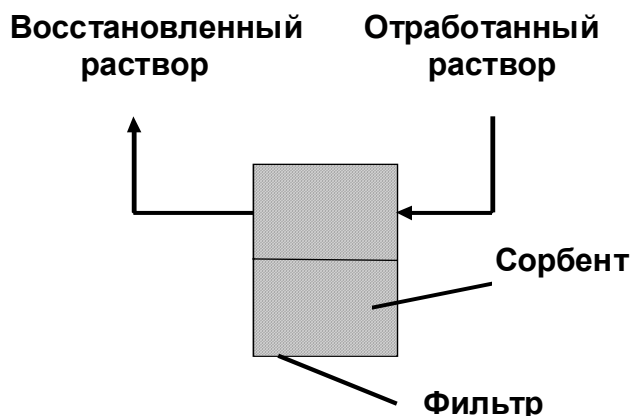


Рис. 1.17. Принцип восстановления диализирующего раствора

Аппараты "Искусственная почка" используются, как правило, в стационарных клинических условиях при хирургических операциях и активной терапии при лечении таких заболеваний:

- травмы, связанные с нарушением функций почек;
- онкологические заболевания почек;
- заболевания органов мочевой системы;
- отравление ядами;
- нарушение электролитического баланса;
- интоксикация при ожогах;
- тяжелые, не подлежащие обычной терапии отеки мозга и легких;
- операции по пересадке донорских почек.

Противопоказано применение АИП при нарушении свертывающей функции крови и кровотечениях.

1.5. Аппарат "Вспомогательная печень" (АВП)

Этот аппарат предназначен для поддержки работы пораженной печени. Он замещает ее метаболические возможности вплоть до восстановления нормальной функции пораженной печени. Устройство аппарата показано на рис. 1.18.

Особенностью данного аппарата является выделение из крови больного при помощи плазмофильтра плазмы с последующим ее взаимодействием в колоколообразном вращающемся роторе с биологической субстанцией. Обработанная плазма снова смешивается с эритроцитной компонентой и восстановленная кровь вводится пациенту.

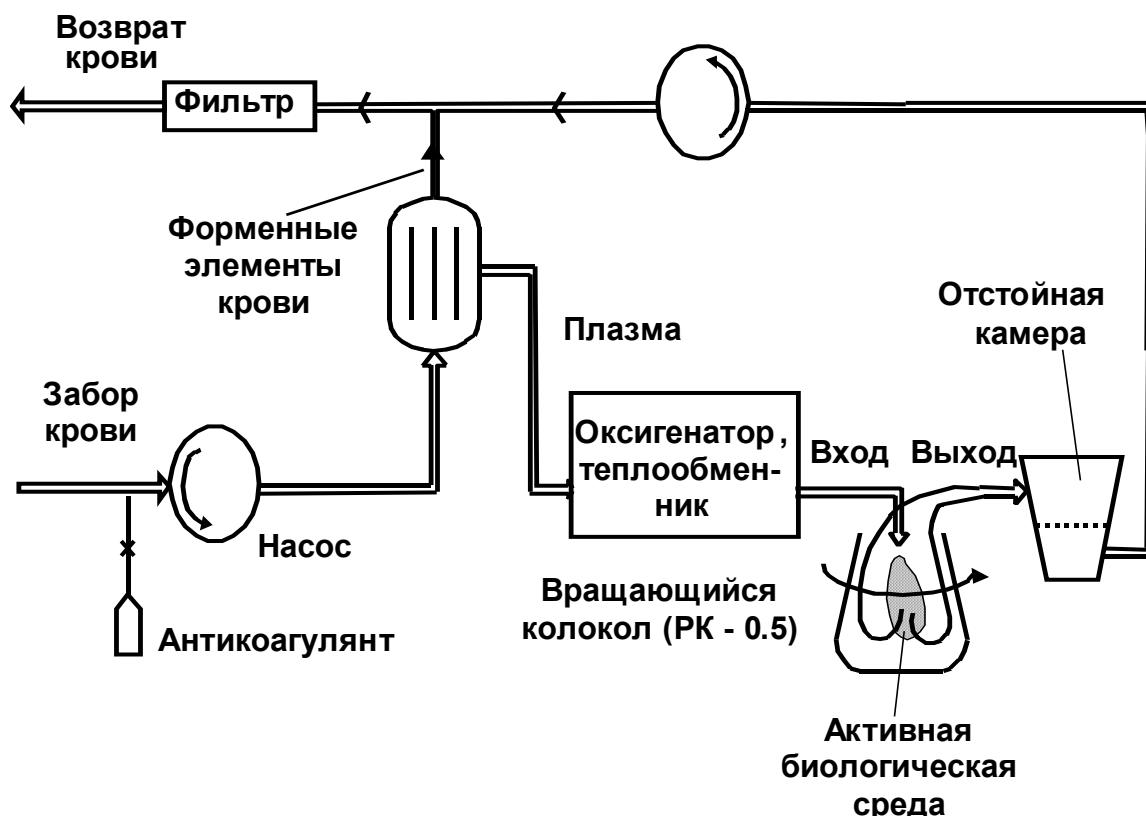


Рис. 1.18. Структурная схема АВП

Технические характеристики АВП:

- первичный объем заполнения (500-550 мл);
- объемная скорость перфузии (30-40 мл/мин);
- объемная скорость по плазменной фракции (15-20 мл/мин);
- скорость вращения колокола (800 об/мин).

АВП применяется при лечении вирусного гепатита, обострении хронического гепатита, цирроза печени, гепатоцеребральной дистрофии.

1.6. Аппарат “Искусственная эндокринная поджелудочная железа”

Данный аппарат предназначен для стабилизации уровня сахара в крови больных сахарным диабетом и моделирует функцию саморегуляции здорового человека.

Традиционный метод периодических инъекций инсулина приводит к скачкообразному изменению концентрации сахара в крови больного (рис. 1.19), что негативно сказывается на процессах саморегуляции в организме.

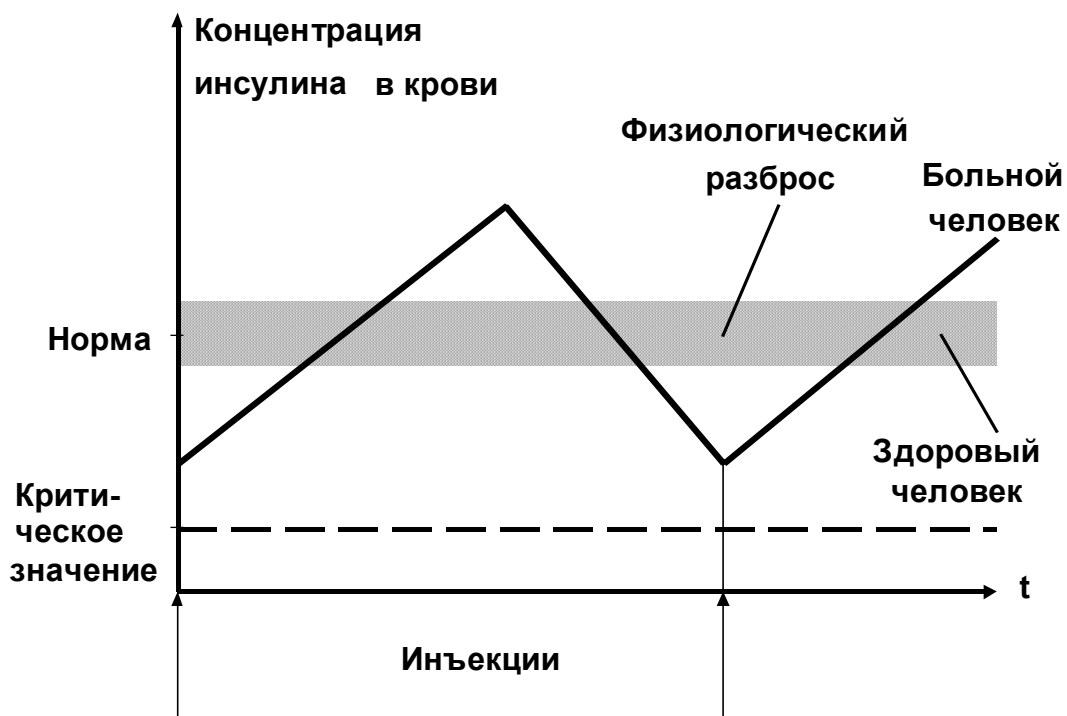


Рис. 1.19. Колебания уровня инсулина в процессе инъекций

Аппараты “Искусственная эндокринная поджелудочная железа” подразделяются на два класса.

1. Стационарные аппараты типа “Биостатор” (рис. 1.20), функционирующие по принципу непрерывного измерения концентрации сахара в крови и вводе адекватного количества инсулина или глюкозы.

2. Парокорпоральные (носимые) и имплантируемые дозаторы инсулина, представляющие собой многорежимный насос инсулина:

- носимые дозаторы шприцевого типа имеют несколько режимов ввода инсулина; источник энергии - сжатый газ, реже – микроэлектродвигатель с источником питания;

- имплантируемые дозаторы инсулина в качестве источника энергии используют сжатый газ.

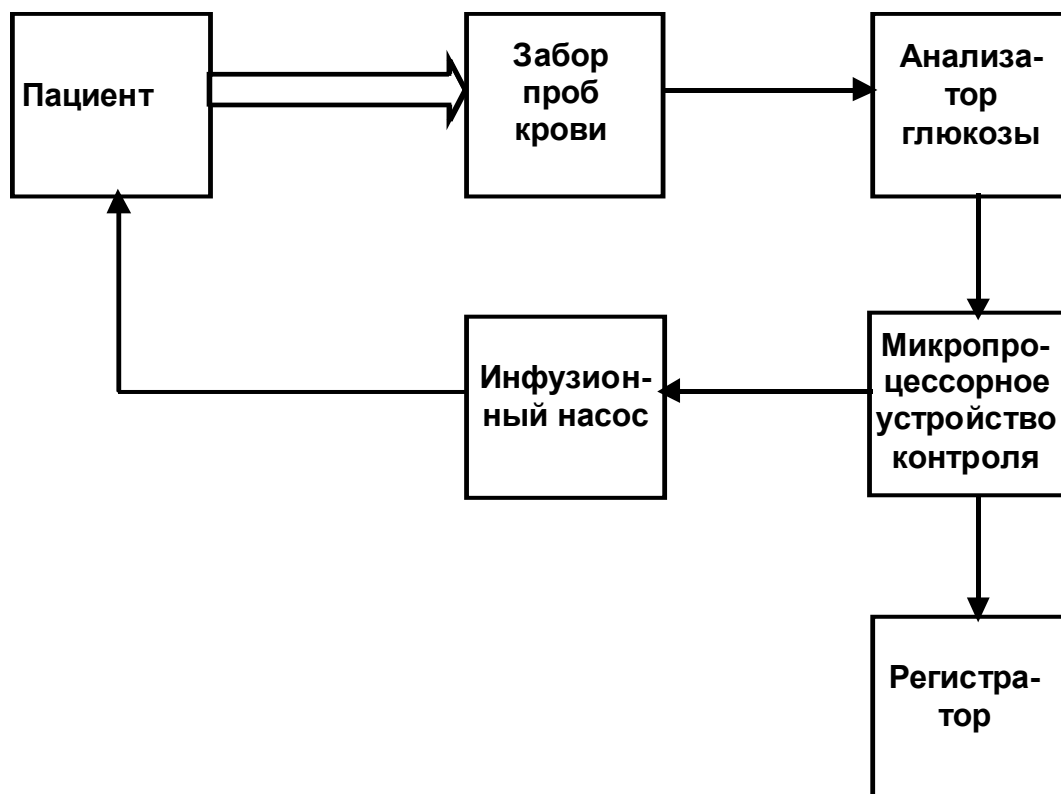


Рис. 1.20. Структурная схема аппарата “Биостатор”

1.7. Аппараты искусственной вентиляции легких (ИВЛ)

Искусственная вентиляция легких (искусственное дыхание, управляемая вентиляция легких) – это перемежающаяся или непрерывная замена воздуха в легких искусственными методами при прекращении или недостаточности их естественной вентиляции.

Аппараты ИВЛ замещают только одну стадию процесса дыхания – вентиляцию, но, тем не менее, косвенно влияют на диффузию газа в легких, легочный кровоток и тканевый газообмен.

Искусственная вентиляция легких достигается двумя методами: вдуванием (инсуфляцией) воздуха в дыхательные пути; изменением формы и объема грудной клетки.

Разработанные технические средства реализуют первый метод. Таким образом, аппараты ИВЛ – это технические устройства, осуществляющие воздухообмен в дыхательных путях организма. Структурная схема такого аппарата показана на рис. 1.21.

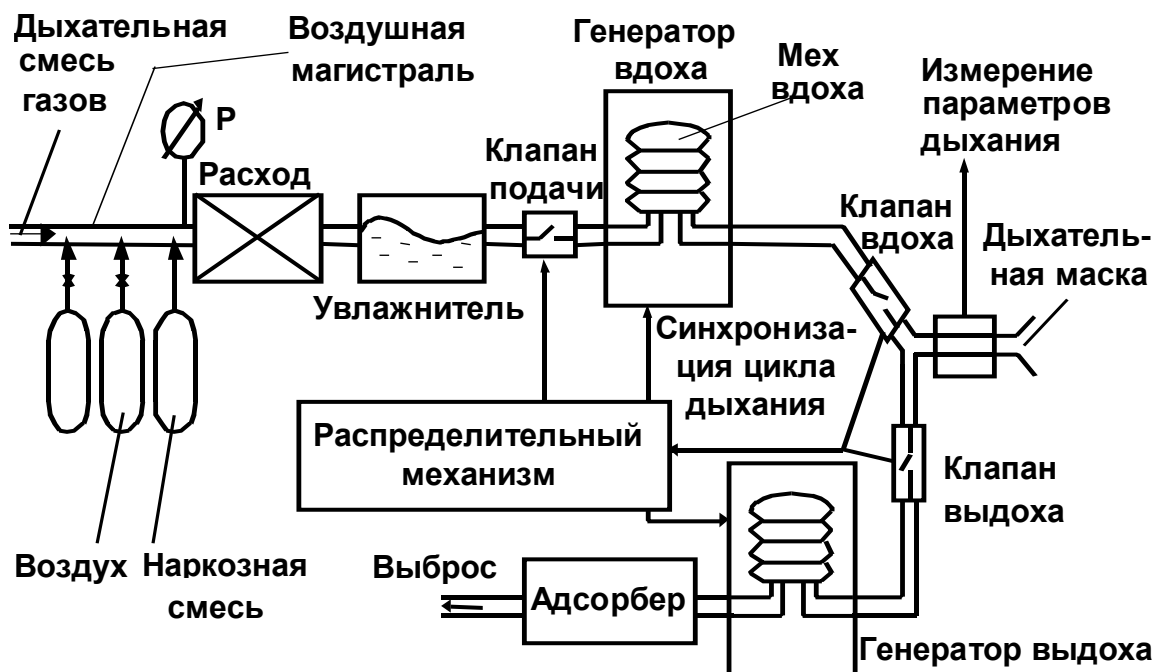


Рис. 1.21. Схема аппарата ИВЛ

Концентрация кислорода в дыхательной смеси не должна быть ниже 16% (в комнатном воздухе – примерно 21%), в противном случае может возникнуть гипоксия.

Аппараты искусственной вентиляции легких различают по назначению: для реанимации, для наркоза, для лечения детей.

Основным узлом аппарата ИВЛ является генератор вдоха, подающий во время вдоха дыхательную смесь в легкие пациента. Используют два вида приводов генератора вдоха: пневматический и электрический. Для снижения негативного действия искусственного дыхания на гемодинамику применяют генератор выдоха, аналогичный генератору вдоха. Необходимую коммутацию газовых потоков осуществляет распределительный механизм, переключающийся из режима вдоха в режим выдоха и обратно, после достижения заданных значений дыхательных объемов, временных фаз дыхания или давления.

Общие характеристики некоторых типов аппаратов ИВЛ приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Показатели	Модели			
	РО-6Н	Лада	Вита-1	Ohio (US)
Основное назначение	Длительная реанимация	Кратковременная реанимация	Реанимация детей	Длительная реанимация
Энергопривод	Электродвигатель	Пневмопривод	Электродвигатель	Пневмопривод
Принцип управления циклом дыхания	По объему	По времени	По времени	По объему
Диапазон установки минутной вентиляции, л/мин	2 - 50	5 – 25	-	1 – 30
Отношение длительности вдох/выдох	1,3; 2; 3	1.5 – 3	2	1 – 3
Максимальное давление вдоха, мм рт. ст.	10 - 150	-	-	10 – 200

1.8. Слуховые аппараты (СА)

Слуховые аппараты - это электроакустические устройства для слухового протезирования, а именно для приема, преобразования, усиления звуковых сигналов и передачи их лицам с пониженным слухом.

Слуховое протезирование необходимо при заболеваниях наружного, среднего и внутреннего уха.

По конструкции слуховые аппараты делятся на следующие:

- заушные;
- в очковой оправе;

- карманного типа;
- в виде ушных вставок.

Обобщенная функциональная схема слухового аппарата показана на рис. 1.22, а основные технические данные приведены в табл. 1.4.

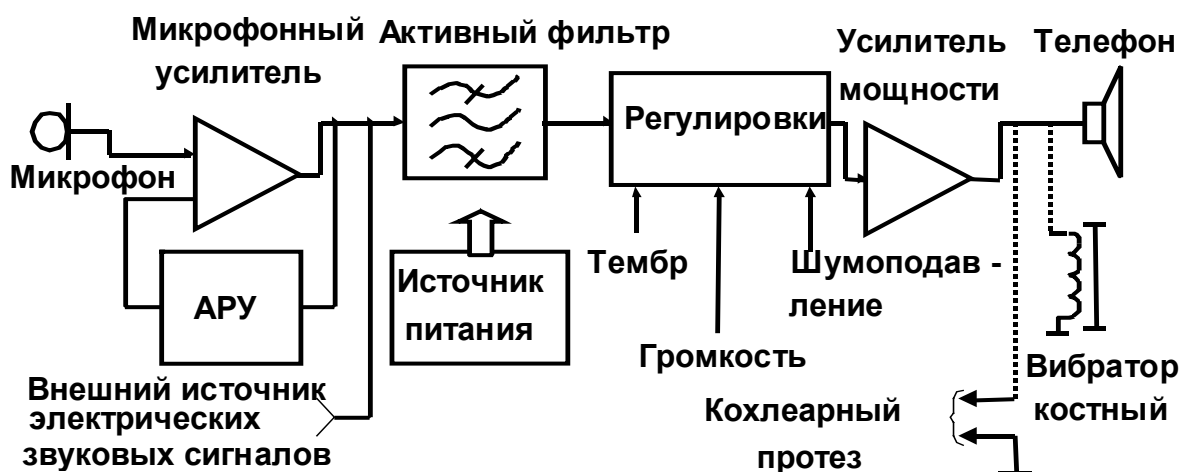


Рис. 1.22. Функциональная схема слухового аппарата

Таблица 1.4

Характеристики	Значения
Акустическое усиление	30...50 дБ (ушные вставки) 40...80 дБ (другие типы)
Частотный диапазон	$F_H=50...500$ Гц $F_B=3... 7$ кГц
Максимальный уровень звукового давления	100...140 дБ (ушные вставки) 120...140 дБ (другие типы)
Вид АЧХ: - равномерная, - с подъемом низких или высоких частот, - частотоизбирательная	
Возможность регулирования: - усиления, - тембра (ВЧ, НЧ), - шумоподавления	
Время непрерывной работы	10 .. 100 ч (аккумуляторы) 100 .. 400 ч (батареи)
Шумы, нелинейные искажения	Минимизируются
Возможность подключения к источникам электрических звуковых сигналов	

Некоторые формы глухоты связаны с поражением рецепторного аппарата улитки. В этом случае улитка не генерирует биоэлектрический сигнал при возбуждении механических колебаний. Для восстановления слухового восприятия необходимо имплантировать электроды в улитку и на них подавать электрические сигналы, соответствующие тем, которые возникают при воздействии механического стимула. Такое протезирование называют кохлеарным. Для подключения слухового аппарата имплантируемые электроды должны иметь микроразъем.

2. АППАРАТЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛЕЧЕНИЯ

Электролечение – это методы физиотерапии, основанные на использовании дозированного воздействия на организм электрических токов, электрических и магнитных полей, электромагнитных излучений.

Гальванизация – это применение с лечебной целью постоянного (не изменяющегося в течение процедуры) электрического тока невысокого напряжения (30-80 В) и небольшой силы (до 50 мА). Схема простейшего аппарата для гальванизации показана на рис. 2.1.

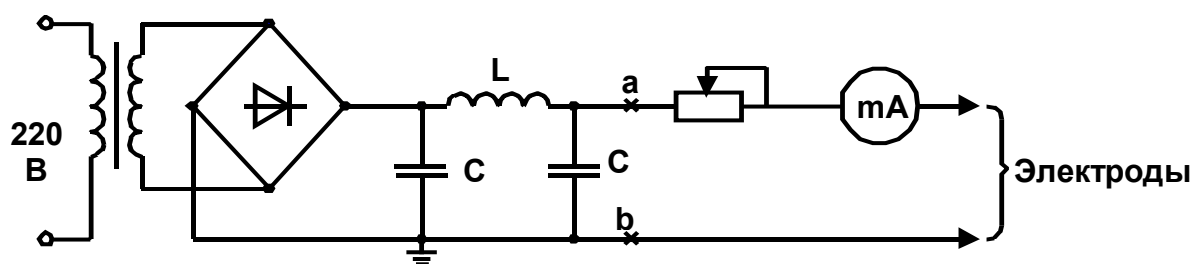


Рис. 2.1. Основная электрическая схема для гальванотерапии

Физический механизм гальванотерапии. Диссоциированные ионы неорганических элементов и воды в биологических тканях перемещаются в электрическом поле в направлении полюсов, противоположных их зарядам. В результате происходит перераспределение концентрации зарядов в организме, сопровождающееся поляризацией и электролизом на микро- и макроуровнях.

Биологический механизм. Происходит раздражение рецепторного аппарата, который стимулирует регуляторно-обменные процессы в организме.

Методика применения. Для процедур гальванотерапии на поверхности кожи пациента устанавливают металлические плоские электроды (свинец или нержавеющая сталь, рис.2.2). Площадь электродов должна выбираться из условия не превышения плотности тока $0,01...0,1 \text{ mA/cm}^2$. Катодный и анодный электроды могут быть одинаковой площади или один из них может быть меньшего размера. В этом случае электрод является активным, так как через него протекает ток большей плотности.

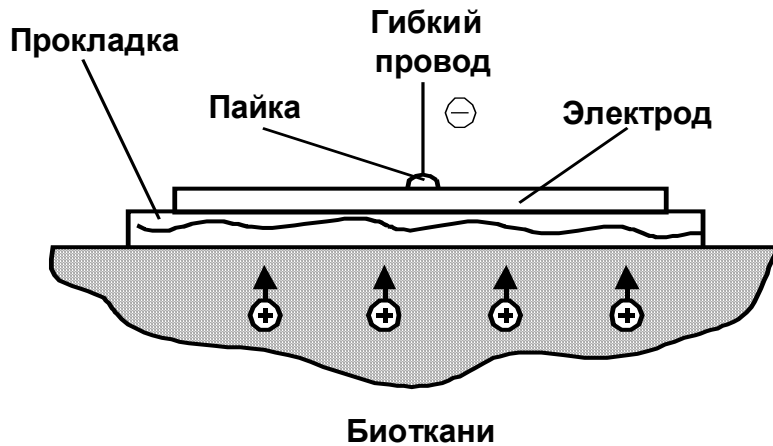


Рис. 2.2. Методика наложения электродов

Гальванотерапии сопутствует электролиз, при этом на электродах выделяется соль, содержащаяся в тканях организма, что вызывает прижигание кожи. Поэтому необходимо применение влажных гидрофильных прокладок для предохранения от ожогов.

Современные аппараты для гальванотерапии содержат ряд дополнительных блоков, показанных на рис. 2.3.

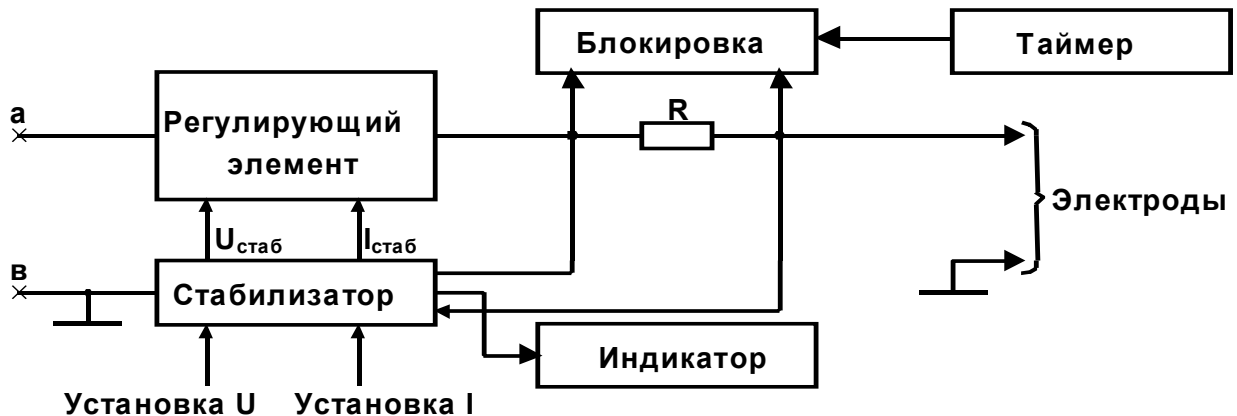


Рис. 2.3. Структура современного аппарата для гальванотерапии

Гальванотерапия применяется для лечения поражений периферической нервной системы инфекционного, токсического и травматического происхождения (радикулит, невралгия, расстройство сна, мигрень). Средняя продолжительность процедуры составляет 10...30 минут.

Лекарственный электрофорез (другие названия – *ионофорез*, *гальваноионотерапия*) – метод электролечения, сочетающий воздействие на организм постоянного тока и вводимых с его помощью лекарственных веществ (рис. 2.4). Физической основой метода являются процессы электролитической диссоциации и электролиза.

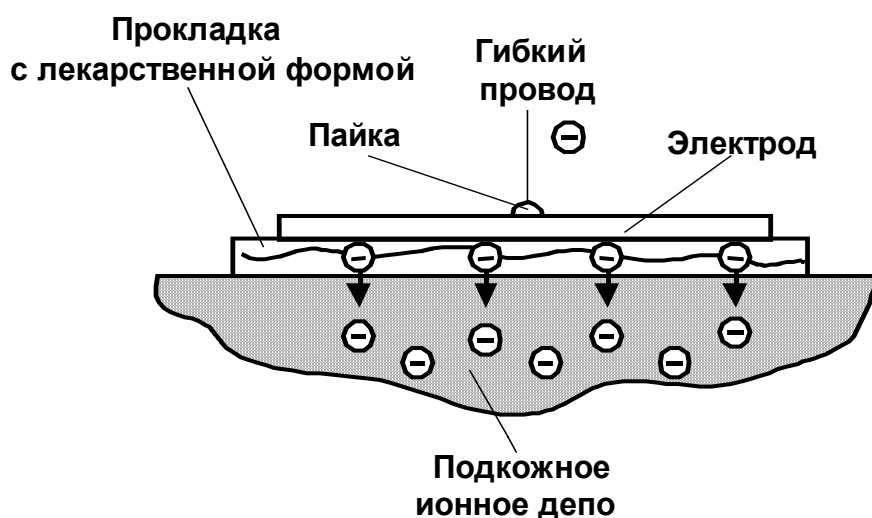


Рис. 2.4. Наложение электрода для электрофореза

В подкожную область проникает 1–10% общей массы лекарственной формы. Основные пути проникновения – протоки потовых и частично сальных желез. Непосредственно после процедуры лекарственные вещества находятся в эпидермисе и подкожной клетчатке (подкожное ионное депо). Отсюда лекарственные вещества через некоторое время посредством лимфо- и кровотока распространяются по всему организму.

Отличительные особенности лекарственного электрофореза:

- длительность действия лекарственного средства;
- создание высокой локальной концентрации лекарственного вещества без насыщения им крови и других сред организма;
- меньшая вероятность возникновения побочных реакций;
- введение лекарственного вещества в наиболее активной ионной форме;
- относительная безболезненность процедуры и отсутствие травм тканей;
- стимулирующее действие электрического тока.

Техника проведения лекарственного электрофореза сводится к трем способам расположения лекарственного вещества на пути тока между электродами.

Первый способ - наиболее распространенный, в виде модификации гальванизации (см. рис. 2.4). При выборе полярности следует учитывать, что ионы всех металлов, алкалоидов, антибиотиков, сульфамидных препаратов имеют положительный заряд, поэтому их растворы помещаются под положительным электродом, а ионы кислотных радикалов (металлоидов) имеют отрицательный заряд, поэтому их растворы размещают со стороны отрицательного электрода.

Второй способ - ванночковый лекарственный электрофорез. При этом способе в ванночку, заполненную раствором лекарства, с вмонтированными электродами погружают подлежащую воздействию обнаженную часть тела пациента. Второй электрод может быть расположен на теле пациента вне раствора.

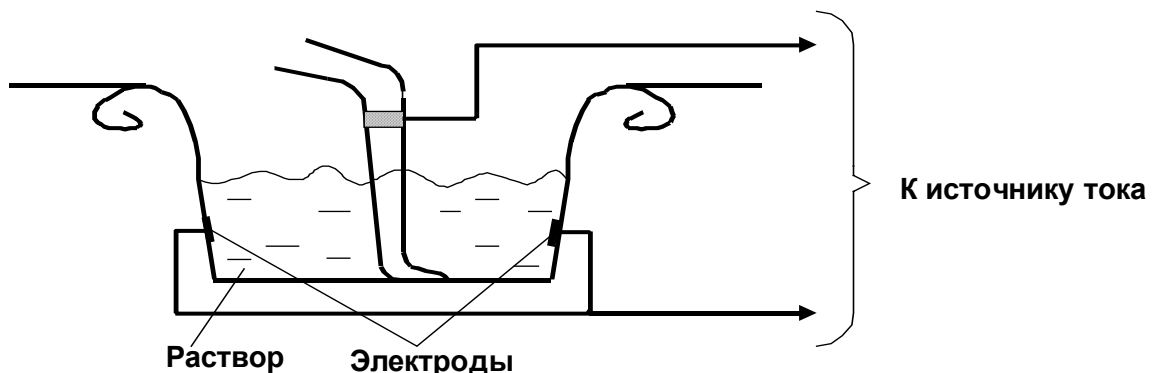


Рис. 2.5. Ванночковый электрофорез

Третий способ - полостной лекарственный электрофорез. Он заключается в том, что перед введением электрода в полость туда предварительно вводят раствор лекарственного вещества.

Лекарственный электрофорез противопоказан при индивидуальной непереносимости или аллергической реакции на лекарственное вещество.

Для аппаратной реализации лекарственного электрофореза применяют те же технические средства, что и для гальванотерапии.

2.1. Устройства для электростимуляции

Электростимуляция – методы электролечения, при которых искусственный электрический сигнал заменяет естественное нервное раздражение, вызывающее сокращение мышц. Эффект электрости-

муляции зависит от формы электрического тока, его амплитуды и частоты.

Динамика стимулирующих процессов характеризуется частотами 1...100 Гц, болеутолнения – 100...500 Гц.

Диадинамотерапия – метод электролечения с помощью низкочастотных пульсирующих токов.

Диадинамические токи – постоянные (однополярные) импульсные токи полусинусоидальной формы с экспоненциальными фронтами (рис. 2.6) частотой 50 и 100 Гц, используемые в различных сочетаниях.

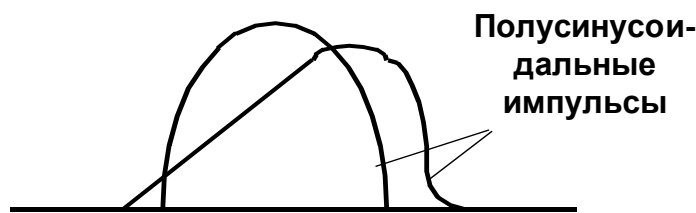


Рис. 2.6. Форма токов для диадинамотерапии

Вариант функциональной схемы устройства для диадинамотерапии и осциллограмма стимулирующих токов для различных режимов приведены соответственно на рис. 2.6 и 2.7.

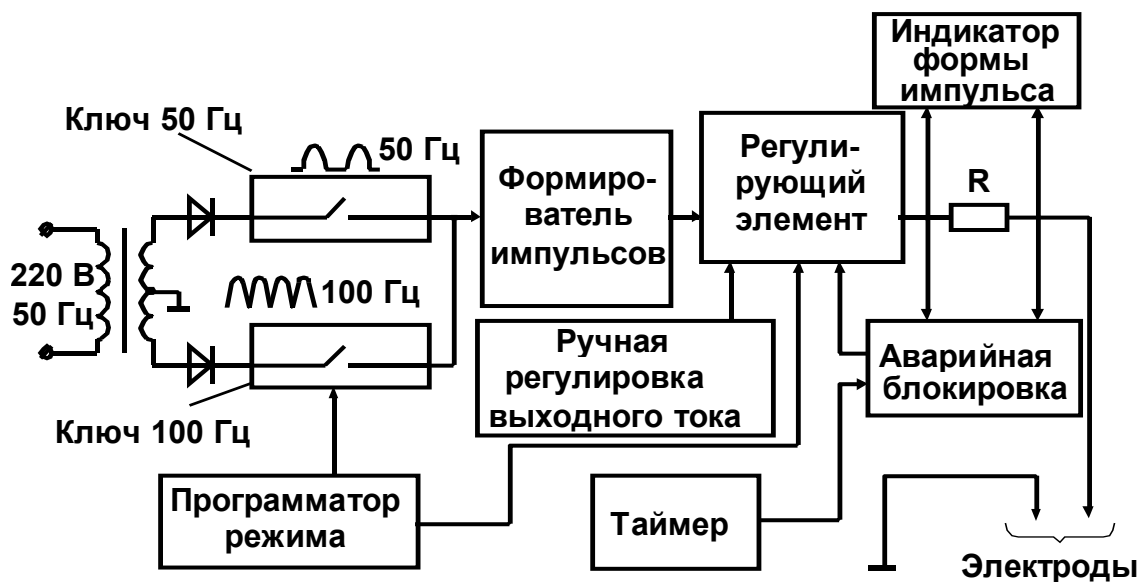


Рис. 2.7. Функциональная схема аппарата для диадинамотерапии

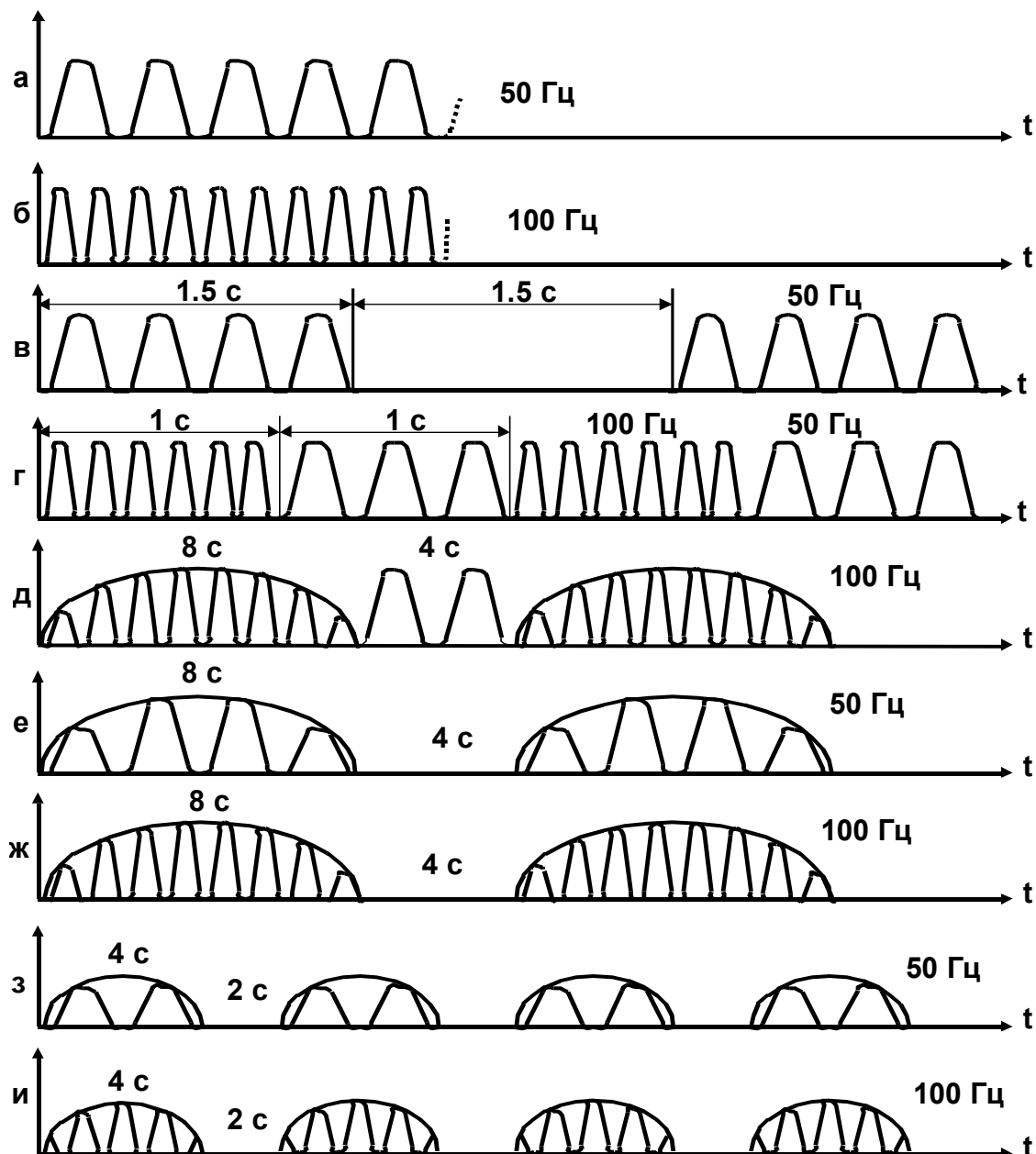


Рис. 2.8. Стандартные режимы токов для диадинамотерапии

Краткие характеристики используемых режимов:

1. **а** - однотоктный непрерывный ток (50 Гц). При небольшой интенсивности появляется ощущение покалывания и жжения, при большой интенсивности – ощущение сильной прерывистой вибрации; обладает раздражающим, стимулирующим действием.

2. **б** – двухтоктный непрерывный ток (100 Гц). При малых токах – ощущение легкого покалывания и жжения, при больших – ощущение слабой быстрой вибрации. Под действием этого тока увеличивается

электропроводность тканей. Применяется для снятия болей и спазмов.

3. **в** – прерывистый ритмичный ток (50 Гц). Происходят циклы сокращения, расслабления мышц, отсутствует эффект привыкания. Режим используется для электростимуляции мышц.

4. **г** – ток, модулированный периодами разной частоты. Происходит чередование болеутоляющего действия с сокращением мышц. При воздействии тока большой силы возникает болезненное сокращение мышц. В результате действия усиливается кровоснабжение, расширяются сосуды, увеличивается температура в месте воздействия, активизируется локальный обмен веществ.

5. **д, е, ж, з, и** - токи с огибающей в форме дуги. Применяют для создания оптимального воздействия на пациента и исключения эффекта привыкания.

Электроды для диадинамотерапии и методики их наложения аналогичны использованию в гальванотерапии. На болевую точку следует устанавливать отрицательный электрод, который вызывает выраженное действие на периферические нервные окончания.

Дианамотерапия применяется для лечения нарушений кровообращения, обменных процессов, подавления болевых процессов (артрозы, остеохондрозы, параличи).

Противопоказания: переломы, гнойная инфекция.

Парк аппаратов, используемых для диадинамотерапии в Украине, представлен следующими моделями: СНИМ-1, Модуль 717, Тонус-1(2).

Амплипульстерапия – метод электролечения с использованием синусоидальных токов частотой 1...8 кГц, модулированных по амплитуде импульсами частотой от 10 до 150 Гц при силе тока до 80 мА. Применяется для электростимуляции мышц, в том числе и внутренних. Обладает также обезболивающим эффектом.

Преимущество амплипульстерапии перед диадинамотерапией состоит в том, что на частотах в несколько килогерц преодолевается емкостное сопротивление поверхностных биоструктур (рис. 2.9) и увеличивается глубина стимуляции.

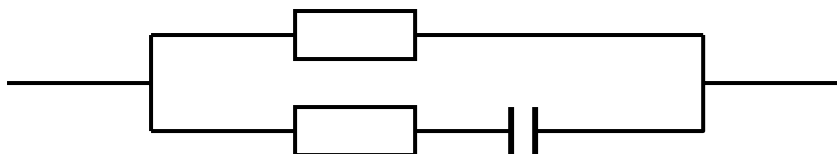


Рис. 2.9. Эквивалентная электрическая схема биоструктур

Механизм обезболивающего действия имеет две компоненты: тормозной эффект типа нервной блокады в зоне воздействия на проводники болевой чувствительности и создание в центральной нервной системе доминанты раздражения в ответ на мощный поток ритмически поступающих импульсов.

Формы токов, наиболее часто применяемых в амплипульстерапии, показаны на рис. 2.10 - 2.14.

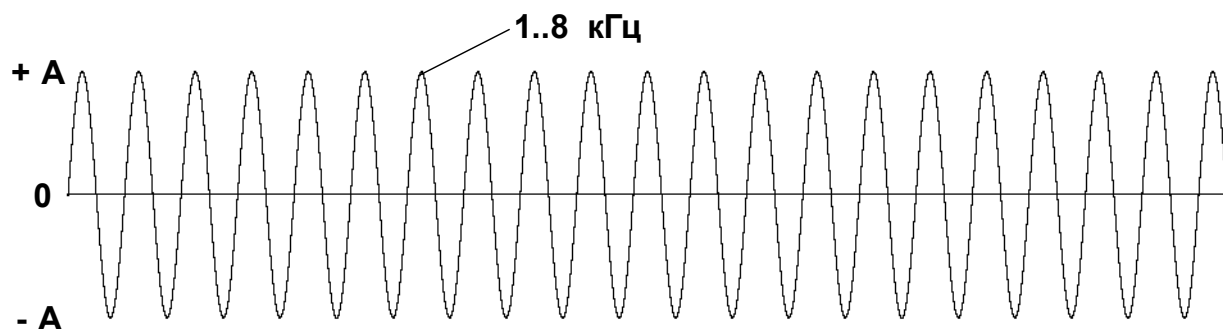


Рис. 2.10. Немодулированный синусоидальный сигнал

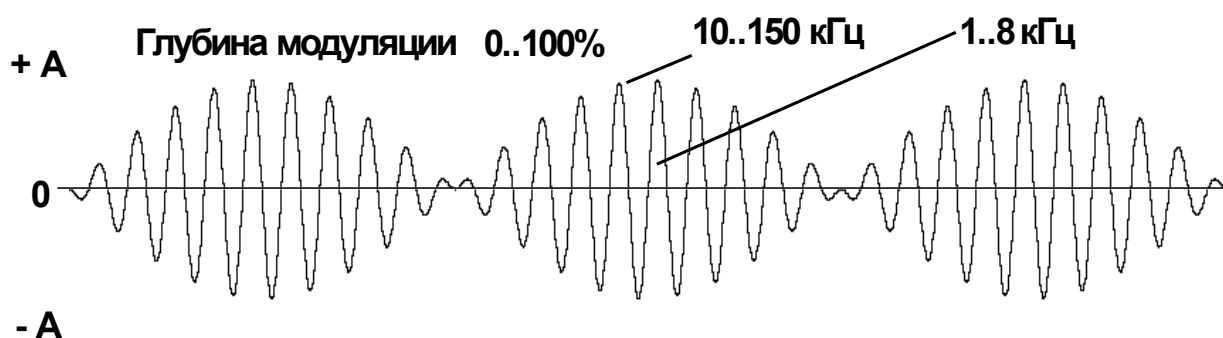


Рис. 2.11. Модулированный по амплитуде синусоидальный сигнал

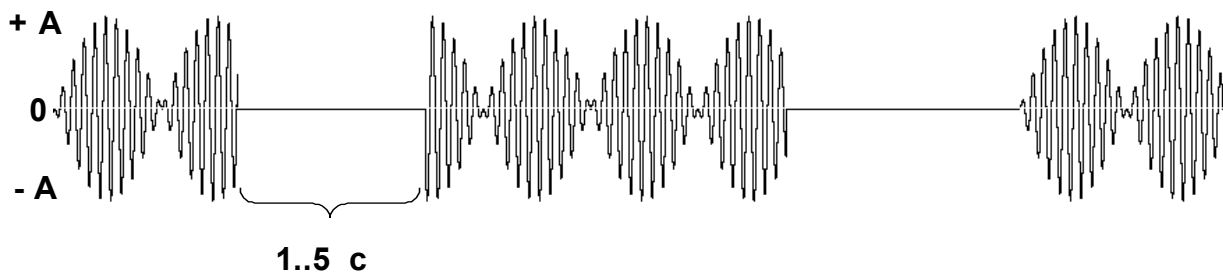


Рис. 2.12. Синусоидальный модулированный сигнал с паузами

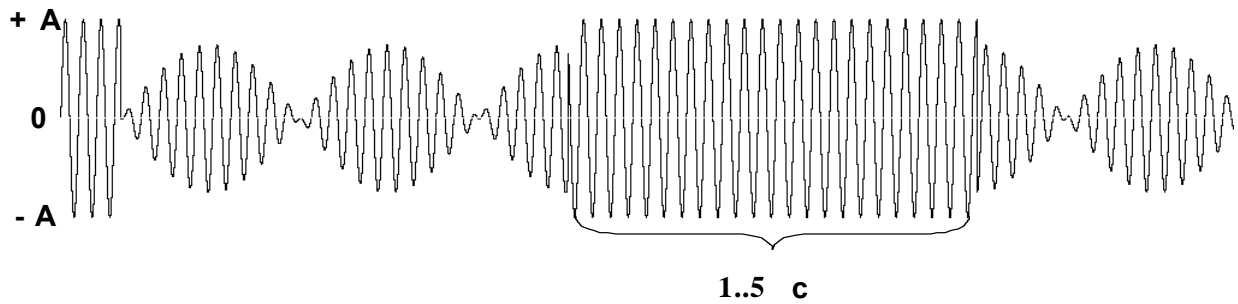


Рис. 2.13. Синусоидальный модулированный чередующийся сигнал

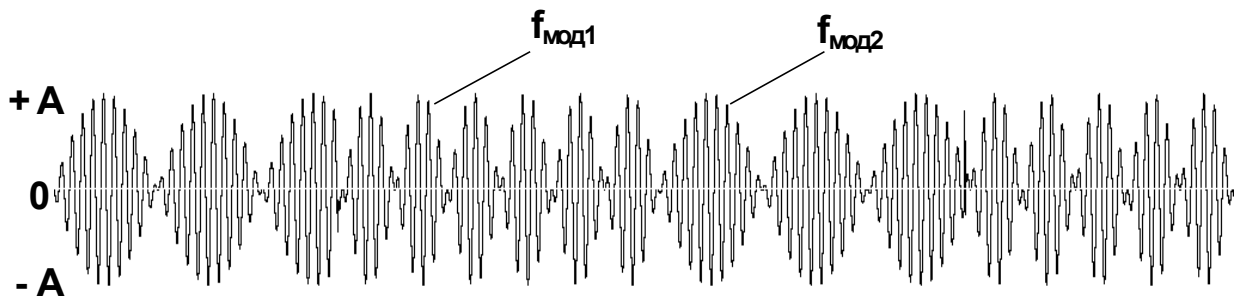


Рис. 2.14. Синусоидальный сигнал, модулированный двумя чередующимися частотами

Для всех этих сигналов может также существовать однополярный вариант воздействия.

Вариант функциональной схемы для амплипульстерапии показан на рис. 2.15.

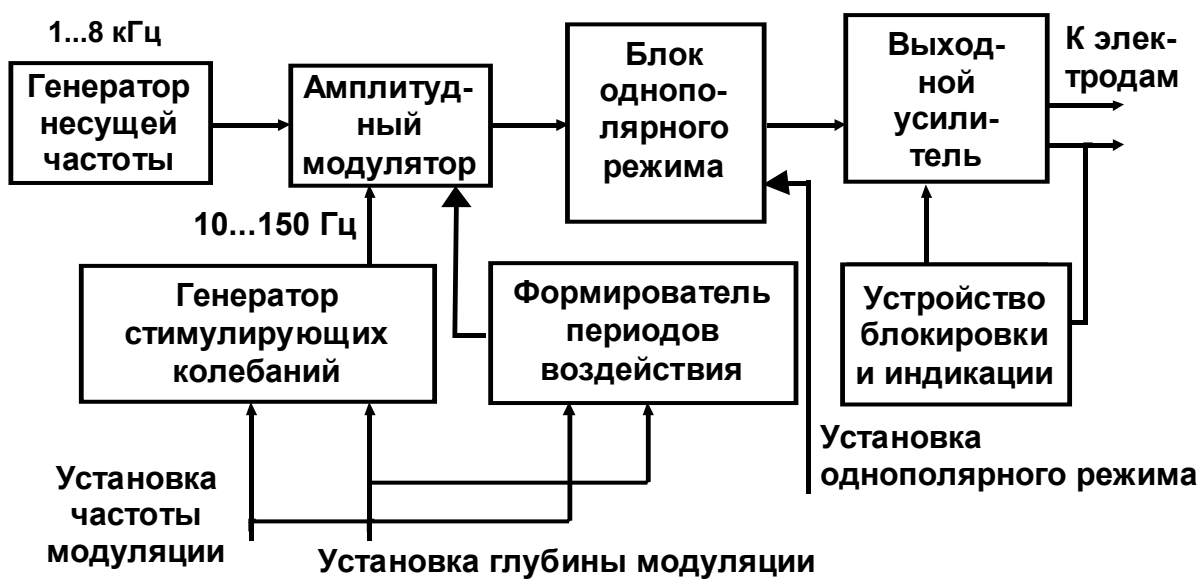


Рис. 2.15. Функциональная схема аппарата для амплипульстерапии

В кабинетах физиотерапии используются аппараты следующих моделей: АМПЛИПУЛЬС-3, АМПЛИПУЛЬС-Т, АМПЛИПУЛЬС-4.

Интерференцтерапия – метод электролечения двумя синусоидальными токами средней частоты (2 – 8 кГц), одновременно воздействующими на организм, значения частот которых отличаются на 20...100 Гц. Интерференция (биения с разностной частотой) возникает непосредственно в биотканях организма. По сравнению с амплипульс-терапией данный метод позволяет локализовать воздействие на очаг патологии, уменьшив нагрузку на близлежащие ткани.

Принцип технической реализации метода показан на рис. 2.16.

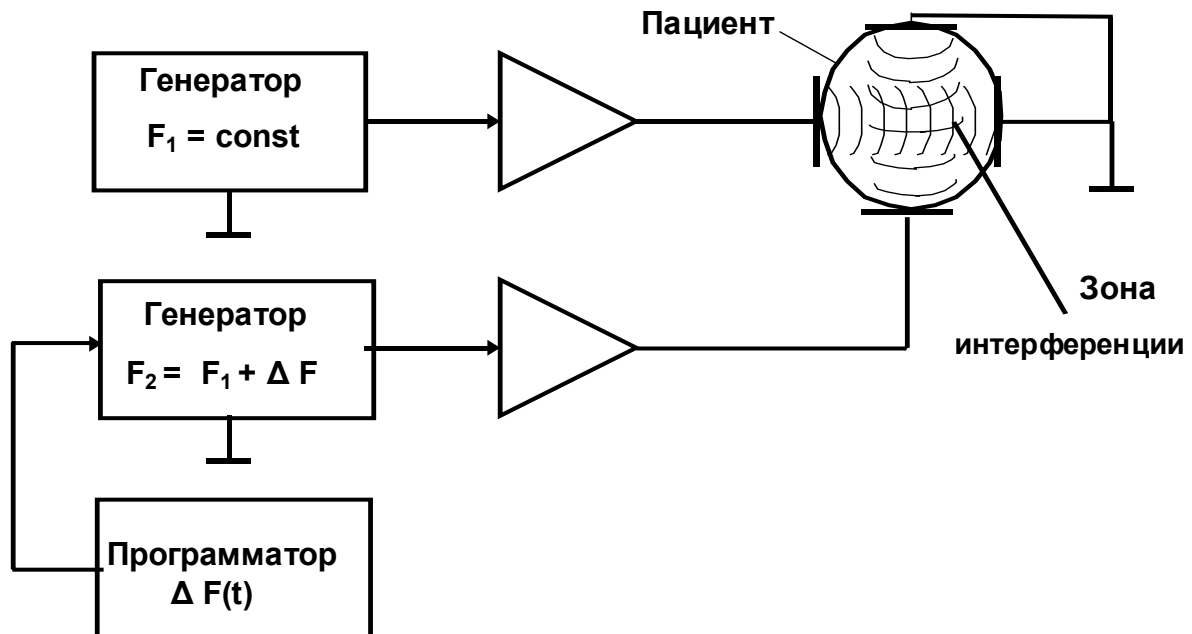


Рис. 2.16. Функциональная схема аппарата для интерференцтерапии

Технические средства для интерференцтерапии представлены такими аппаратами, как "Mela" (2 пары электродов) и "Stereodinator - 728" (3 пары электродов) производства фирмы "Siemens".

Показания к применению интерференцтерапии: воспалительные заболевания внутренних органов, вегетативная дистония, атеросклероз, варикозное расширение вен, остеохондроз, растяжение связок.

Противопоказания: злокачественные образования, кровотечения, острые воспалительные процессы.

Терапия флуктуирующими токами - воздействие на пациента случайно изменяющимися токами в диапазоне частот 100...2000 Гц. Основным достигаемым медицинским эффектом – снятие болевых ощущений. В качестве источника флуктуирующих токов служат шумы германиевого диода (рис. 2.17).

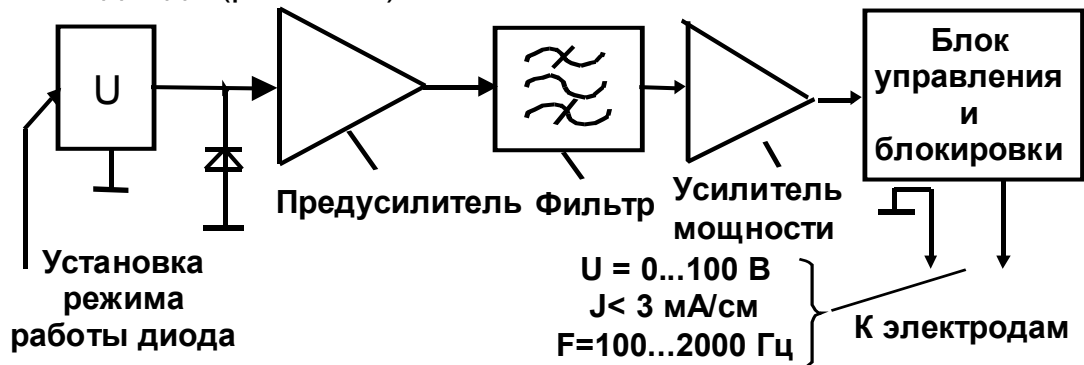


Рис. 2.17. Функциональная схема аппарата для воздействия флуктуирующими токами

Электроды и методика их наложения такая же, как и для амплипульстерапии. Серийно выпускались аппараты АСБ-2-1 (аппарат для снятия боли) и ФС-100-4 (аппарат для стоматологии).

Электростимуляция биопотенциалами - метод электротерапии, основанный на воздействии импульсными токами, сформированными из биопотенциалов нормальных мышц.

Сущность метода состоит в предварительной записи средствами электромиографии биопотенциалов скелетных мышц, снятых у здорового пациента в нормальном состоянии с последующим воздействием усиленным сигналом на патологическую область другого пациента.

Возможные варианты аппаратной реализации метода представлены на рис. 2.18.

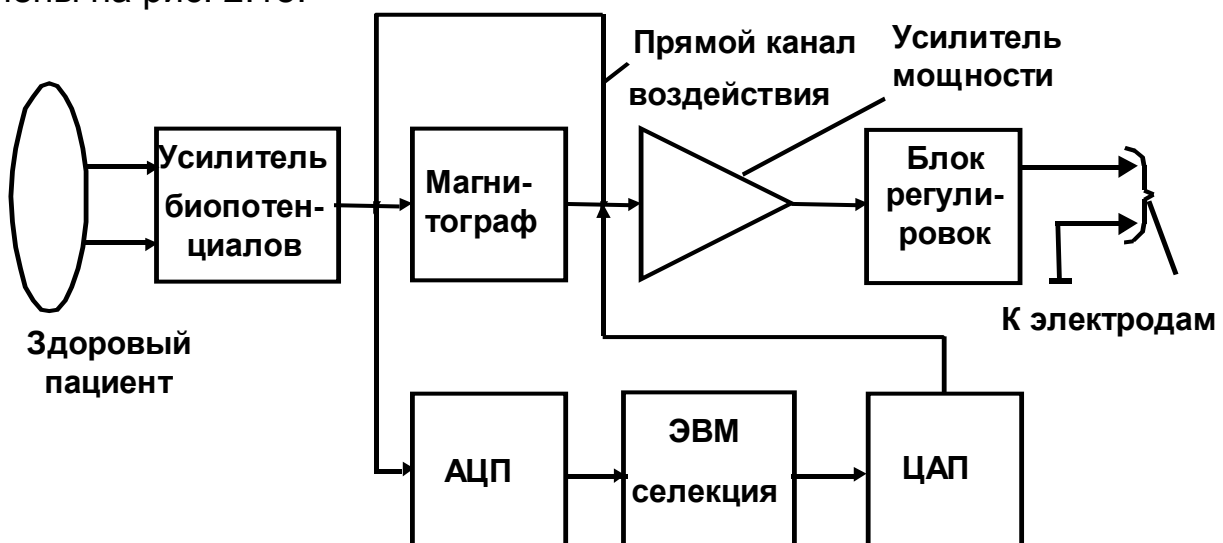


Рис. 2.18. Структурная схема стимуляции биопотенциалами

Метод и существующая аппаратура применяются в основном для исследовательских целей.

Электропунктурная терапия – метод электролечения, основанный на воздействии импульсных токов на биологически активные точки (БАТ) кожного покрова.

БАТ – ограниченные участки кожных покровов тела, имеющие повышенную рефлекторную раздражимость в проекции на внутренние органы и системы. БАТ являются как источниками диагностической информации, так и точками эффективного, целенаправленного терапевтического воздействия.

Существуют две разновидности метода:

- электропунктура (ЭП) – воздействие ведется точечным активным электродом в БАТ без нарушения целостности ткани;
- электроаккупунктура (ЭАП) – воздействие ведется через введенные в БАТ металлические иглы, т.е. реализуются методики традиционного иглоукалывания и раздражение импульсным током одновременно.

Механизм воздействия имеет в основном информационный характер с преимущественным влиянием на структуры нервной системы. Энергетическое воздействие одного сеанса (длительность в среднем - 20 мин) составляет около 0,0086% суточного расхода энергии человека.

Оптимальной для создания раздражающего действия является форма импульса с большой крутизной переднего фронта (рис. 2.19), моделирующая потенциал действия Ранвье.

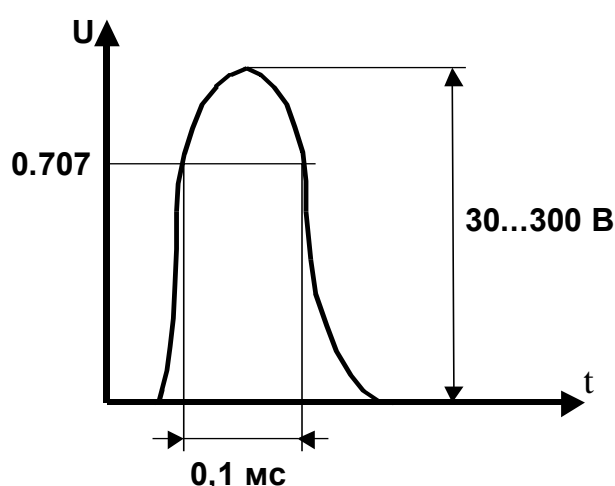


Рис. 2.19. Форма импульса для электропунктурной терапии

Для преимущественной стимуляции нервных окончаний (а не клеток мышечных тканей) длительность импульса не должна превышать 0,1мс.

Выделяют следующие интервалы частот следования импульсов: 1...15 Гц – для раздражения симпатических нервов; 20...70 Гц – для создания сосудорасширяющего эффекта; 20...100 Гц – для раздражения парасимпатических нервов; 80...200 Гц – для эффективного подавления болевых ощущений. Для создания оптимального лечебного эффекта полярность импульсов устанавливается врачом индивидуально для каждого пациента.

Общие подходы к созданию технических средств для электропунктуры отражены на рис. 2.20.

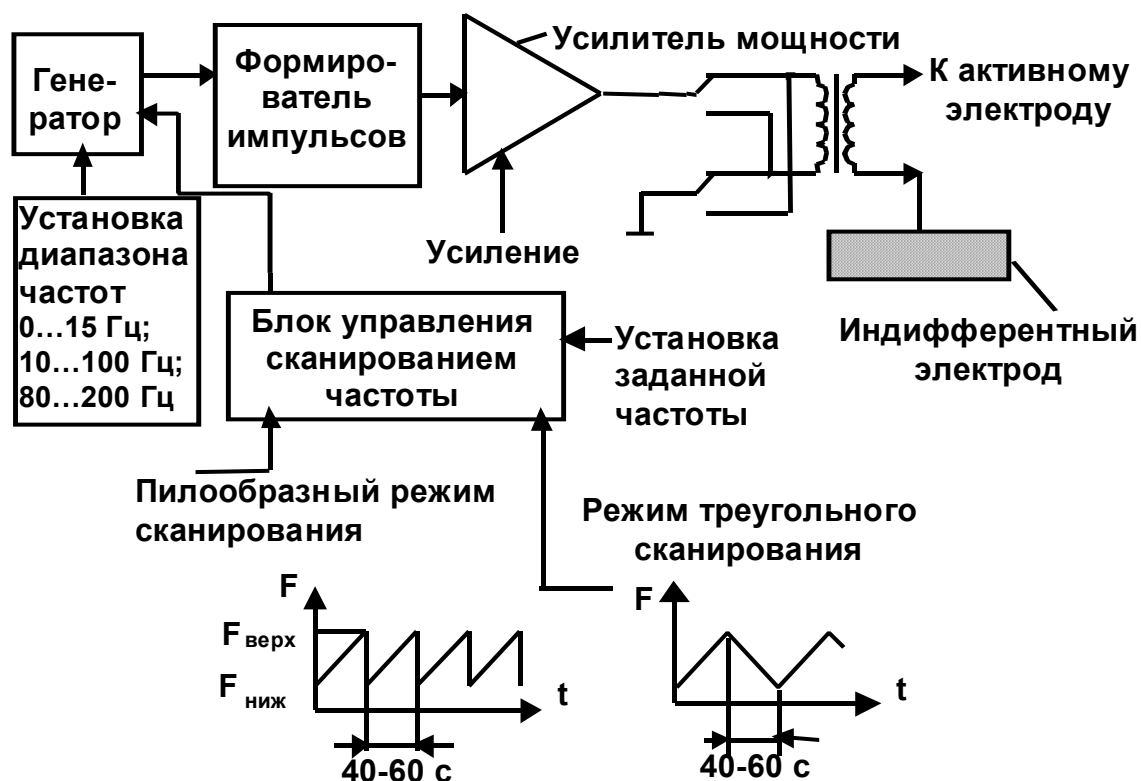


Рис. 2.20. Функциональная схема для электропунктуры

Активные электроды для электропунктуры могут быть точечными, мультиточечными, плоскими, роликовыми и игольчатыми.

Профессиональные аппараты для электропунктуры, как правило, содержат блоки поиска и диагностики по измерению электросопротивления в БАТ. Известные модели представлены аппаратами “Прогноз”, “Биомед-010”, “Куртид”, “SVESA-1010”, “Dermaton-50600”.

Показания к электропунктуре: рефлексотерапия широкого спектра заболеваний.

Противопоказания: острые инфекционные процессы, кровотечения, онкологические заболевания.

Электростимулятор дыхания – устройство, предназначенное для чрезкожной стимуляции диафрагмального дыхания. Методика реализации: активные электроды (2 катода) накладывают в области седьмого межреберья, пассивные (2 анода) – на спину, напротив катодов.

Параметры стимулирующих импульсов: $I = 0 \dots 20$ мА при $U = 0 \dots 50$ В, причем воздействие ведется пакетами импульсов, длительность одиночного импульса $t_{и} = 0,1 \dots 1$ мс. Период следования циклов раздражения составляет от одного до шести циклов в минуту (рис. 2.21), что соответствует динамике дыхания.

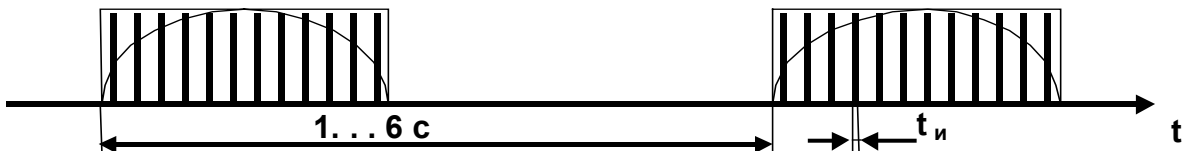


Рис. 2.21. Структура импульсов для стимуляции дыхания

На рис. 2.22 приведена функциональная схема аппарата ЭСД-2П для чрезкожной стимуляции дыхания. В аппарате предусмотрена синхронизация с началом попытки самостоятельного вдоха пациента.

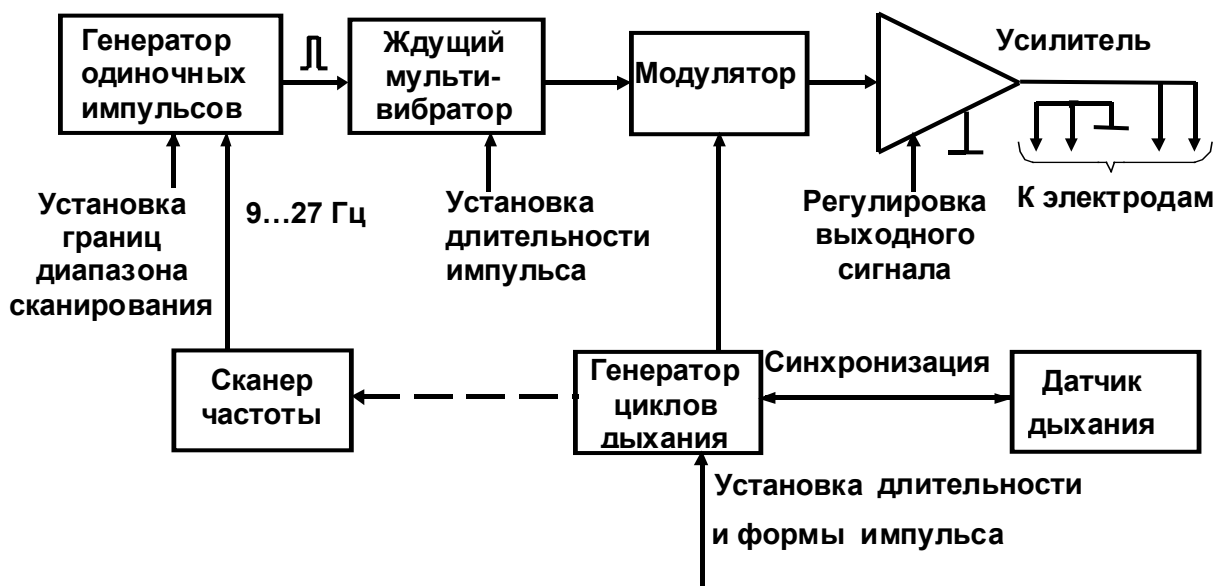


Рис. 2.22. Функциональная схема аппарата ЭСД-2П

Аппаратура черезкожной электростимуляции для подавления боли. Особенностью данного вида аппаратуры является воздействие биполярными несимметричными импульсами. Структура таких импульсов показана на рис. 2.23.

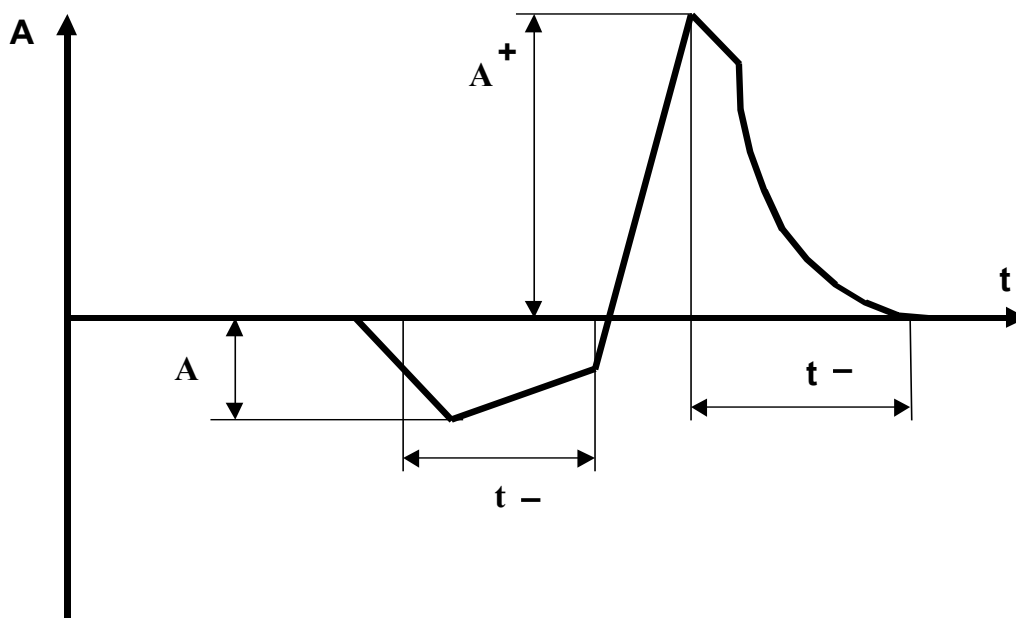


Рис. 2.23. Структура импульса для болеутоления

Количественные характеристики импульса: $A^+_{\max} = 60$ мА; $A^-_{\max} = 10$ мА; $t^+ = 0,1 \dots 0,5$ мс; $t^- = 0,8$ мс. Интервал оптимальных частот следования - 25...125 Гц.

Серийно выпущенные промышленностью аппараты "Дельта-2" (двухканальный подавитель боли), "ЭПБ-60-01" (аппарат электроимпульсный для подавления боли носимый) и "Элиман-101" (аппарат черезкожной стимуляции) в качестве основных функциональных узлов содержат задающий генератор, формирователь импульсов, выходной усилитель.

Электросудорожная терапия (электрошок, электроконвульсивная терапия, сеймотерапия) - метод лечения психически больных людей, основанный на электростимуляции головного мозга, приводящей к возникновению судорожных состояний у пациента.

Терапевтическое воздействие на головной мозг включает в себя электростимулирующую, судорожную и амнестическую (потеря сознания и памяти) компоненты.

Билатеральная методика предполагает наложение электродов с обеих сторон на височные области головы.

Монолатеральная методика - электроды располагают в височной области на стороне недоминирующего полушария.

Разработанная аппаратура для электросудорожной терапии (ЭСТ) основана на применении переменного синусоидального тока частотой 50 Гц и напряжением 60...110 В или однополупериодного выпрямленного тока той же частоты напряжением 220 В (рис. 2.24). В обоих случаях сила тока не должна превышать 250 мА, а время экспозиции - 0,1...1 с.

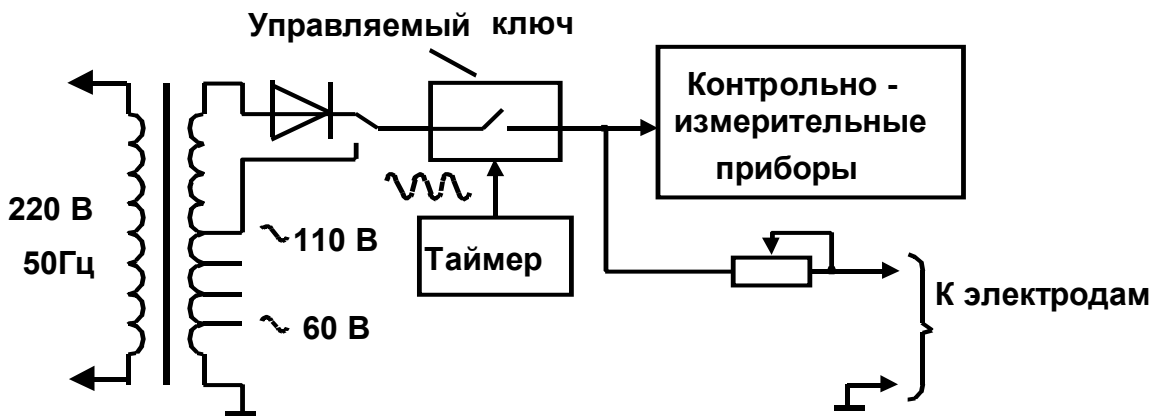


Рис. 2.24. Функциональная схема аппарата для ЭСТ

Минимальные количественные характеристики (величина тока, время воздействия), вызывающие судорожные состояния, - индивидуальны. Их подбирают эмпирически. В процессе подбора манипулируют одним фактором, сохраняя другой постоянным.

Стимулированный припадок имеет несколько фаз:

1. Включение тока "мгновенно" вызывает спазм мышц лица, шеи, туловища и верхних конечностей, который длится на протяжении экспозиции. При достаточном воздействии наступает полная потеря сознания.

2. При выключении тока пациент остается неподвижным (20...30 с), после чего начинается период технических судорог (10...15 с), дыхание отсутствует, сердечный ритм учащен.

3. Судороги охватывают мышцы конечностей и туловища (40...60 с), дыхание восстанавливается.

4. После прекращения судорог начинается коматозная фаза с повышенным артериальным давлением и напряженным пульсом.

5. Чаще всего коматозная фаза переходит в сон от нескольких минут до получаса. Воздействие сопровождается амнезией.

Электродефибрилляторы. Нарушение синхронной работы мышц сердца называется фибрилляцией. Наиболее эффективным

методом восстановления естественного сердечного ритма является подача электрического разряда в область сердца.

Устройства для восстановления нормального сердечного ритма в случае асинхронного сокращения сердца (фибрилляции) или его полной остановки называются электродефибрилляторами. Для этой цели используют одиночные импульсы электрического тока большой силы и малой длительности. Биологическое действие состоит в создании искусственной доминанты нервно-раздражительного процесса и синхронного сокращения большой группы мышц.

Количественные параметры воздействия: выделяемая энергия – 10...400 Дж, длительность эффективной части разряда – до 5 мс (рис. 2.25), максимальные импульсные значения тока и напряжения – до 20 А и 6000 В соответственно.

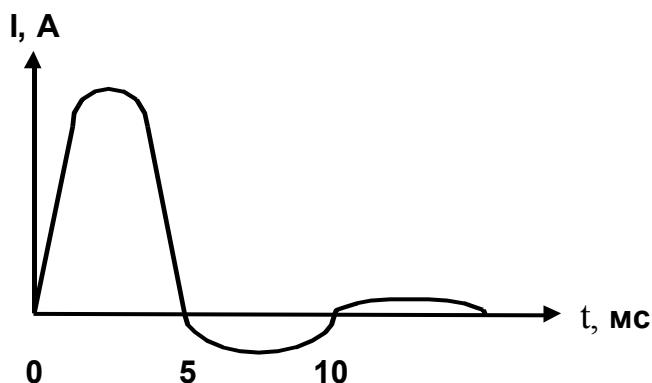


Рис. 2.25. Осциллограмма импульса тока для дефибрилляции

Вариант функциональной схемы дефибриллятора показан на рис. 2.26.

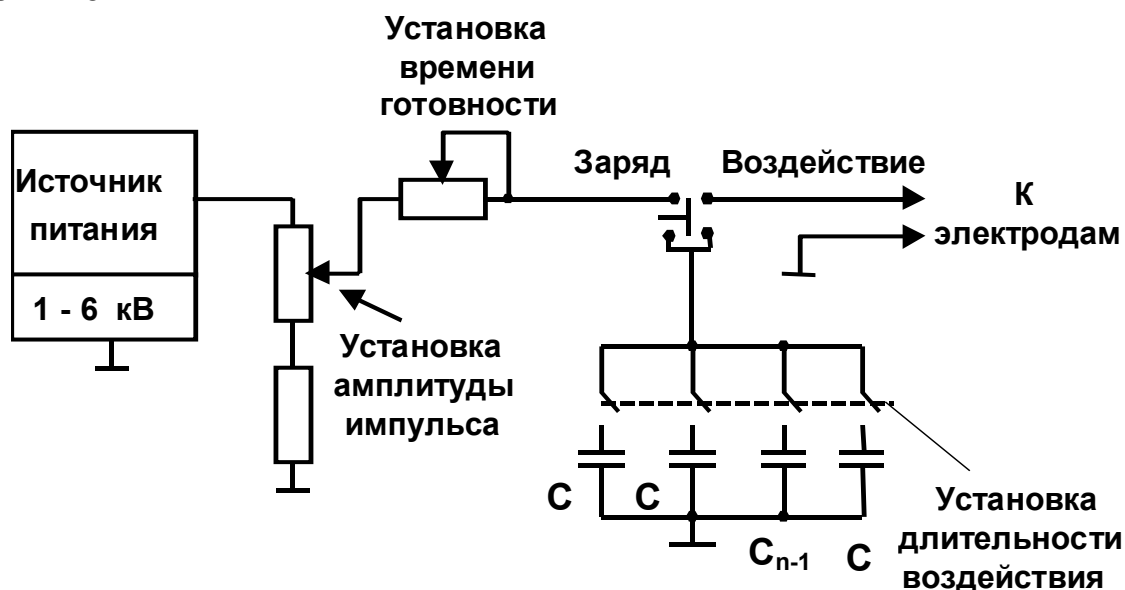


Рис. 2.26. Функциональная схема дефибриллятора

Воздействие осуществляют с помощью металлических электродов в форме дисков диаметром 8...10 см, которые плотно прижимают к грудной клетке пациента.

Основное применение – экстренная реанимация.

Имплантируемые электростимуляторы применяются для стимуляции деятельности внутренних органов человека импульсами электрического тока. В некоторых случаях единственно эффективным способом дублирования естественных нервных импульсов является прямая электростимуляция внутреннего органа.

Существует три уровня реализации метода:

1. Вживляют только электроды, а гибкие изолированные проводники через мягкие ткани выводят на поверхность кожи для подключения к периферийному электрооборудованию (рис. 2.27).

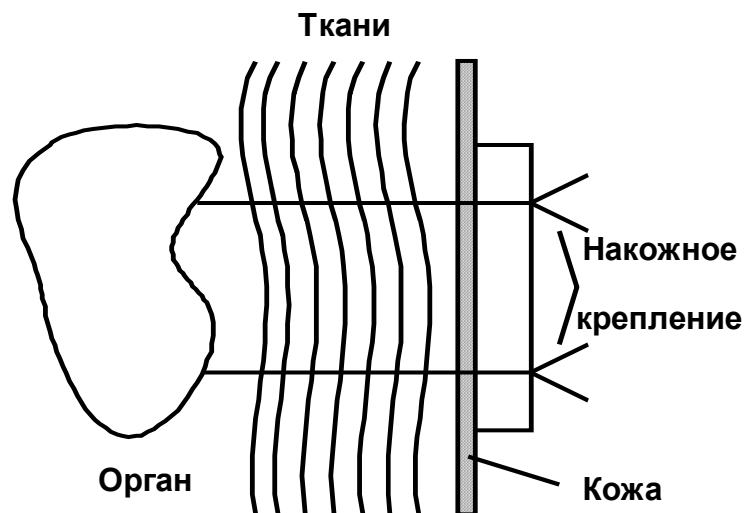


Рис. 2.27. Схема стимуляции через имплантируемые электроды

Основные требования: изоляция, металлические электроды должны быть химически инертны к биосредам, а наружные контакты – надежно фиксироваться на поверхности кожи.

2. Вживляют проволочный контур с выводами в виде электродов, введенных в точку стимуляции; связь с внешним электронным устройством осуществляют за счет индуктивной связи, как схематически показано на рис. 2.28.

3. Имплантируют электростимулятор с долгодействующим источником питания. Наибольшее применение имплантируемые стимуляторы нашли для электрокардиостимуляции.

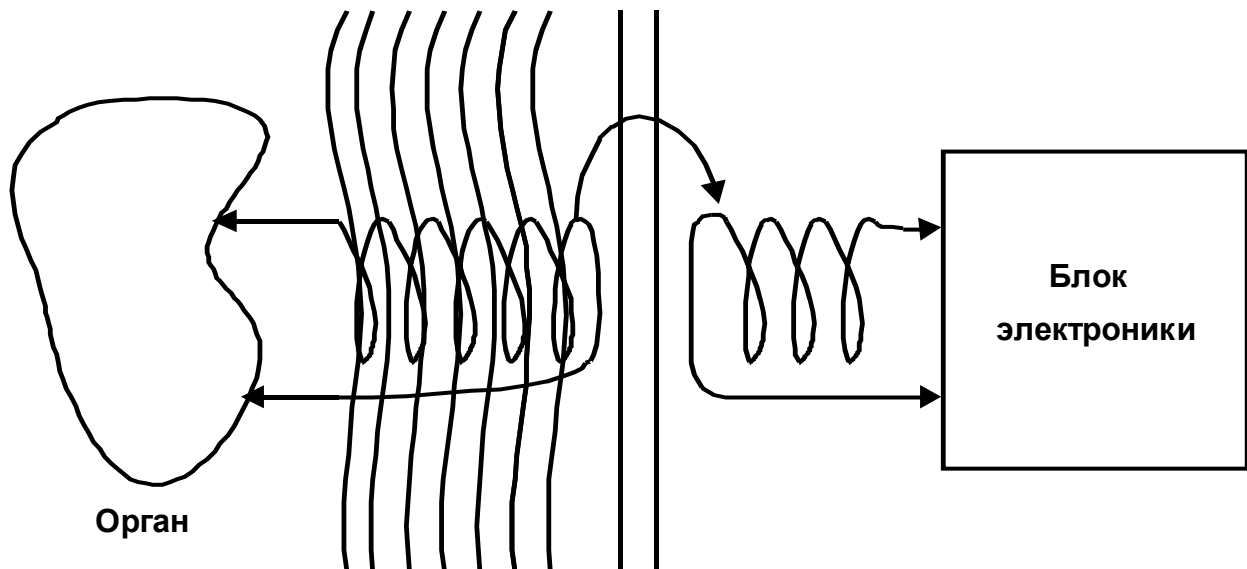


Рис. 2.28. Схема стимуляции с индуктивной связью

Электрокардиостимуляторы (ЭКС) - устройства для создания искусственного “водителя” ритма сердца. В качестве стимулирующих формируют импульсы прямоугольной или треугольной формы длительностью 0,8...3 мс, средней частотой повторения 1...1,2 Гц и амплитудой 0,1...10 В.

Разновидности электрокардиостимуляторов:

1. ЭКС асинхронного типа (рис. 2.29) , вырабатывающие электрические импульсы независимо от собственного ритма сердца.

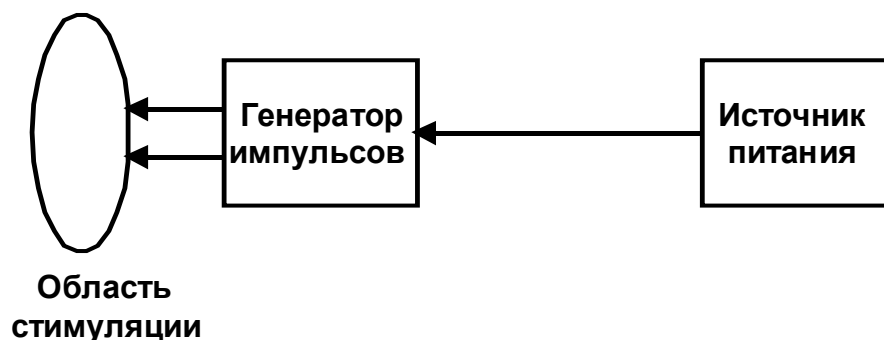


Рис. 2.29. Функциональная схема асинхронного ЭКС

Асинхронные электрокардиостимуляторы представлены следующими моделями: ЭКС-111 с литиевым источником питания, РЭКС-100 с радиоизотопным источником питания.

Основные недостатки асинхронных ЭКС: возникновение конкурирующих ритмов, приводящих к фибрилляции при частичном или полном восстановлении естественного сердечного ритма; невозможность адаптации сердечного ритма к физической нагрузке и психологическому состоянию пациента.

2. Предсерднозависимые (синхронизируемые) ЭКС (рис.2.30), оказывающие стимулирующее действие при критическом отклонении параметров сердечного ритма от нормального.

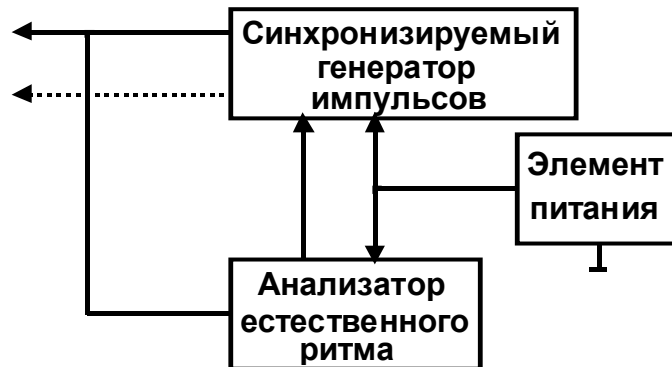


Рис. 2.30. Функциональная схема синхронизируемого ЭКС

Известные модели стимуляторов данного типа: ЭКС-221 с литиевым источником питания и РЭКС-200 с радиоизотопным источником питания.

3. ЭКС синхронизируемые программируемые, имеющие возможность перепрограммирования параметров стимулирующих импульсов и алгоритма анализа под действием магнитного поля. Разработаны отечественные модели ЭКС-500, РЭКС-2203 соответственно с литиевым и радиоизотопным источниками питания.

Основные технические требования к ЭКС: высокая надежность механических и электронных компонентов аппарата, экономичность (малое энергопотребление), малый объем и вес, инертность к биосредам.

Показания к применению ЭКС – полная поперечная блокада с синдромом Морганьи-Адамса-Стокса.

Дарсонвализация – метод электролечения путем воздействия высокочастотным импульсным током малой силы и высокого напряжения. Впервые был предложен французским физиологом Д'Арсонвалем.

Структура действующих токов приведена на рис. 2.32, а количественные параметры таковы: частота - 100...400 кГц, напряжение - 10...100 кВ, частота следования импульсов - 1...100 Гц, длительность импульса воздействия – до 1 мс.

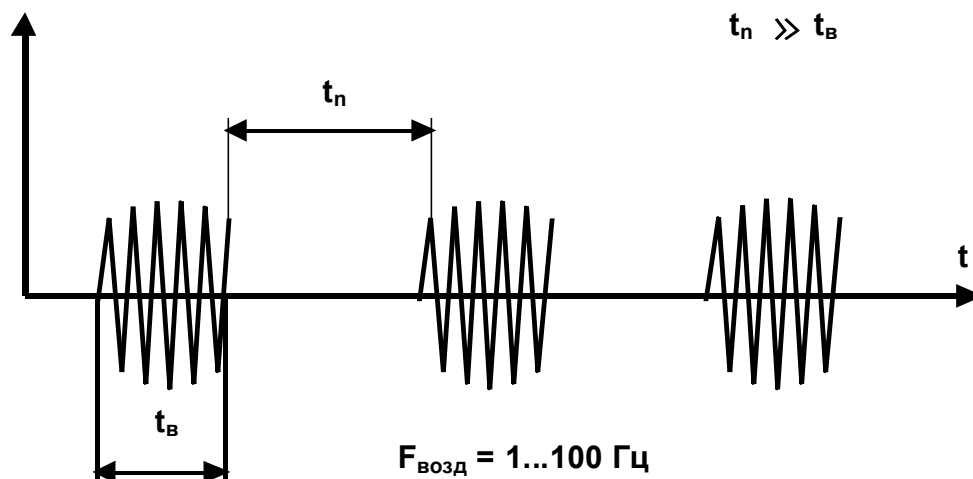


Рис. 2.31. Осциллограмма токов для дарсонвализации

В качестве активного электрода, располагаемого в области патологии, используют вакуумный сосуд (с остаточным давлением 0,001 мм рт. ст.). Роль второго электрода выполняет тело пациента. Механизм лечебного действия дарсонвализации поясняют следующим образом. Смещение ионов под действием высокочастотных токов мало, поэтому отсутствуют явления, присущие электролизу (не изменяется пространственная концентрация ионов). Однако колебания заряженных частиц в высокочастотном поле происходят с преодолением сил трения и выделением тепла. При выполнении неравенства $t_n \gg t_B$ выделение тепла будет минимальным, а раздражение биоструктур происходит рефлекторным путем. Дополнительными раздражающими факторами являются электрические разряды между кожей пациента и электродом. Принцип построения аппаратов для дарсонвализации отражен на рис. 2.32.

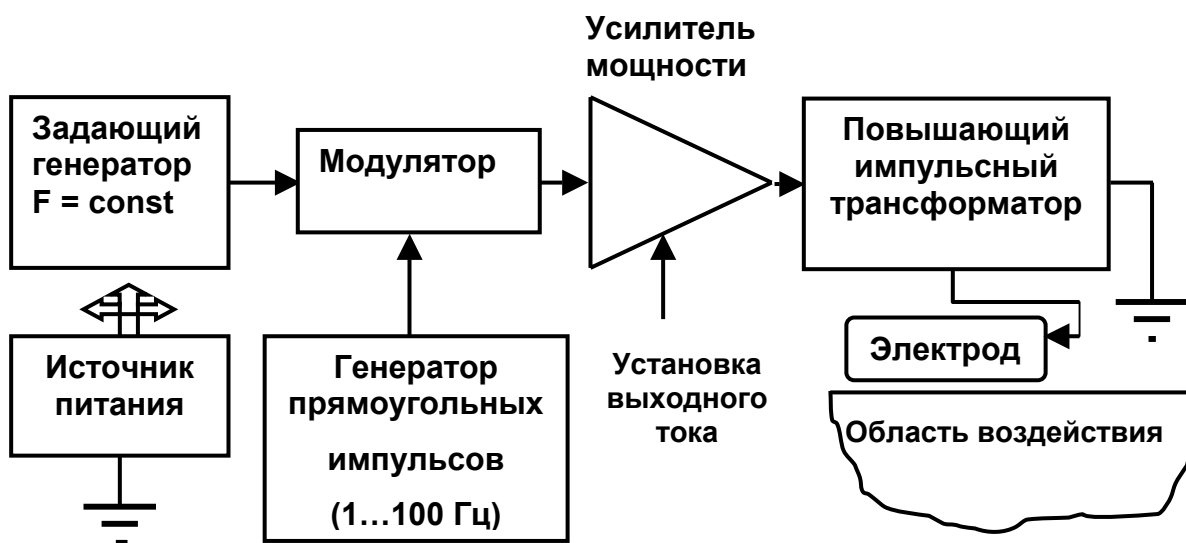


Рис. 2.32. Функциональная схема аппарата для дарсонвализации

“Искра-1” – аппарат для дарсонвализации, который выпущен серийно.

Главный лечебный эффект дарсонвализации – болеутоляющее действие, анестезия.

Электростатический душ (франклизация) – лечебный метод, при котором организм пациента или отдельные его участки подвергаются воздействию постоянного электрического поля, созданного источником большого напряжения. При общем характере воздействия применяют напряжения до 50 кВ, при местном – до 15...20 кВ.

Вариант аппаратной реализации метода франклизации показан на рис. 2.33.

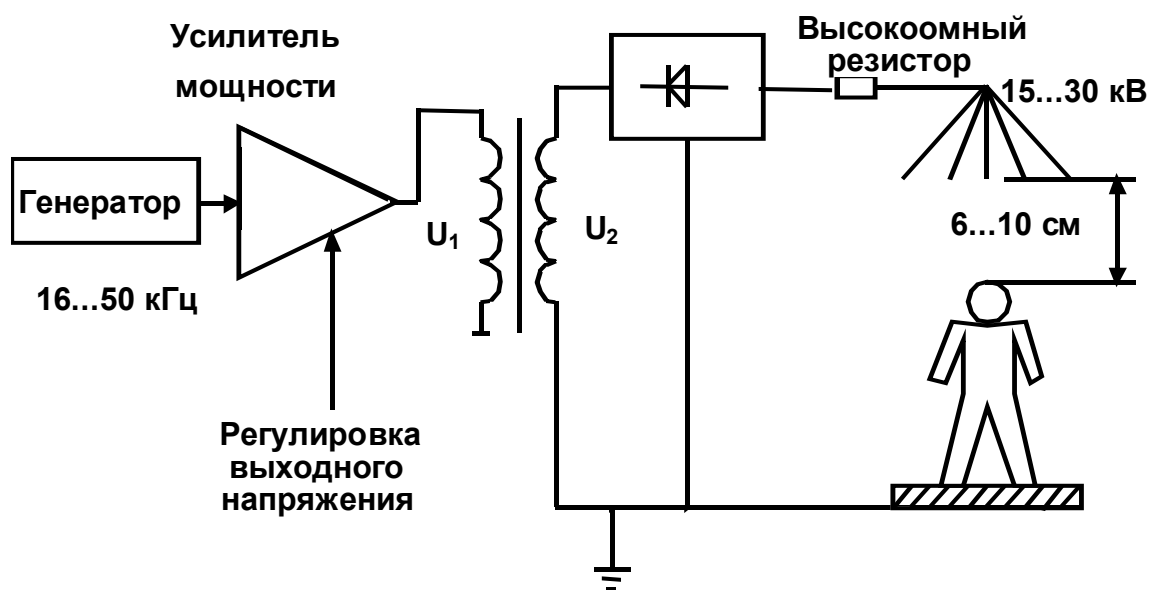


Рис. 2.33. Функциональная схема аппарата для франклизации

Механизм лечебного действия: тело пациента (или его участки) и электрод, устанавливаемый над местом воздействия, образуют конденсатор с воздушным диэлектриком. В связи с тем, что сопротивление тела по сравнению с сопротивлением воздуха невелико, то основное падение напряжения приходится на воздушный промежуток, в котором возникает ионизация воздуха с образованием аэроионов. В биотканях, расположенных напротив электрода, происходит поляризация молекул диэлектриков (воды), электризация проводящих структур с появлением микротоков, что приводит к перераспределению ионов в тканях. Как дополнительный лечебный фактор выступает воздействие аэроионной компоненты.

Лечебный эффект: улучшение кровоснабжения, нормализация обменных процессов.

Промышленностью выпущены аппараты типов АФ-3 и АФ-5.

Акупунктурная франклизация является одной из модификаций рассмотренного метода лечения. Она состоит в том, что над определенной областью тела пациента, в которую предварительно введены металлические акупунктурные иглы, устанавливают электрод аппарата для франклизации. Путем раздражения рецепторов кожи и подкожных структур происходит расширение кровеносных капилляров, увеличение температуры, снятие гипоксии ткани, улучшение обмена веществ. Рекомендуемое время воздействия – 25 минут.

Показания к применению: лечение травм периферических нервов, внутренние заболевания, кожные болезни.

Электросон (электронаркоз) - метод электролечения, основанный на воздействии импульсным током низкой частоты и малой силы на центральную нервную систему (головной мозг), в результате чего возникает состояние, близкое к физиологическому сну.

Для реализации метода применяют прямоугольные импульсы – “токи Ледюка” - с частотой следования 5...150 Гц, длительностью 0,1...1 мс и силой тока до 15...20 мА.

Методика применения такова. Электроды с гидрофильными прокладками, смоченными водой или раствором хлорида натрия (38-39%), накладывают на закрытые глаза (катод), второй электрод - на затылок (анод). Продолжительность процедуры - 20-60 мин. По мере нормализации состояния пациента частоту импульсов увеличивают с 5...20 до 40...100 Гц. Амплитуда тока должна быть такой, чтобы не вызывать сильного раздражающего действия.

Функциональная схема аппарата, реализующего рассмотренный метод, приведена на рис. 2.34. Серийно выпущены аппараты “Электросон-3(4)”.

Рассмотрим биологическое и терапевтическое действие электросна. Импульсный однополярный ток малой силы и низкой частоты является слабым, монотонным, ритмическим раздражителем, вызывающим эффект охранительного торможения в центральной нервной системе. Импульсный ток проникает в полость черепа и оказывает непосредственное действие на подкорково-ствольную область головного мозга.

Электросон снимает умственное и физиологическое утомление, при этом снижает повышенное артериальное давление, нормализует содержание холестерина в крови. Отмечается снижение концентрации сахара в крови при диабете. Нормализуется глазное давление и желудочная секреция.

В отличие от естественного электросна протекает с увеличением минутного объема дыхания, вследствие чего повышается насыщение крови кислородом.

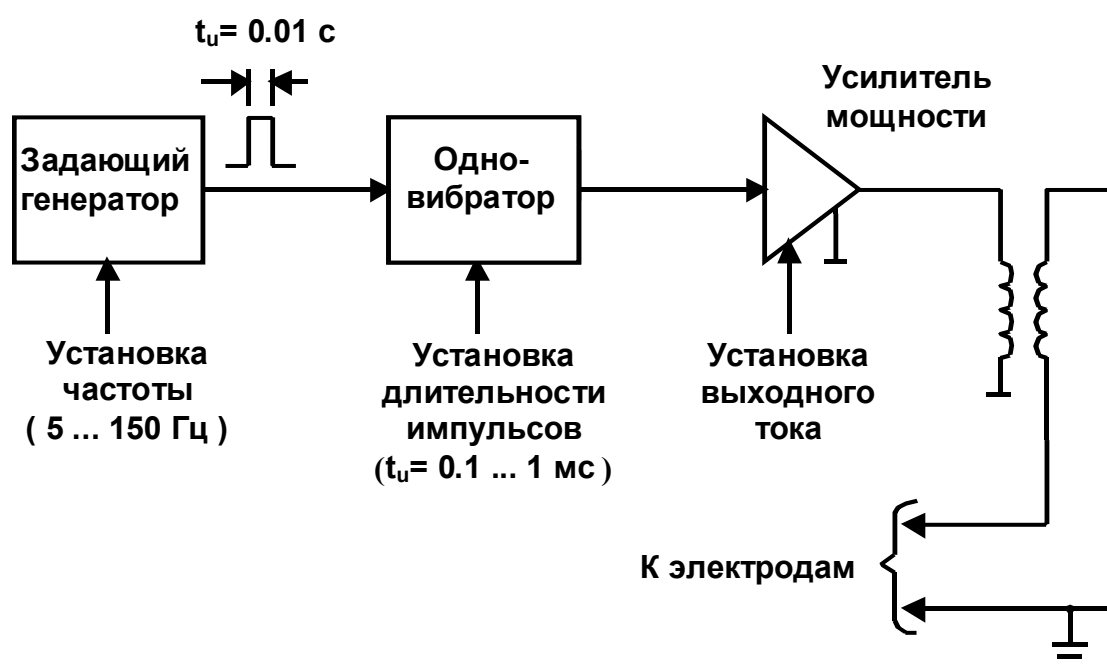


Рис. 2.34. Функциональная схема аппарата для электросна

Электросон используют для лечения невралгии, последствий энцефалита, травм черепа, а также реабилитации больных, перенесших инфаркт.

Модифицированные аппараты электросна используют для электронаркоза. Полного обезболивания с помощью электросна достигнуть невозможно, но в комбинации с традиционными методами анестезии существенно снижается доза фармакологической компоненты.

2.2. Аппараты для электролечения с тепловым воздействием

Традиционное контактное прогревание внутренних органов осуществляется за счет теплопроводности биоструктур. Прогревание с помощью высокочастотных токов и электромагнитных полей происходит за счет выделения теплоты во внутренних частях организма в зависимости от их диэлектрических и проводящих свойств, а также частоты электромагнитных колебаний. Подбирая параметры электрического воздействия, можно осуществить термоселективное воздействие.

Ультратоновая терапия. Суть метода близка к методу дарсонвализации, но в отличие от него воздействие осуществляется непрерывным синусоидальным током высокой частоты (22...50 кГц), подво-

димым через стеклянный электрод, заполненный неонам. Принцип реализации аппаратной части метода показан на рис. 2.35.

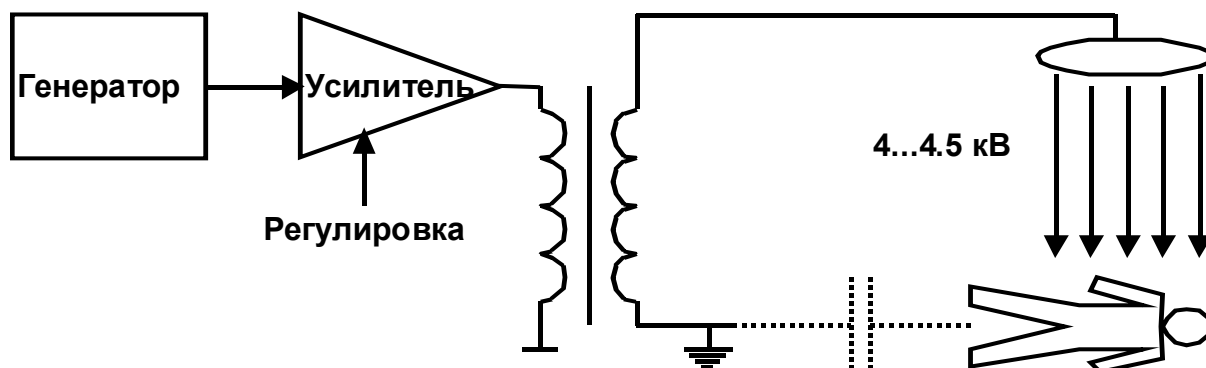


Рис. 2.35. Функциональная схема аппарата для ультратоновой терапии

Действующими лечебными факторами являются переменный синусоидальный ток и искровой разряд. По сравнению с дарсонвализацией выделяется большее количество тепла. Выбор оптимального режима процедуры исключает раздражающее действие тока.

Основной терапевтический эффект - противовоспалительное действие.

Промышленностью выпускается аппарат "Ультратон", а принципиальная схема простейшего устройства для ультратоновой терапии приведена на рис. 2.36.

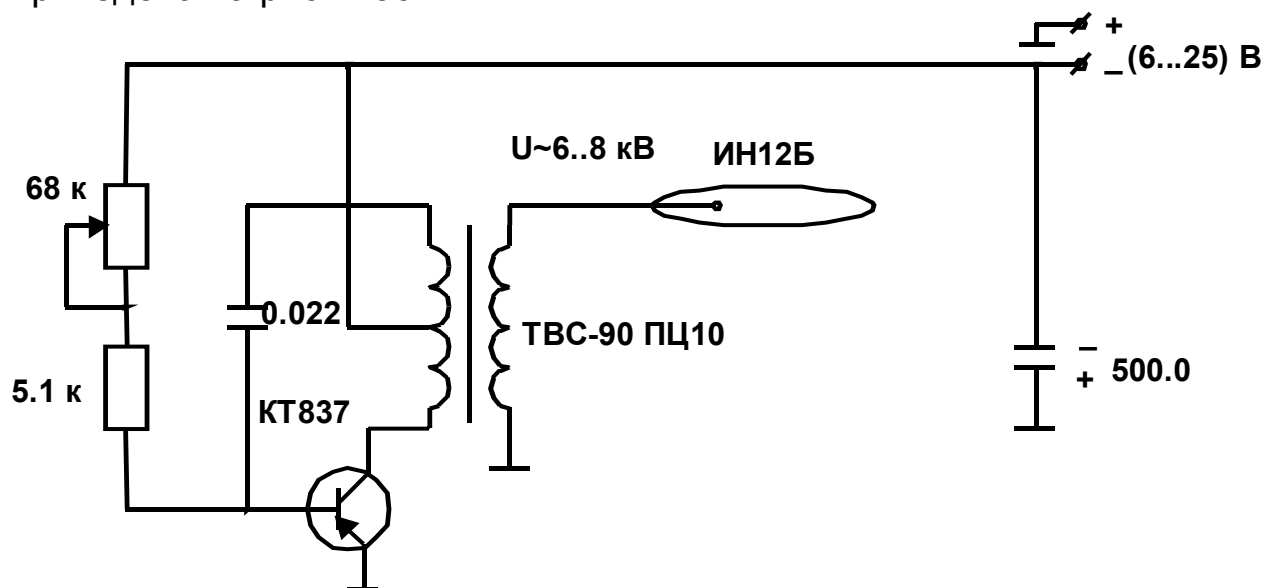


Рис. 2.36. Схема устройства для ультратоновой терапии

Диатермия – метод электролечения тепловым воздействием переменного электрического тока высокой частоты и большой силы.

Количественные характеристики диатермических токов: частота – до 10 МГц, напряжение – 100...150 В, сила тока – до 3А. Форма диатермических токов показана на рис. 2.37.

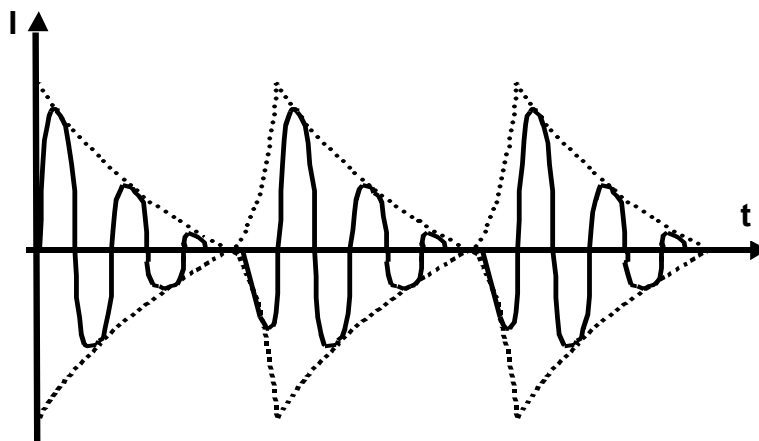


Рис. 2.37. Осциллограмма токов для диатермии

Особенностью схемной реализации метода является использование генератора релаксационных импульсов с высокочастотной и низкочастотной цепями положительной обратной связи (рис. 2.38).

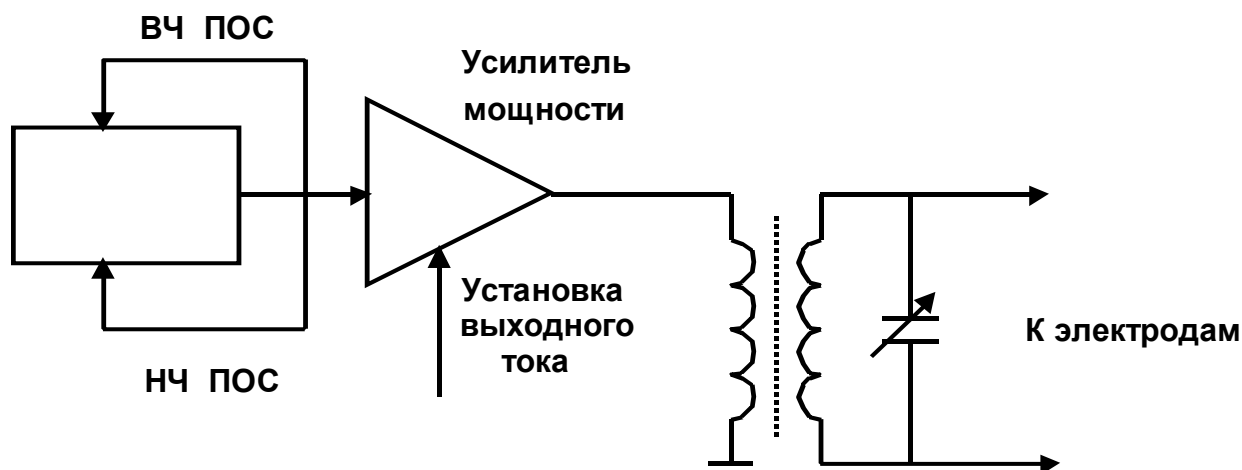


Рис. 2.38. Функциональная схема аппарата для диатермии

Механизм воздействия: прохождение тока ведет к колебательному движению заряженных частиц с трением и повышению температуры кожи и подкожных тканей, обладающих большим удельным сопротивлением. Возникает активная гиперемия.

Недостатки метода: большое количество теплоты выделяется в слое кожи и подкожной клетчатки; при нарушении контакта в месте

наложения электродов возможно искрение с возникновением электроожогов.

Применение: для лечения хронических воспалительных процессов, выраженных болевых синдромов.

Противопоказана диатермия при острых воспалительных и гнойных процессах, кровотечениях, онкологических заболеваниях, туберкулезе.

Ультравысокочастотная (УВЧ) терапия - метод электролечения путем воздействия на организм непрерывного или импульсного электрического поля ультравысокой частоты (30...300 МГц).

Большинство разработанных аппаратов УВЧ-терапии работают на частоте 40,68 МГц, менее распространена частота 27,12 МГц. Эти частоты выбраны из-за больших допусков на отклонение рабочей частоты радиосредств, работающих в этих диапазонах.

Механизм лечебного действия таков. В переменном электрическом поле происходит циклическое перемещение ионов, а также ориентация дипольных моментов диэлектриков. Как следствие часть энергии переходит в тепло. Количество теплоты, выделяющейся в единичном объеме за единицу времени, пропорционально не только частоте и напряженности электрического поля, но и диэлектрической проницаемости и тангенсу потерь биосреды:

$$q \approx \omega \cdot E^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta.$$

Основные функциональные элементы аппарата для УВЧ-терапии показаны на рис. 2.39, а вариант подключения емкостных электродов - на рис. 2.40.

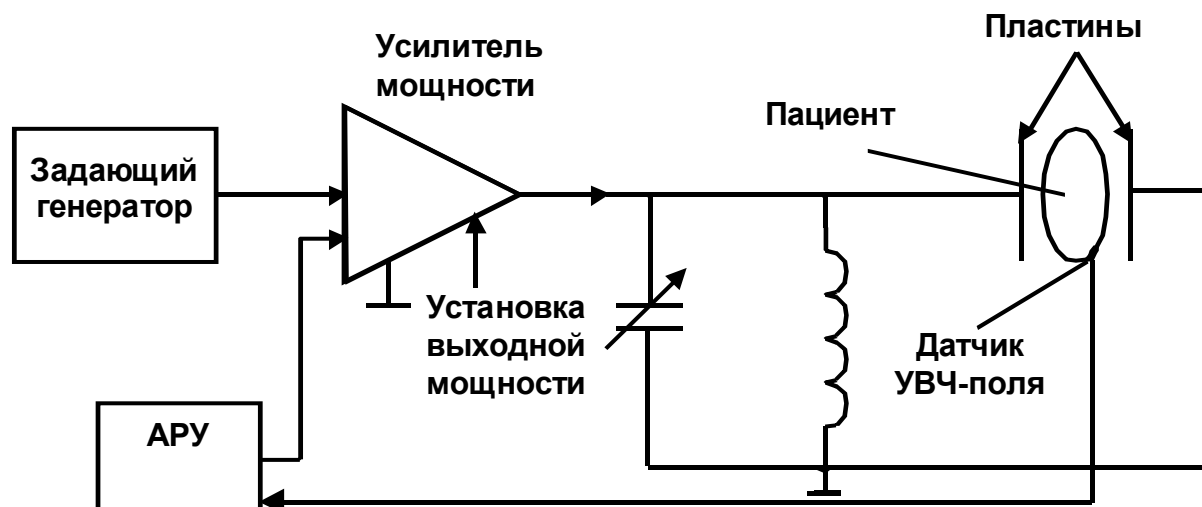


Рис. 2.39. Функциональная схема УВЧ аппарата

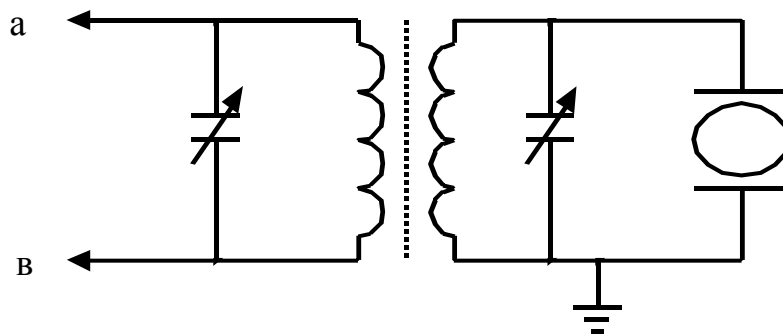


Рис. 2.40. Трансформаторная схема подключения емкостных электродов

Различают три основных положения электродов относительно объекта воздействия:

1. Поперечное расположение электродов с обеих сторон объекта. При этом реализуется воздействие на глубоко расположенный очаг патологий (рис. 2.41).

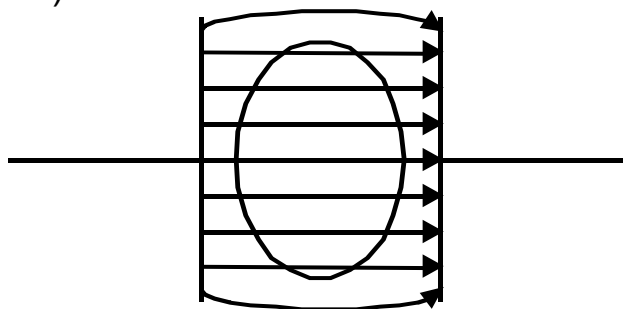


Рис. 2.41. Поперечное расположение электродов

2. Продольное расположение электродов в одной плоскости, с одной стороны объекта, в результате чего достигается воздействие на область большой протяженности и малой глубины (рис. 2.42).

3. Одноэлектродное расположение, при котором первый электрод размещен вблизи области воздействия, а второй - максимально удален. При этом достигается локализация области воздействия при небольшой глубине проникновения.

УВЧ-терапия обладает также нетепловым (информационным) действием. Реализуется это воздействие при малых мощностях УВЧ-поля и обусловлено раздражительным действием. Особенно этот эффект проявляется при действии импульсных УВЧ-полей.

Показания к применению УВЧ-терапии: острые воспалительные процессы, травмы спинного мозга и периферических нервов, радикулит, невралгия и др.

Противопоказания: злокачественные образования, заболевания крови, сердца, туберкулез.

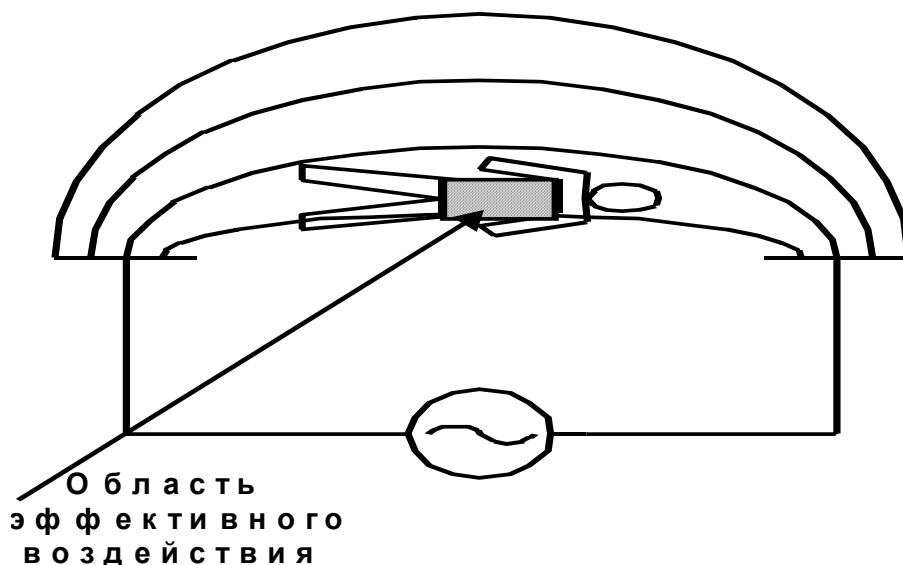


Рис. 2.42. Продольное расположение электродов

Индуктотермия – метод электролечения воздействием магнитного поля высокой частоты с выделением тепла в биологических тканях.

Суть метода заключается в том, что по индуктору, расположенному у тела пациента (рис. 2.43), пропускают высокочастотный ток, образующий переменное магнитное поле, в котором заряженные частицы совершают круговое колебательное движение, часть энергии которого переходит в тепло. Удельное теплообразование $q \approx \omega^2 \cdot \sigma \cdot H^2$, где σ - проводимость, H - напряженность магнитного поля.

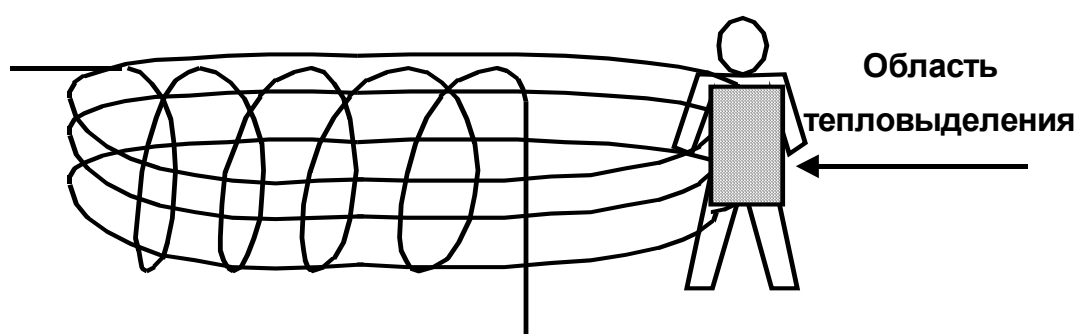


Рис. 2.43. Индуктотермическое воздействие

Аппаратная реализация индуктотермии та же, что и для УВЧ-терапии, отличается только схема подключения индуктора (рис. 2.44).

В аппаратах для индуктотермии используют следующие частоты: 13,56; 27,12; 40,68 МГц.

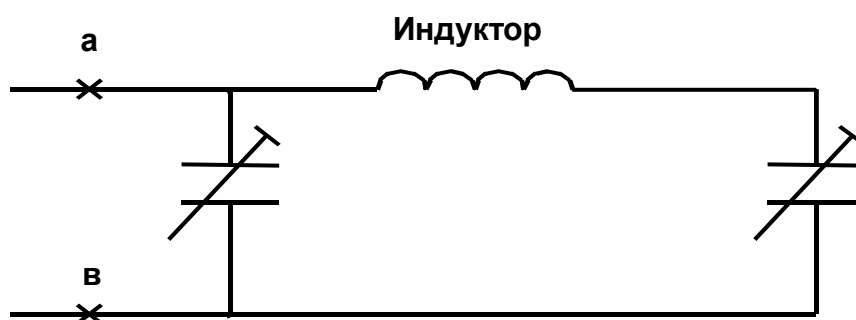


Рис. 2.44. Схема подключения индуктора

При индуктотермии тепло выделяется в тканях с хорошей проводимостью: мышцы, кровь, лимфа, печень, легкие. Тепло, образующееся на глубине 7-8 см, является сильным стимулятором работы многих функциональных систем (нервной, кровеносной, дыхательной).

Показания к применению индуктотермии: хронически протекающие воспалительные процессы внутренних органов, ушибы, переломы. Противопоказания: наличие в биосредах металлических предметов, лихорадочное состояние, кровотечения.

Основные параметры аппаратов для УВЧ-терапии и индуктотермии приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Тип	Мощность, Вт	Рабочая частота, МГц	Режим работы	Электроды
УВЧ-4(30)(60)	15...80	40,68	Непрерывный	Конденсаторные или индуктор (6 см в диаметре)
УВЧ-80-0.1	3...80	27,12	Непрерывный	Конденсаторные и индуктор (7,5 см)
Экран-2	40...350	40,68	- // -	Индуктор (16 см)
ИКВ-4	60...200	13,56	- // -	Индуктор
Импульс-3	18	40,68	Импульсный ($T_{имп} = 2 \text{ мкс}$, $F = 500 \text{ Гц}$)	Конденсаторные

Сверхвысокочастотная (СВЧ) терапия – тепловое локальное воздействие с лечебной целью электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

Механизм воздействия таков. Энергия СВЧ-поля проникает через кожные покровы и поглощается тканями с большим содержанием воды (электролитов). Величина удельного теплообразования пропорциональна квадрату частоты электромагнитного поля и проводимости биосреды:

$$q \approx \omega^2 \cdot \sigma.$$

Основной механизм воздействия дополняется релаксационными колебаниями молекул воды в СВЧ-поле. Глубина максимального теплообразования зависит от проводящих свойств биоткани и составляет в среднем 1,7...11 см.

Биологическое действие СВЧ-поля проявляется в основном через тепловой фактор. Дополнительное действие объясняют резонансным поглощением электромагнитной энергии клеточными структурами.

Сантиметровая (микроволновая) терапия использует электромагнитные колебания сантиметрового диапазона. Средняя эффективная глубина воздействия составляет 3...5 см.

Основные элементы медицинских аппаратов сантиметровой терапии отображены на рис. 2.45.

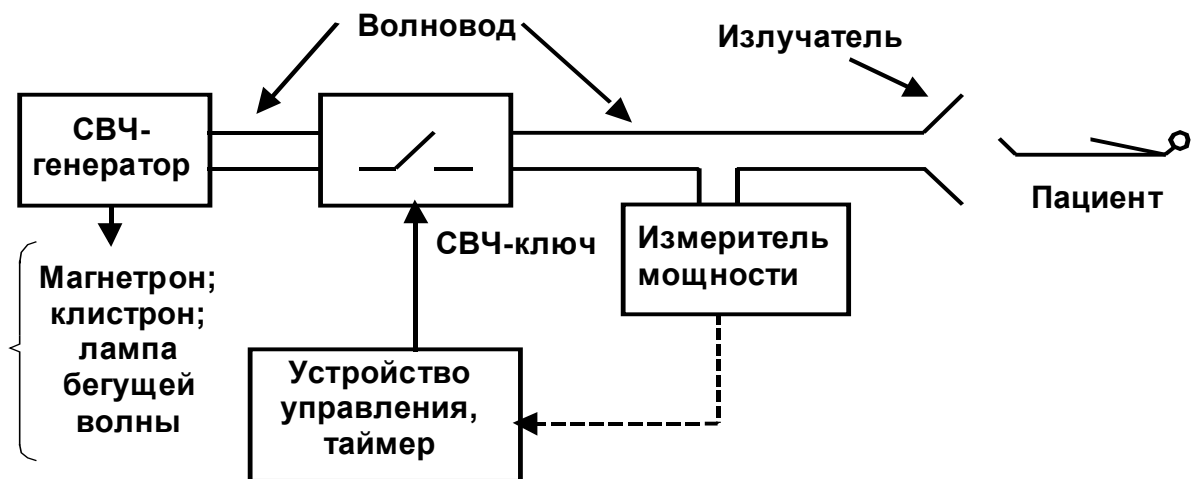


Рис. 2.45. Функциональная схема аппарата СВЧ-терапии

Большинство отечественных аппаратов используют частоту 2375 МГц (длина волны -12,6 см). Основное различие заключается в максимальной выходной мощности и наборах излучателей. Например, аппарат “Луч -2м(3)” имеет интервал выходных мощностей 2,5...20 Вт,

цилиндрический волновод, диаметры излучателей 1,5; 2,5 и 3,5 см; аппарат “Луч-58(11)” – мощность 15...150 Вт, цилиндрические излучатели с диаметрами 9, 11, 14 см и рупорный прямоугольный излучатель с выходным сечением 30х9х9 мм. Излучатели подключаются к разъему коаксиального питающего кабеля. Они закрыты пластинами из высокочастотной керамики, поэтому могут применяться контактно.

Дециметровая (ДЦВ) терапия – воздействие с лечебной целью электромагнитного излучения дециметрового диапазона - является разновидностью СВЧ-терапии. По сравнению с сантиметровой терапией обладает достаточной локальностью воздействия, но повышенной глубиной проникновения (до 9 см и более).

Для аппаратов ДЦВ-терапии выделены следующие частоты: 460 МГц (Украина), 433 МГц (Европа) и 915 МГц (США). Выходная мощность, как правило, не превышает 100 Вт. Так, например, аппараты ДЦВ-терапии серии “Волна” имеют максимальную мощность 20 Вт.

При использовании метода СВЧ-терапии необходимо также учитывать, что до 75% энергии излучения отражается и рассеивается на границах раздела излучатель-воздух-биосреда.

Показания к применению СВЧ-терапии: хронические воспалительные и дистрофические заболевания.

Противопоказания: заболевания крови, ишемическая болезнь сердца, беременность. Запрещено воздействие через влажную одежду, при наличии в биотканях металлических инородных тел.

Сравнительный характер тепловыделения при различных вариантах УВЧ- и СВЧ-терапии отражен на рис. 2.46.

2.3. Микроволновая резонансная терапия

Микроволновая резонансная (информационно-волновая) терапия – метод лечения, основанный на свойстве организма избирательно реагировать на воздействие электромагнитного поля крайне высокой частоты (КВЧ).

Физический механизм: резонансное поглощение энергии атомными и молекулярными компонентами биоструктур за счет квантовых явлений, а также за счет эффектов Зеемана и Штарка. Воздействие поля сверхнизкой интенсивности КВЧ-диапазона на точки аккупунктуры вызывает специфический информационный отклик на воздействие.

Разработан аппарат микроволновой резонансной терапии типа АМРТ-02. Диапазон частот воздействия - 52...60 ГГц (дискретность изменения 10 МГц), мощность излучения – до 100 мкВт (дискретность регулировки - 10 мкВт). Аппарат рекомендован для лечения широкого

спектра заболеваний, длительность процедуры - от единиц до десятков минут.

Противопоказаний к применению метода микроволновой резонансной терапии не выявлено.

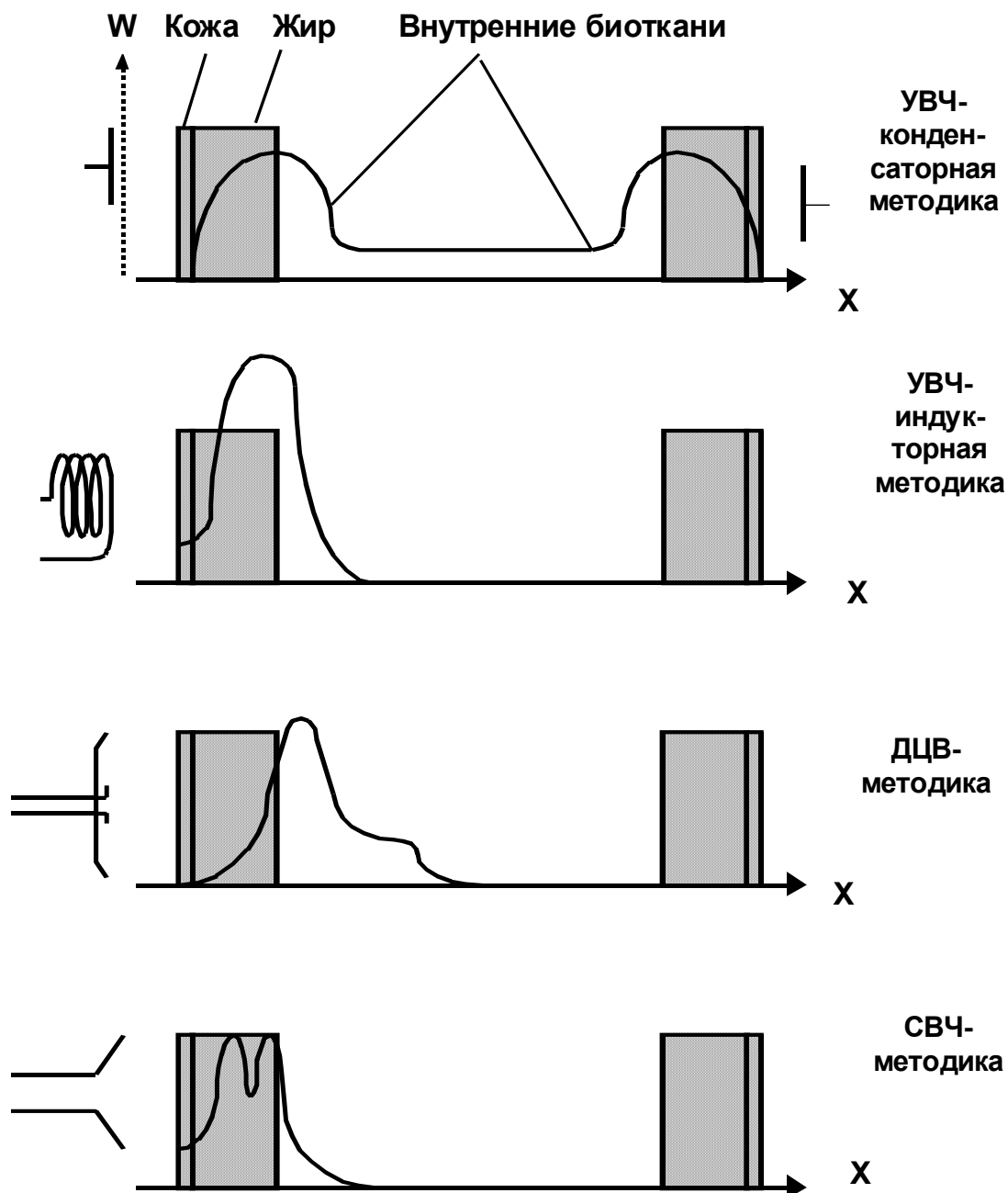


Рис. 2.46. Эпюры распределения тепла при различных формах воздействия электромагнитных полей

2.4. Аппараты для магнитотерапии

Магнитотерапия – совокупность методов лечения, действующим фактором которых являются постоянные, переменные и импульсные магнитные поля.

Магнитотерапия с использованием постоянных магнитов и магнитных аппликаторов. Основной физической механизм действия связан с силовой характеристикой магнитного поля, а именно с силой, действующей на подвижную ионную компоненту биосред.

Вследствие кругового движения зарядов в постоянном магнитном поле интенсифицируются обменные процессы (особенно посредством кровотока и лимфотока), разрушаются склеротические образования, сглаживаются последствия тромбозов. Следствием перечисленных процессов является нормализация работы многих функциональных систем организма.

Лекарственный магнитофорез – метод введения лекарственных препаратов без нарушения целостности биоструктур под действием внешнего магнитного поля (рис. 2.47). Обязательное требование к раствору лекарственной формы – диссоциация на ионы. За счет теплового движения ионов в магнитном поле возникает дополнительная силовая компонента, способствующая увеличению проницаемости кожного покрова или слизистых. В остальном лечебный механизм совпадает с электрофорезом.

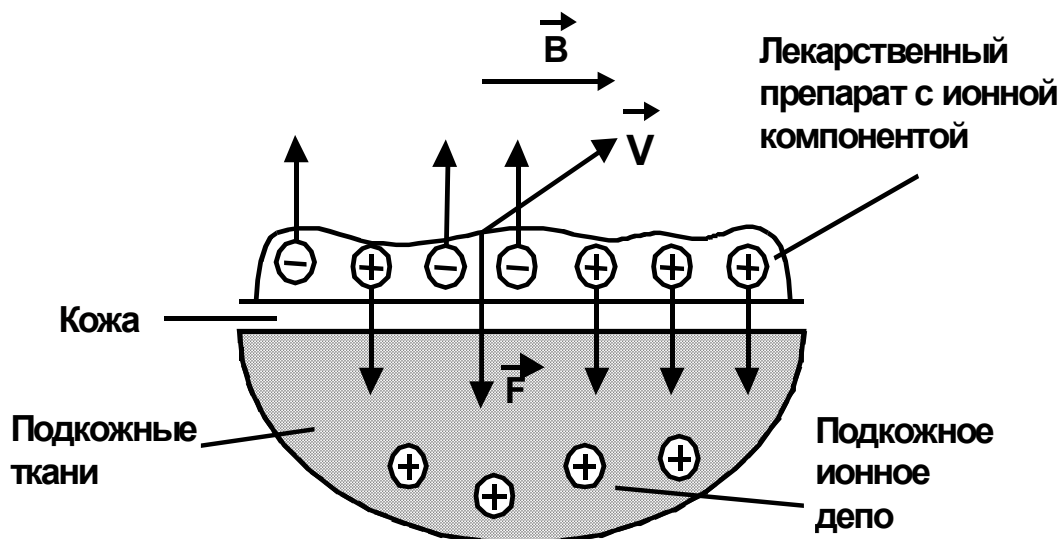


Рис. 2.47. Методика проведения магнитофореза

Для проведения магнитофореза используются постоянные магниты. Выпускаются специальные магнитные аппликаторы для крепления на теле пациента.

Преимущество магнитофореза перед электрофорезом заключается в его бесконтактности.

Низкочастотная магнитотерапия – применение с лечебной целью переменных и прерывистых магнитных полей низкой частоты. В аппаратной реализации наиболее часто используют магнитные поля частотой 50 и 100 Гц и индукцией до 50 мТл (например модели серии “Полюс-1(3)”, рис. 2.48). Магнитные поля с такими параметрами относятся к слабодействующим физическим факторам. Выделяющееся тепло при низкочастотной магнитотерапии во много раз меньше по сравнению с энергетическими характеристиками обменных процессов, поэтому основной лечебный эффект относят к рефлекторному механизму. Клинический успех метода вызван лечением нарушений кровообращения, ишемической болезни сердца, язвенной болезни.

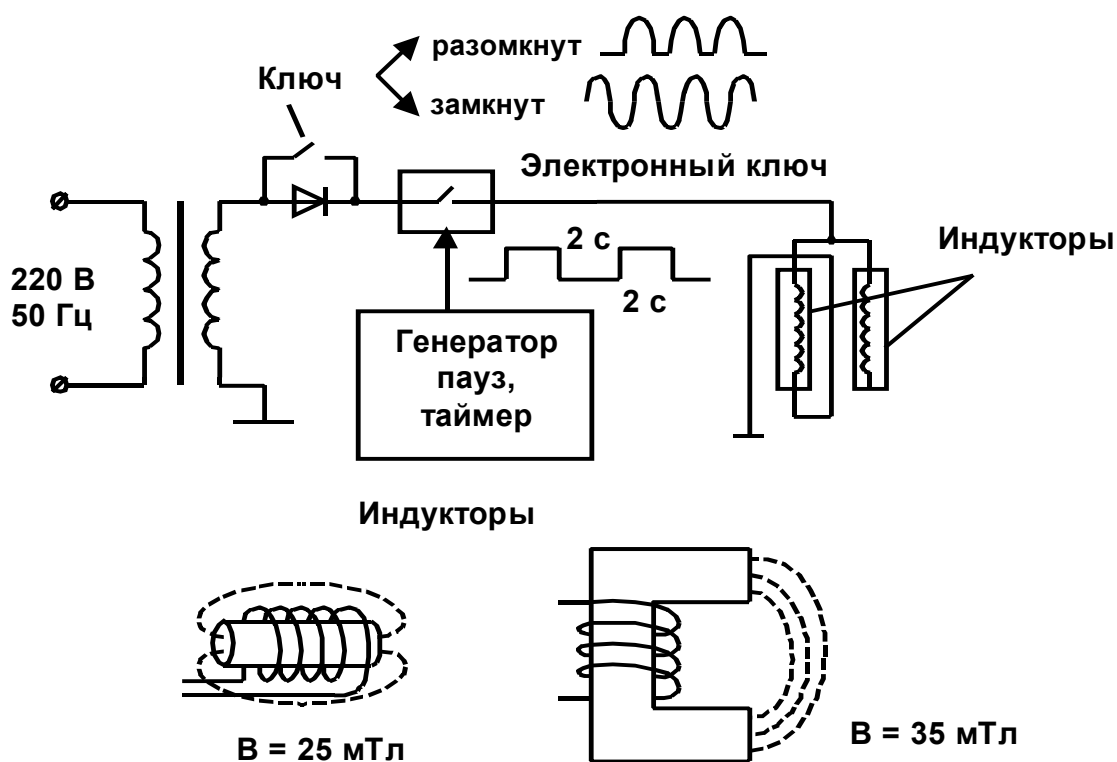


Рис. 2.48. Функциональная схема магнитотерапевтического аппарата “Полюс-1”

Для лечения некоторых видов заболеваний (хроническая венозная недостаточность, тромбоз, трофическая язва) оказалось более эффективным применение импульсных магнитных полей частотой 700...1000 Гц. С этой целью разработан аппарат “Полюс-101” (рис. 2.49). Он осуществляет воздействие с частотами, кратными до-

лям 700 и 1000 Гц. Магнитное поле индукцией 1,5...2,5 мТл создают цилиндрические индукторы.

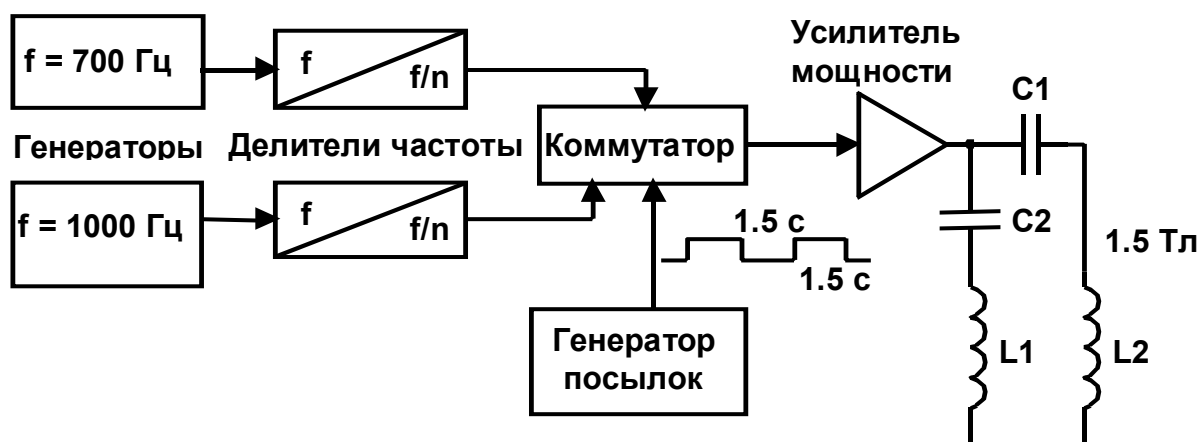


Рис. 2.49. Функциональная схема аппарата “Полюс-101”

Применение низкочастотной терапии не рекомендуется при повышенной температуре тела пациента.

3. АЭРОИОНОТЕРАПИЯ

Аэроионотерапия – метод физиотерапии, воздействующим фактором которого преимущественно являются униполярно заряженные аэроионы.

Стремление человека сформировать для себя радиобиосферу приводит к существенному изменению некоторых экологических параметров. Как следует из табл. 3.1, имеются существенные различия в концентрации аэроионов в жилых помещениях и в природных условиях.

Таблица 3.1

Место измерения	Концентрация аэроионов
Комната	25 1/см ³
Улица	500...700 1/ см ³
Природные условия (море, река, лес)	1500...20000 1/ см ³

Различают естественную (горный и лесной воздух) и искусственную (с применением специальных генераторов аэроионов) аэроионотерапии.

Считают, что стимулирующим действием обладают отрицательные ионы кислорода, которые в процессе дыхания интенсифицируют обменные процессы в организме. Положительные аэроионы, преимущественно CO_2 , создают тормозящий эффект, замедляющий обменные процессы. Практическое применение в медицине нашло использование отрицательных аэроионов.

Основным процессом, приводящим к образованию аэроионов, является ионизация газов, входящих в состав атмосферы (рис. 3.1). Для искусственной ионизации воздуха может быть использован тот или иной физический процесс.

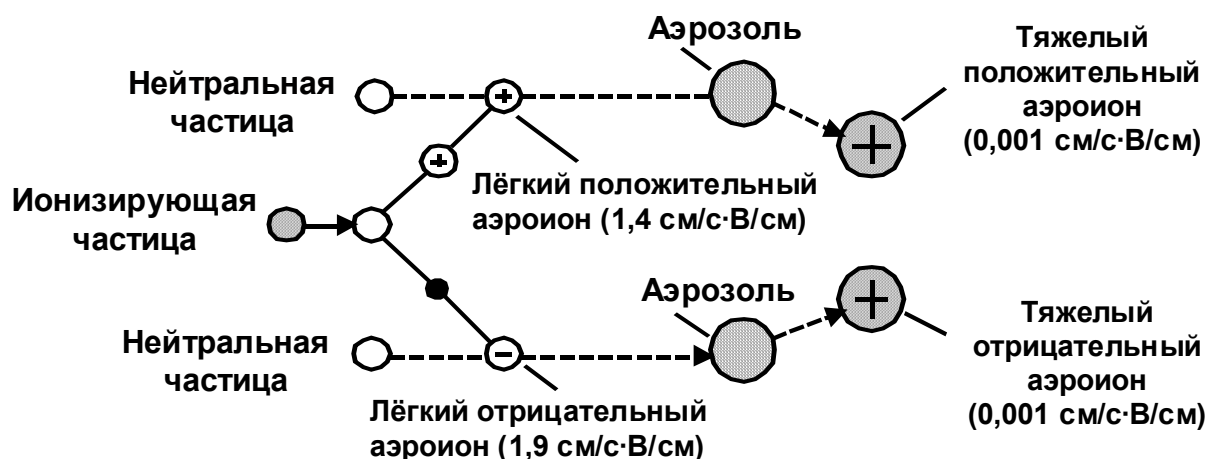


Рис. 3.1. Схема образования аэроионов

Основным элементом аппаратуры для аэроионотерапии является ионизатор воздуха или генератор аэроионов.

3.1. Генераторы аэроионов

Генераторы аэроионов – это приборы и устройства для получения лечебных концентраций аэроионов заданной полярности.

Электроэффлювиальные (коронные) ионизаторы воздуха. Уточним, что эффлювий – это коронный разряд у острия электрода. При отрицательной полярности электрода из каждой пары ионов, образующихся в сильно неоднородном электрическом поле, положительные ионы устремляются к электроду, а отрицательные с большой скоростью разлетаются в противоположном направлении, как показано на рис. 3.2. Образующиеся у остриев электродов электроны и отрицательные ионы имеют достаточную скорость для ионизации молекул

кул воздуха при столкновении. На некотором расстоянии от активного электрода биполярная ионизация переходит в униполярную.

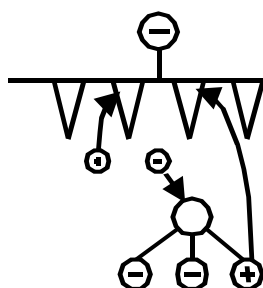


Рис. 3.2. Принцип образования ионов в коронном разряде

Первые ионизационные установки для терапии представляли собой разрядник (например, “люстра Чижевского” - металлическая сетка шарообразной формы с напаянными иглами на выпуклой стороне), соединенный с соответствующим полюсом источника высокого напряжения 70...100 кВ. Второй полюс источника питания заземлялся. Элементы современной установки такого типа показаны на рис. 3.3.

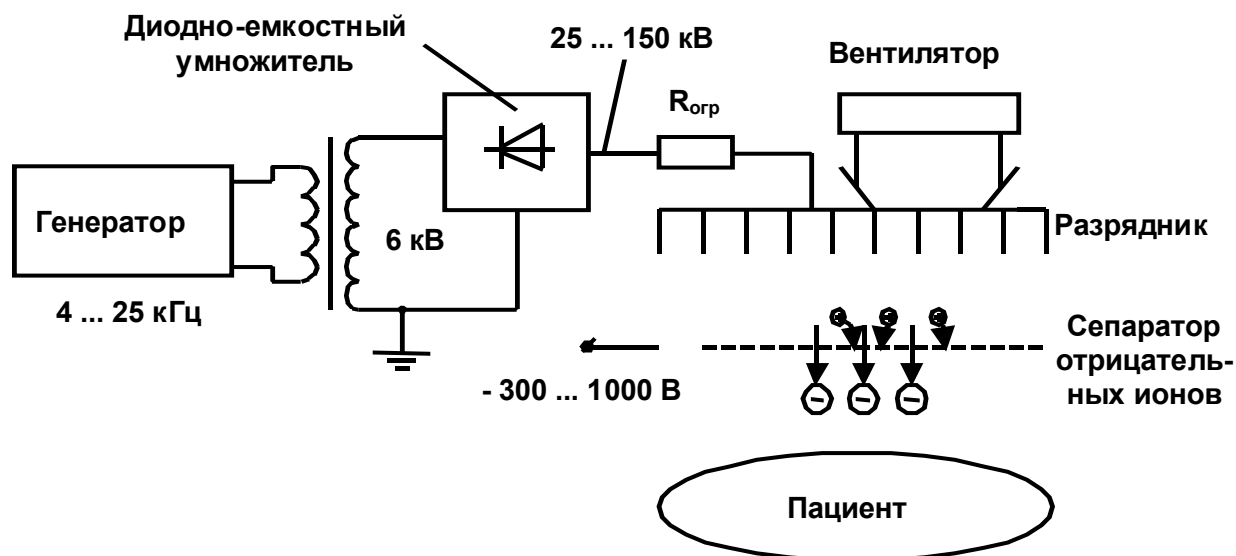


Рис. 3.3. Функциональная схема эффлювиального генератора аэроионов

Несмотря на возможность получения больших концентраций легких аэроионов ($10^6 \dots 10^7$ ион/см³), генераторы на основе коронного разряда имеют ряд недостатков:

- образование физиологически активных газов (озона, окислов азота); уменьшить действие этого фактора можно снижением напряжения на активном электроде;

- недостаточная униполярность ионов; частично решить эту проблему можно путем электрической сепарации отрицательной компоненты.

В конструкциях ионизаторов для индивидуальной аэроионотерапии практически устранены перечисленные недостатки.

Показания к применению: заболевания верхних дыхательных путей, нарушение метаболизма, сердечно-сосудистые заболевания.

Противопоказания: острые воспалительные процессы, онкологические заболевания.

Термоэлектронные ионизаторы воздуха – это генераторы аэроионов, основанные на использовании термоэлектронной эмиссии раскаленных металлов. В современных термоионизаторах для получения термоэлектронной эмиссии используют платиновые или нихромовые нити накала. На рис. 3.4 приведена схема простейшего термоионизатора с электростатической сепарацией ионов отрицательной полярности.

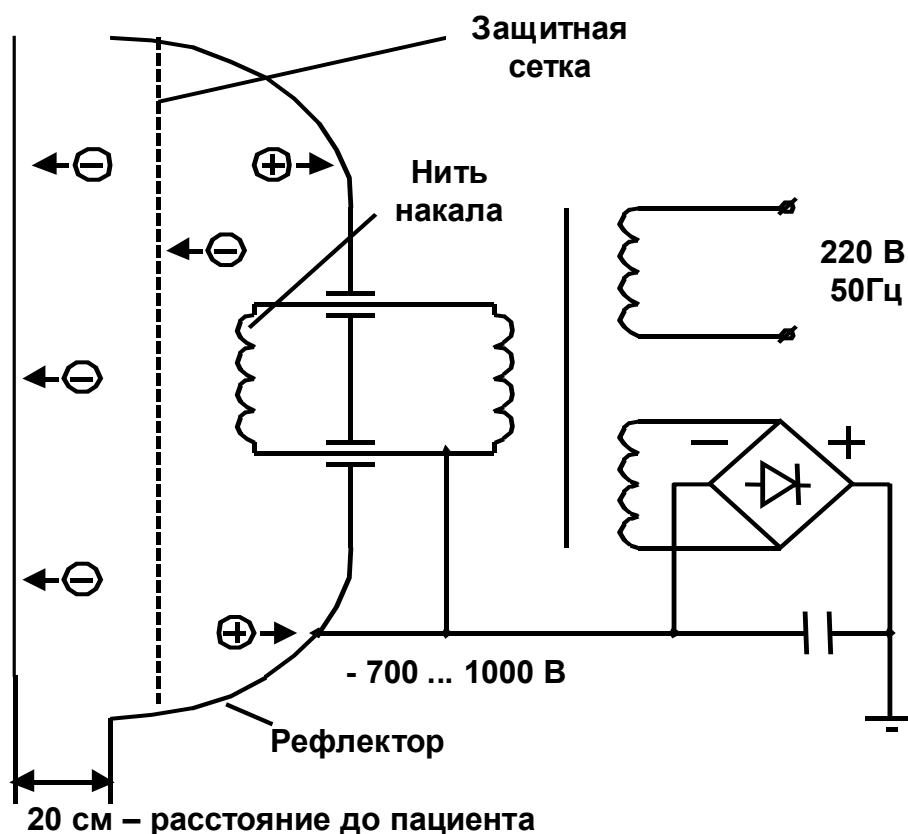


Рис. 3.4. Схема термоионизатора

Отличительной особенностью генераторов данного типа является практически полная униполярность аэроионов.

Применение термоионизаторов наиболее эффективно в случаях, когда необходимо сочетать аэроионотерапию с тепловым действием.

Ультрафиолетовые генераторы аэроионов основаны на ионизирующем действии излучения ультрафиолетового (УФ) диапазона. В конструкциях ионизаторов данного типа (как показано на рис. 3.5) используется УФ-излучение ртутно-кварцевой лампы, а формирование направленного униполярного потока аэроионов осуществляется с помощью нагнетателя и электростатических отражателя и сепаратора.

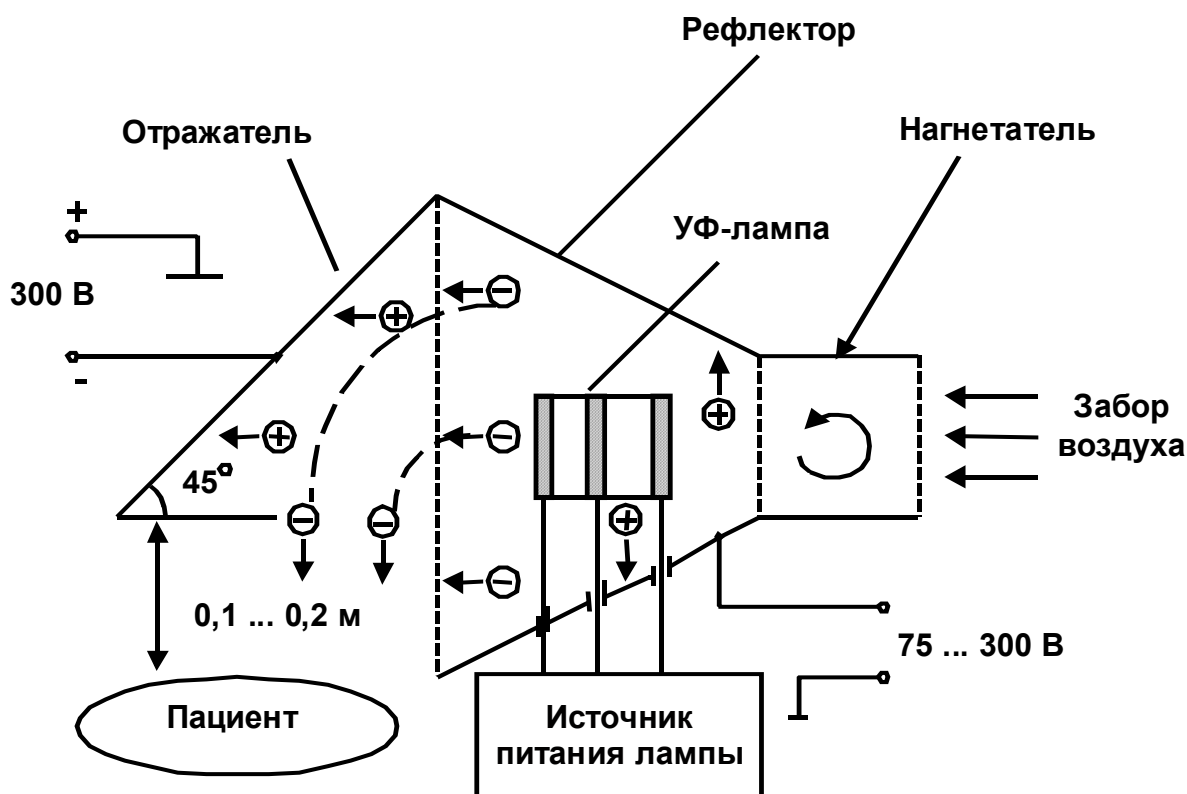


Рис. 3.5. Конструкция ультрафиолетового ионизатора

Широкого признания для аэроионотерапии данные генераторы не получили в связи с большим количеством попутно образующихся биологически вредных активных газов.

Такая аппаратура находит более широкое применение для бактерицидной обработки больничных палат (во время отсутствия пациентов) и медицинского вспомогательного снаряжения.

Радиоактивные генераторы аэроионов – это ионизаторы, использующие ионизирующее излучение радиоактивных веществ.

Гамма- и бета-компоненты ввиду их большой проникающей способности не оптимальны. Для искусственной аэрионизации наиболее приемлемо альфа-излучение с энергией частиц 4...9 МэВ и длиной

пробега в воздухе $d = 2,5 \dots 9$ см (соответствующей максимуму вероятности ионизации W , рис. 3.6).

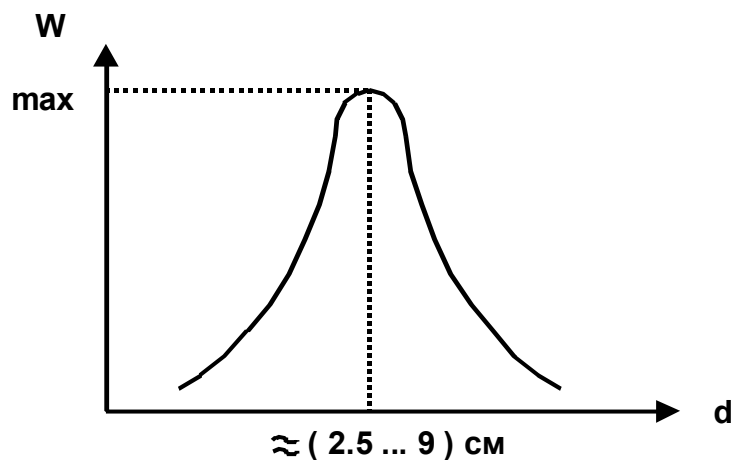


Рис. 3.6. Зависимость вероятности ионизации от длины пробега

Любая радиация вызывает симметричную биполярную ионизацию, поэтому для сепарации отрицательных ионов применяют электростатическое поле.

Большого распространения данного вида генераторы в медицинской практике не получили.

3.2. Аэрозольтерапия

Аэрозольтерапия - вдыхание с лечебной целью лекарственных и биологически активных веществ, распыленных в воздухе в виде аэрозоля.

Аэрозоли - дисперсные системы, в которых дисперсной фазой являются микроскопические частицы твердого или жидкого вещества, а дисперсной средой - газ или смесь газов. Площадь поверхности вещества при распылении существенно увеличивается. Если, например, 1 мл жидкости превратить в аэрозоль с размером частиц 2 мкм, их количество составит 240×10^6 , а площадь поверхности - $30 \times 10^3 \text{ см}^2$.

Увеличение общей поверхности частиц при уменьшении их размеров способствует повышению химической и биологической активности этих частиц, особенно в процессе дыхания. Этот механизм и лежит в основе аэрозольтерапии.

Электроаэрозольтерапия - лечебное применение аэрозолей, частицы которых имеют заряд.

В аппаратах для гидроаэрозольтерапии используют баллоэлектрический эффект, сущность которого состоит в том, что при разбрызгивании жидкости происходит разрыв дипольных молекул капель воды

и в воздухе наряду с аэроионами возникают гидроионы (гидроксил, гидроксоний). По лечебному эффекту гидроаэрозольтерапия не отличается от аэроионотерапии.

Аппараты для гидроаэрозольтерапии :

1. Механические аппараты, использующие принцип центробежного распыления. Основой аппарата является круговое дисковое вращающееся сопло (рис. 3.7). По щелевым зазорам как по капиллярам жидкость поднимается из приемного сосуда и посредством инерционных сил распыляется в окружающее пространство.

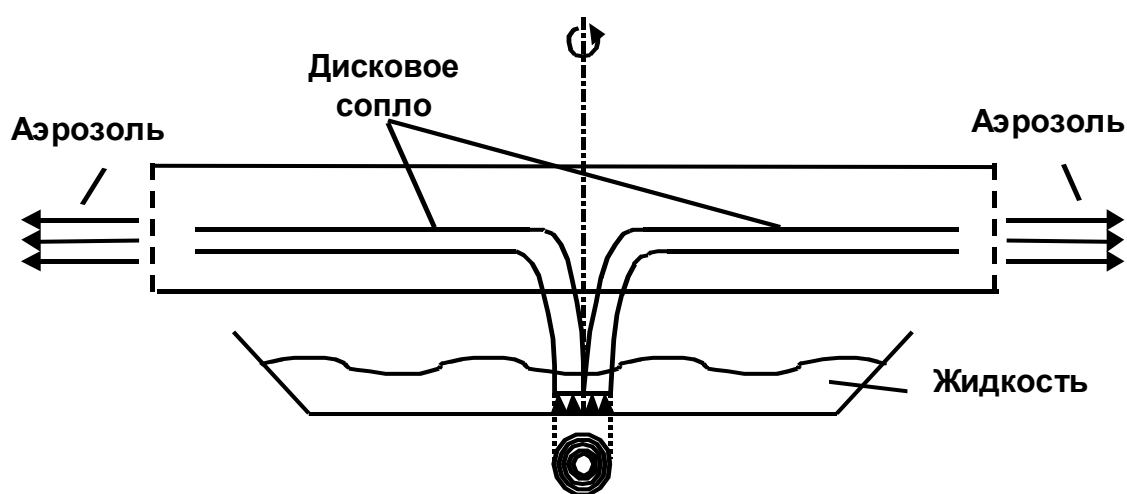


Рис. 3.7. Схематическое устройство центробежного аэрозольгенератора

Применяются аппараты данного типа для коллективных сеансов гидроаэрозольтерапии. Основным их недостатком можно считать одновременное действие положительных и отрицательных гидроаэроионов.

2. Пневматические генераторы гидроаэроионов:

а) распылитель прямого действия (рис. 3.8), применяемый для индивидуальных процедур; его недостаток - присутствие биполярных гидроаэроионов;

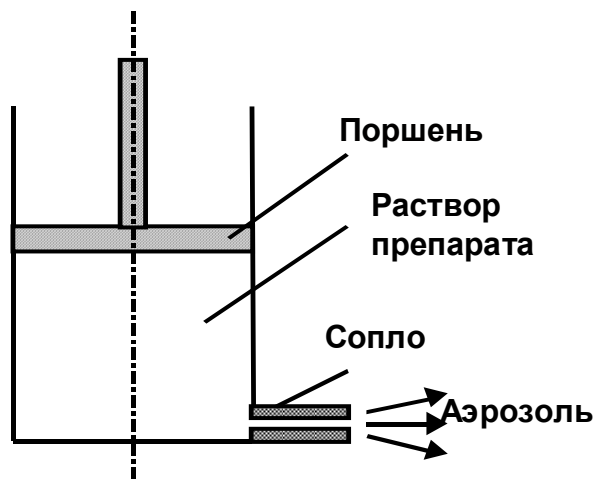


Рис. 3.8. Поршневой распылитель

б) простейший пневмогенератор гидроаэроионов (рис. 3.9), позволяющий регулировать интенсивность воздействия во время процедуры;

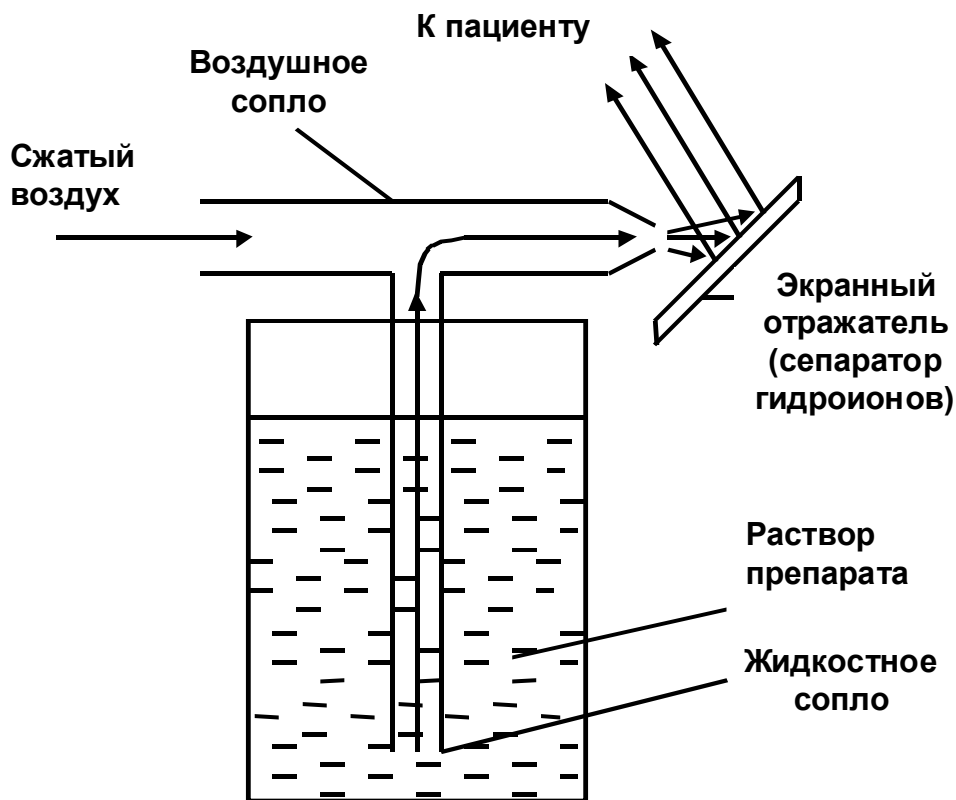


Рис. 3.9. Пневмоаэрозольгенератор

в) электрогидроаэрозольный пневмогенератор (рис.3.10), в котором использована электростатическая сепарация гидроионов, что по-

зволяет воздействовать на пациента преимущественно униполярной компонентой.

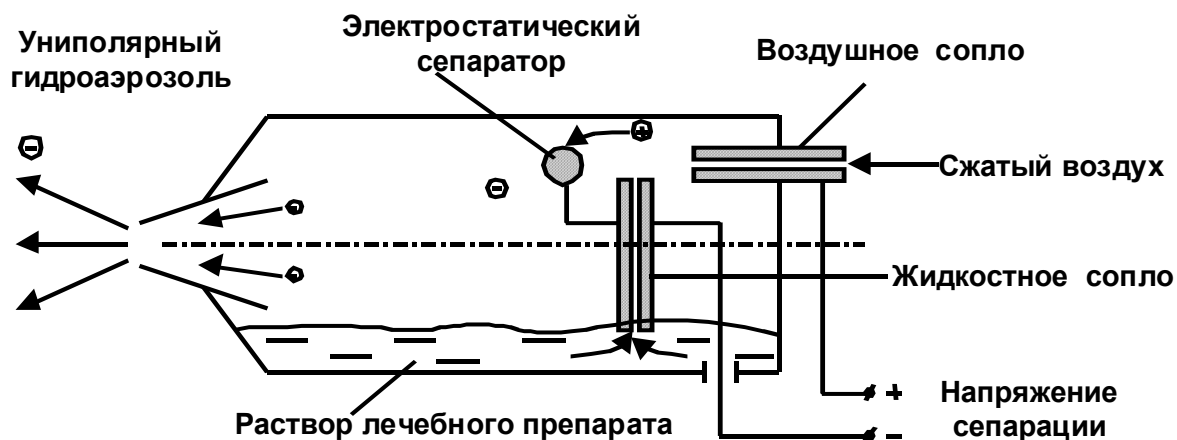


Рис. 3.10. Пневмоаэрозольгенератор с электростатической сепарацией

3. Ультразвуковые генераторы аэрозолей (рис. 3.11). Принцип работы: энергия ультразвуковых колебаний фокусируется на поверхности распыляемой жидкости, в результате чего часть жидкости переходит в аэрозольное состояние и концентрируется в распылительной камере. Пациент через дыхательный раструб вдыхает аэрозоль. Аппарат используется для индивидуальных сеансов терапии.

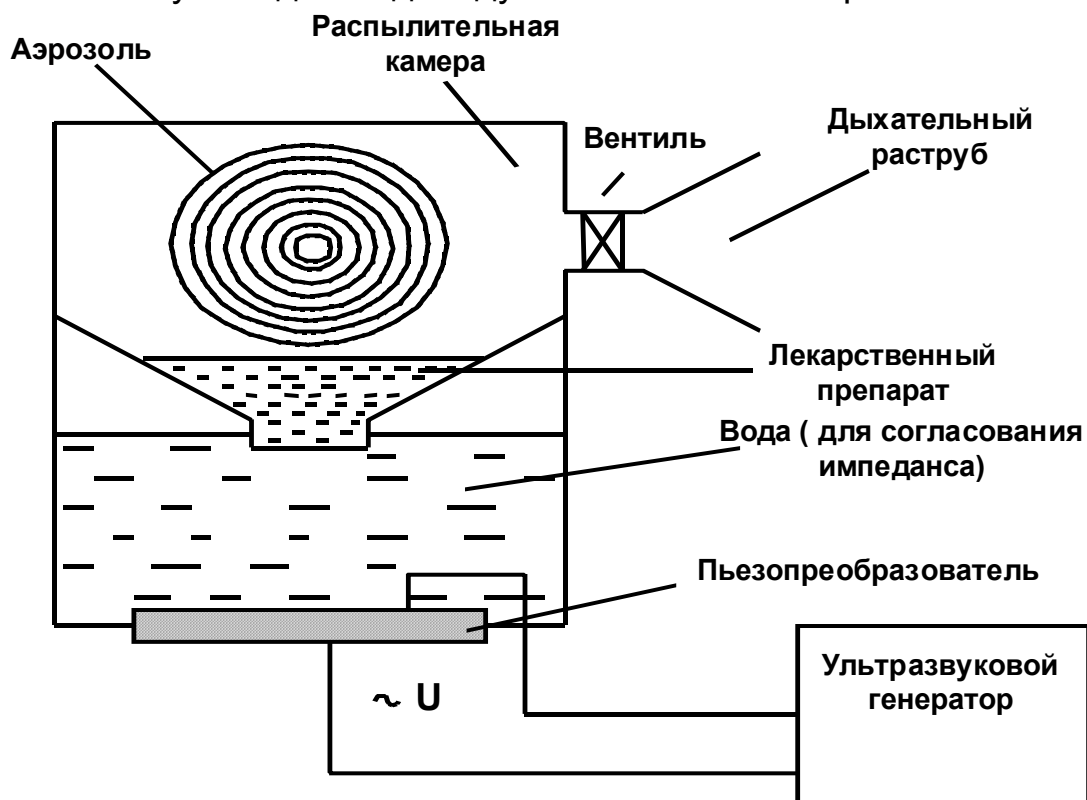


Рис. 3.11. Ультразвуковой генератор аэрозолей

4. СВЕТОЛЕЧЕНИЕ

Светолечение (фототерапия) – это применение с лечебной целью лучистой энергии излучений инфракрасного (ИК), видимого и ультрафиолетового (УФ) диапазонов оптического спектра.

Гелиотерапия – естественный вариант светолечения, использующий излучение Солнца.

4.1. Применение инфракрасного излучения в физиотерапии

Основное действие инфракрасного излучения на человека обусловлено его тепловым эффектом.

Повышение температуры биоткани в результате поглощения ИК-излучения вызывает реакции местного характера (гиперемию, увеличение проницаемости сосудов) и реакции общего характера (интенсификацию обменных процессов, терморегуляцию).

Реакция организма на действие ИК-излучения зависит от мощности источника излучения, времени экспозиции, величины облучаемой поверхности, локализации облучения (в том числе облучения рефлексогенных зон).

Аппаратная реализация ИК-терапии:

1. ИК-излучатель (рис. 4.1), в котором источником излучения является нить из нихрома, намотанная на керамическое основание. Чаще всего этот излучатель помещают в фокус параболического рефлектора.

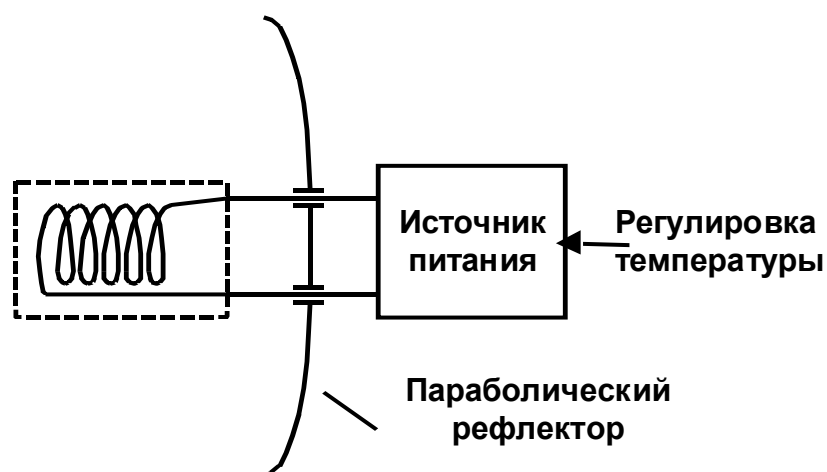


Рис. 4.1. Инфракрасный излучатель

Недостатки устройства: спираль открыта, выжигается кислород окружающего воздуха.

2. Лампа соллюкс (переносная или стационарная) – излучатель, в котором 88...90% энергии излучения приходится на ИК-диапазон. По своей конструкции она является вакуумной лампой накаливания (рис. 4.2).

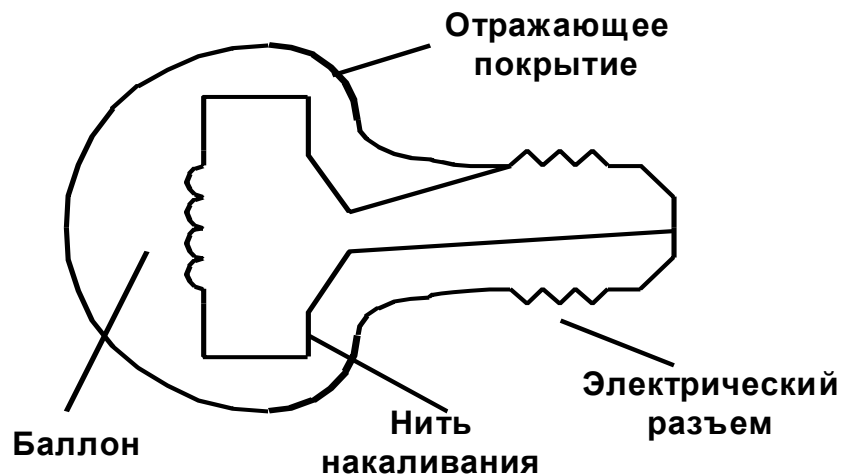


Рис. 4.2. Лампа соллюкс

3. Лампа Минина – излучатель использующий обычную электрическую лампу накаливания мощностью 40...80 Вт, вмонтированную в параболический рефлектор.

4. Электросветовая ванна (рис. 4.3) – закрытый каркас, на внутренней поверхности которого размещают 8-16 обычных ламп накаливания мощностью до 100 Вт. В этом случае на пациента действует несколько факторов: видимое излучение; ИК-излучение; воздух, нагретый до 70 °С. Средняя продолжительность процедуры - 20-30 мин.

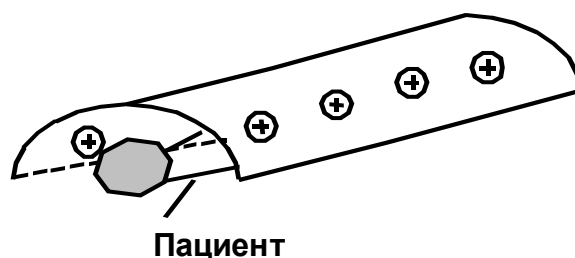


Рис. 4.3. Устройство электросветовой ванны

Показания к применению ИК-терапии: хронические воспалительные заболевания носоглотки, верхних дыхательных путей, кожи и подкожной клетчатки, внутренних органов, суставов, позвоночника, мышц.

Противопоказания: острые и гнойные воспалительные процессы, онкологические заболевания, сердечно-сосудистая недостаточность.

4.2. Аппараты для ультрафиолетовой терапии

Для целей физиотерапии используют ультрафиолетовое излучение (УФИ) в интервале длин волн 180...400 нм.

Механизм и степень лечебного действия УФИ существенно зависит от длины волны, интенсивности, экспозиции, локализации области облучения и реактивности (восприимчивости) организма.

УФИ поглощается эпидермисом неповрежденной кожи (средняя глубина проникновения - до 1 мм).

Выделяют следующие диапазоны излучения:

- А-диапазон - 400-320 нм - длинноволновое УФИ (ДУФ).
- В-диапазон - 300-275 нм - средневолновое УФИ.
- С-диапазон - 275-180 нм - коротковолновое УФИ (КУФ).

В качестве источников УФИ используют электрические разряды в газах (как правило, инертных – ксенон, криптон, аргон) и парах металлов (ртути). Такое излучение имеет характеристический линейчатый спектр в УФ-диапазоне.

Спектр излучения газоразрядных ламп зависит не только от состава газонаполнения, но и от его давления, состава люминофора и свойств стекла колбы.

По применению лампы УФИ подразделяются на лечебные (терапевтические); для дезинфекции воздуха помещений; для диагностических целей.

Аппараты для УФИ-терапии состоят из источника излучения, отражателя, обеспечивающего пространственное распределение излучения, блоков питания и коммутации. Иногда конструкция содержит дополнительные светофильтры, люминофоры.

Ультрафиолетовые облучатели широкого спектра действия используют ртутные трубчатые лампы высокого давления типа ДРТ мощностью 400-1000 Вт. К таким устройствам относятся облучатели типа УГД-2(3,4,5) с радиусом эффективного действия 2...3 м.

В облучателе ЭГД-5 источниками УФ-излучения являются девять эритемных ламп типа ЛЭ-30 мощностью по 30 Вт и две лампы накаливания мощностью по 300 Вт, расширяющие спектр излучения в длинноволновую область.

Особенностью эритемных ламп является использование специального люминофора, при котором отсутствует излучение короче 280 нм, что приближает спектр их излучения к спектру Солнца у поверхности Земли.

ДУФ-облучатели используют в качестве элементов излучения лампы типа ЛУФ 80-2 с алюминиевыми отражателями и максимумом спектра излучения в интервале 315...400 нм. Применяются для индивидуальной ДУФ-терапии.

КУФ-облучатели используют специальные (в том числе и безэлектродные ртутные лампы типа ВРМ-2), работающие в режиме низкого давления. Локализация облучения обеспечивается с помощью тубусов.

Бактерицидные облучатели. Для них применяют ртутные лампы низкого давления типа БУВ или ДБ. Максимумы мощности излучения приходятся на длину волны 254 нм.

Показания к применению УФ-терапии: заболевания периферической нервной системы, дезинфекция и лечение открытых ран, лечение органов дыхания, профилактика солнечной недостаточности, гриппа и других инфекционных заболеваний.

Противопоказания: онкологические заболевания, туберкулез, гипертония, заболевания крови.

4.3. Устройства лазерной терапии

Лазерная терапия – это светолечение с использованием квантовых генераторов оптического излучения (лазеров). Отличительными особенностями этих источников излучения являются высокая плотность излучения (достигаются значения $10^4 \dots 10^{13}$ Вт/см²), когерентность, монохроматичность, малая расходимость.

Механизм действия лазерного излучения на биологические ткани при мощностях источников от 5 Вт и выше в основном связывают с энергетическим или тепловым эффектом. Нетепловое, информационное, осцилляторное действия отмечены для мощностей излучения менее 1мВт.

Обобщенная структура лазерной установки показана на рис. 4.4.

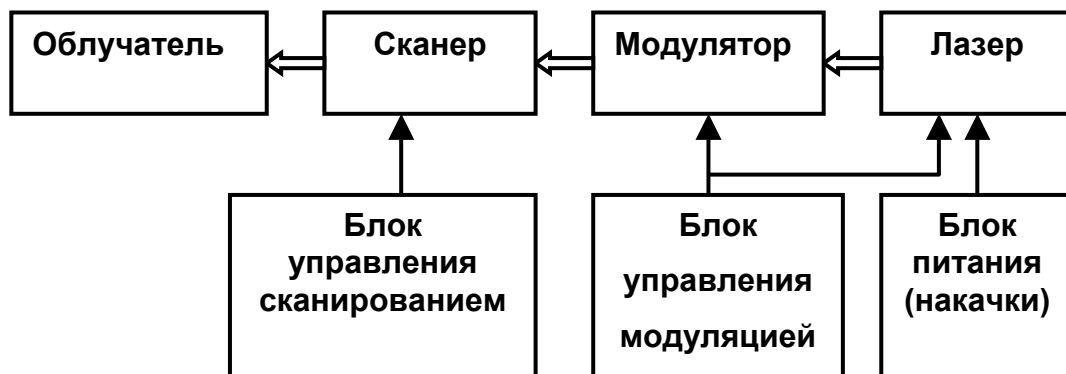


Рис. 4.4. Функциональная схема лазерной терапевтической установки

В медицинской практике используют следующие схемы облучения: прямого действия; через световоды; световодные катетеры; световодные эндоскопы, а также струи воды. В качестве источников излучения применяют газовые (атомарные, молекулярные, ионные), полупроводниковые и реже – твердотельные лазеры.

В хирургии лазерное излучение используют для рассечения тканей. Разработаны установки “Скальпель”, “Пульсар”. Достоинство лазерной хирургии заключается в абсолютной стерильности “скальпеля”, бактерицидном эффекте и коагуляции. Последнее свойство лазерного скальпеля дает возможность хирургического лечения больных гемофилией, заболеваниями кишечного-желудочного тракта.

В онкологии лазерное излучение применяется для лечения доброкачественных и злокачественных опухолей, предопухолевых состояний. Облучение опухоли в целях ее дальнейшей некротизации производится малыми мощностями (при этом минимально повреждаются близлежащие ткани). Иссечение опухоли осуществляют большими дозами ($300...500 \text{ Вт/см}^2$), при этом происходит тотальная гибель опухоли.

В офтальмологии использование лазерного излучения связано с удалением катаракт, прижиганием на глазном дне отслоившейся сетчатки. Разработаны методики лазерного лечения сосудистых заболеваний глаз, очаговых воспалительных процессов, глауком. Серийно выпущена установка “Ятаган” на основе рубинового лазера с пассивной модуляцией добротности.

В стоматологии лазерные технологии применяются для профилактики кариеса, экстренного вскрытия полости зуба при пульпитах, хирургического вмешательства при челюстной хирургии.

В рефлексотерапии для получения стимулирующего и противовоспалительного эффекта лазерная терапия предусматривает воздействие микромощными дозами излучения. К устройствам такого рода относятся: аппарат “Пульсар” (мощность - $25...500 \text{ мВт}$, длины волн - $0,81...0,89 \text{ мкм}$), аппарат лазерный универсальный “Лица-03” (мощность - $0...20 \text{ мВт}$, длины волн - $0,81...0,89 \text{ мкм}$), а также аналогичные лазерные аппараты - Спектр-02, АЛОУ-2, АКЛР-01М, АФДЛ и др.

5. ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

Лучевая терапия – это воздействие на организм с лечебной целью ионизирующих излучений. Предназначена для лечения злокаче-

ственных образований путем угнетения репродуктивной способности и разрушения структуры опухолей.

Физический механизм лучевой терапии состоит в изменениях в клетках вследствие ионизации и повреждения молекул жизненно важных веществ под действием ионизирующих излучений. Биологическое действие зависит от величины поглощенной дозы.

Практика медицинского применения лучевой терапии базируется на понятии радиотерапевтического интервала, т.е. различия в исходной радиочувствительности опухолей и окружающих нормальных тканей.

При большом радиотерапевтическом интервале патологический очаг обладает высокой радиочувствительностью, и при облучении действие ионизирующего излучения не сопровождается существенным изменением окружающих тканей.

При малом радиотерапевтическом интервале для повреждения очага нужны большие дозы облучения, вызывающие поражение здоровых тканей.

В лучевой терапии применяют различные методы облучения: близко- и дальнедистанционные, поверхностные, внутрисполостные, интратканевые. Каждый из способов облучения имеет много вариантов с различными сочетаниями геометрических, механических и физических условий при взаимном расположении источника излучения и пациента.

По длительности воздействия различают следующие методы: одномоментного, дробного, непрерывного облучений.

Одномоментный (однократный) метод применяется редко. Наиболее распространен дробный метод, при котором однократно поглощенная доза составляет от 250 до нескольких тысяч рад. Цикл облучения составляет 5 раз.

Непрерывный метод используется при интратканевом введении источника излучения, который воздействует на очаг и окружающие ткани длительное время.

По виду используемого излучения различают фотонную и корпускулярную лучевые терапии.

Фотонная (квантовая) лучевая терапия использует рентгеновское и гамма-излучения.

Корпускулярная лучевая терапия использует воздействие потоков электронов, протонов, позитронов, нейтронов, альфа-частиц и других элементарных частиц.

5.1. Рентгенотерапевтические аппараты

Рентгенотерапевтические аппараты предназначены для лечения заболеваний тормозным рентгеновским излучением. По назначению они подразделяются на аппараты для поверхностной терапии (анодное напряжение на рентгеновской трубке $U_a = 10 \dots 60$ кВ), внутритканевой терапии ($U_a = 60 \dots 100$ кВ), глубокой терапии ($U_a = 100 \dots 300$ кВ).

По способу движения облучателя различают установки для статического и подвижного облучений. Устройство рентгенотерапевтических аппаратов (рис. 5.1) аналогично устройству диагностических, но без приемников излучения.

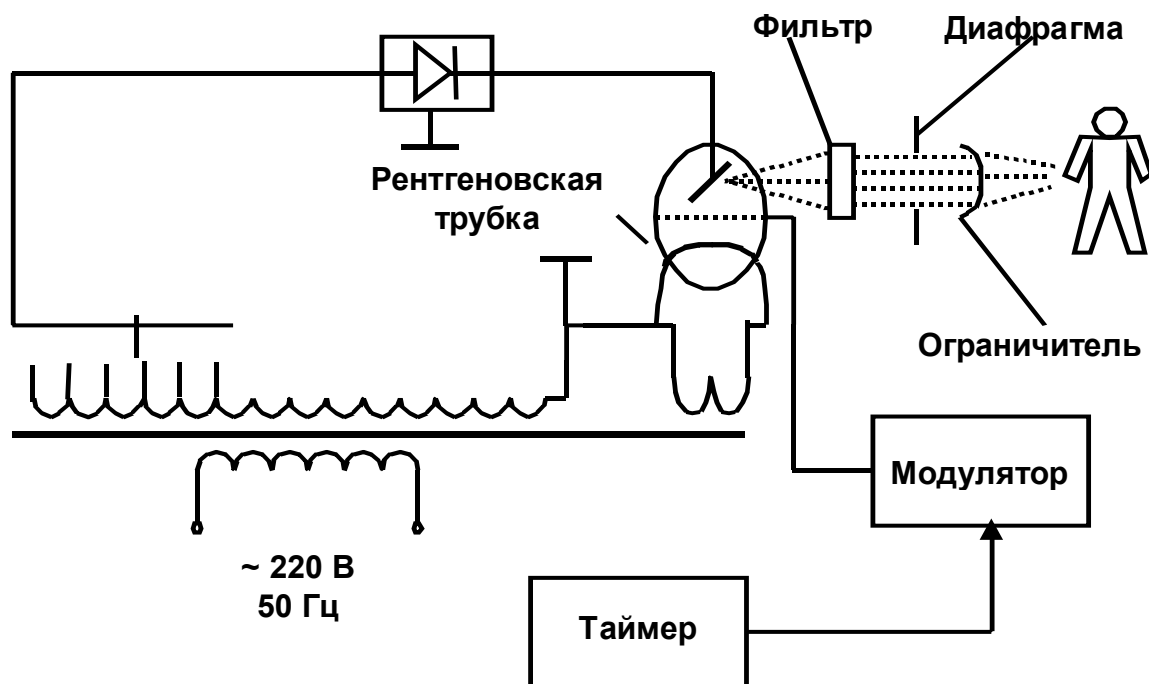


Рис. 5.1. Структурная схема рентгенотерапевтического аппарата

5.2. Гамма-аппараты

Гамма-аппараты – стационарные установки для лучевой терапии, основным элементом которых является радиационная головка с источником гамма-излучения. Радиационная головка (рис. 5.2) изготавливается из тяжелого металла (свинец, вольфрам), эффективно ослабляющего гамма-излучение. Для перекрытия пучка излучения в конструкции предусмотрен затвор или транспортер, перемещающий источник излучения из положения активного действия в положение хранения. Радиационная головка размещается на специальном штативе, позволяющем концентрировать излучение на области патологии.

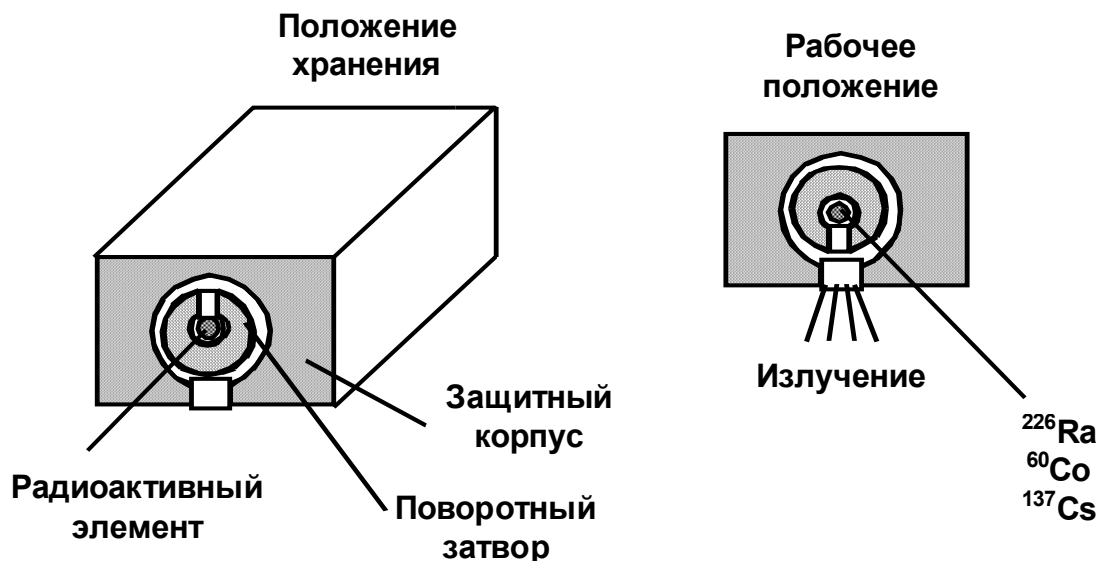


Рис. 5.2. Устройство радиационной головки

Для лечения опухолей на глубине более 10 см применяют дальнедистанционные аппараты с радиационной активностью от 800 до нескольких тысяч кюри (установки РОКУС-М, АГАТ-Р, АГАТ-С). Экспозиционная доза облучения при этом составляет 60...90 Р/мин с расстояния до пациента 1 м.

Близкодистанционные гамма-аппараты (установки РИТС) рассчитаны на глубину воздействия 2...5 см. Активность источника излучения – до 200 Ки, облучение проводят с расстояния 5...15 см.

Для внутрисполостной гамма-терапии используют установку АГАТ-В, содержащую семь источников излучения с активностью 1...5 Ки. Источники излучения имеют размеры, позволяющие помещать их во вводимые в полость эндостаты.

5.3. Средства корпускулярной терапии

Альфа-терапия. К числу особенностей альфа-терапии относят малую проникающую способность, большую линейную плотность ионизации (много больше, чем при гамма- или бета-излучениях), образование в тканях свободного кислорода и некоторых других сильных окислителей. Поэтому данный вид лучевой терапии используют в поверхностных аппликационных методиках, водных и воздушных процедурах, во внутритканевых препаратах.

Бета-терапия. Вид лучевой терапии, использующий электронную компоненту радиоактивного распада. Особенностью является большая, чем для альфа-частиц, глубина проникновения в биоткани (1 мм - 1 см), а также возможность эффективного управления сканированием.

Нейтронная терапия. Вид лучевой терапии с использованием потоков нейтронов с энергией 7,15 МэВ. Особенностью воздействия является большая глубина проникновения нейтронов, возможность последующей ядерной реакции с радиоактивным веществом, предварительно введенным в опухоль.

В медицине нашли также применение методики облучения потоками протонов, мезонов и других элементарных частиц.

6. СРЕДСТВА АКУСТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

К акустической терапии относят все виды лечебного массажа, а также вибро-, баро- и ультразвуковую терапии.

6.1. Аппаратура для массажа и вибротерапии

Вибротерапия – это воздействие механическими колебаниями низкой частоты и амплитуды на различные части тела пациента.

Физический механизм вибротерапии состоит в создании механических периодических деформаций биосред.

Биологический механизм: изменение концентраций, интенсификация биохимических процессов, раздражительное действие на рецепторный механизм.

Аппараты для контактного вибромассажа подразделяют на аппараты для общей вибротерапии (вибростул, виброкровать, виброплатформа – рис. 6.1) и аппараты местного вибрационного воздействия (рис. 6.2 и 6.3).

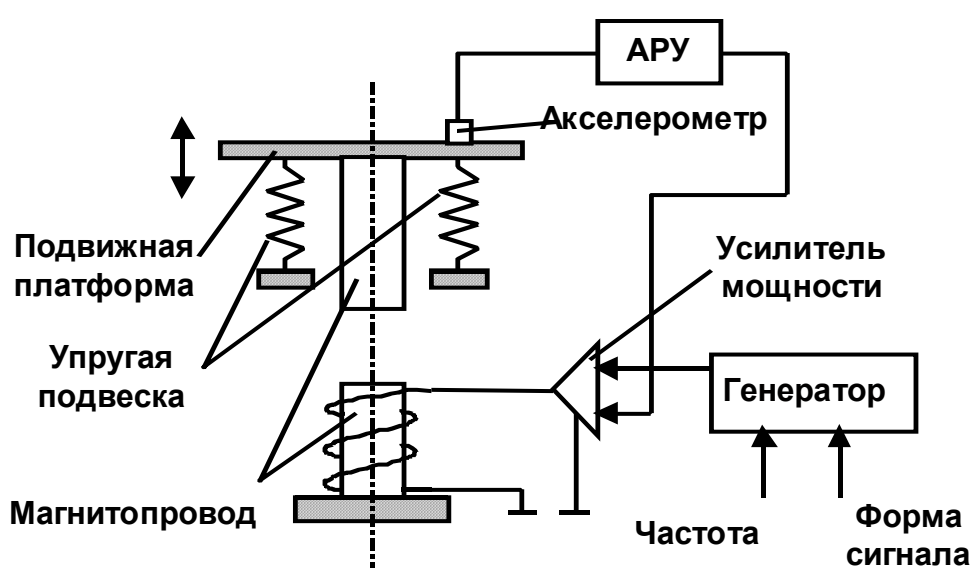


Рис. 6.1. Структурная схема устройства для общей вибротерапии

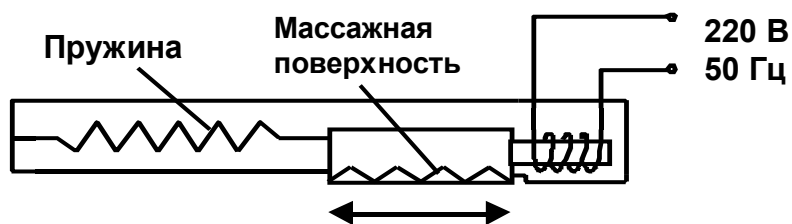


Рис. 6.2. Аппарат для местного вибромассажа

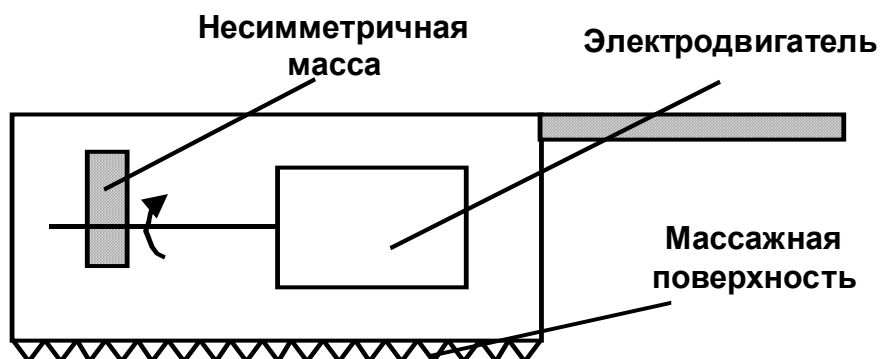


Рис. 6.3. Вибротерапевтическая щетка

Аппаратура для вакуумного массажа используется для создания воздействия чередующимися пониженным и повышенным давлениями (рис. 6.4). Давление воздуха формируется в специальных аспираторах (массажных колоколах), которые прикладывают к телу пациента.

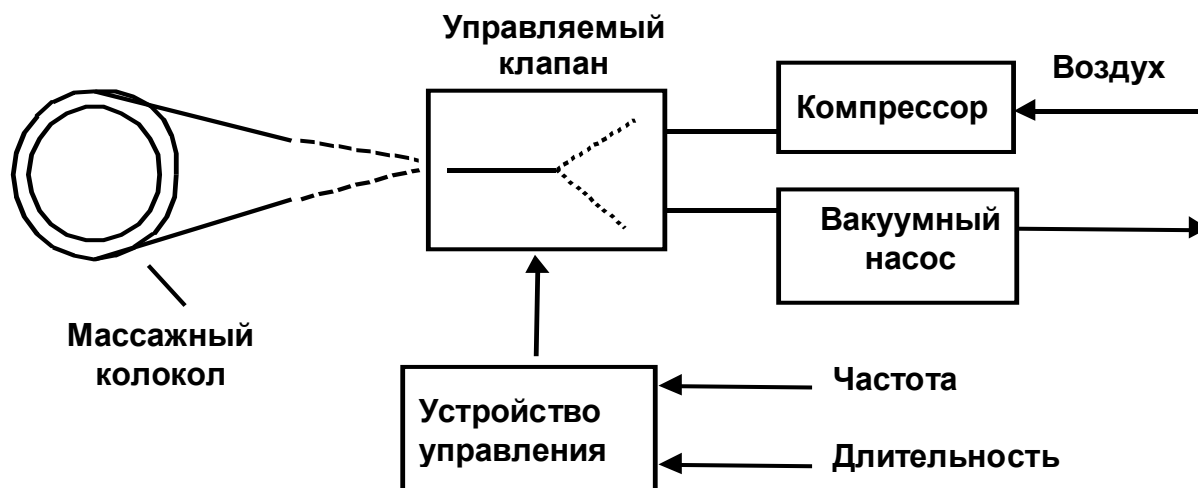


Рис. 6.4. Структурная схема вакуумного массажа

В аппаратах синкардиального массажа синхронизируют ритм импульсов давления в массажной камере с ритмом сокращения сердца. Так называемые аппараты “Кулаженко” используют для вакуумного массажа десен при лечении пародонтоза.

Гидромассаж – комбинированное воздействие струями воды и массажными манипуляциями (душ Шарко, подводный душ, вихревой подводный душ).

Аппараты для комбинированного вибромассажа. Различают аппараты, в которых колебания от виброисточника к пациенту передаются через водную среду (аппараты типа “Волна” - рис. 6.5).



Рис. 6.5. Комбинированный гидромассаж

Гидролазерная терапевтическая система использует вибромассаж струями воды, по которым распространяется (как по световодам) лазерное излучение.

Показания к вибротерапии: пролежни, радикулиты, невралгии, гастриты, циститы и другие заболевания.

Противопоказания: травмы головного мозга, укачивание, тромбоз, острые гнойные процессы.

6.2. Баротерапия

Баротерапия – применение с лечебной целью пониженного или повышенного по отношению к атмосферному давления.

Лечебный механизм состоит в воздействии измененного внешнего давления воздуха на барорецепторы и сосудисто-капиллярную сеть кожных покровов, внутренних органов и тканей. Если внешнее давление ниже внутритканевого, достигается гиперемия, в противном случае – анемия.

Баротерапию проводят при помощи герметических камер (барокамер), капсул или сосудов, сообщающихся с вакуумными и нагнетательными насосами. Общая баротерапия применяется для длительного лечения и проводится в специальных барокамерах (рис. 6.6).

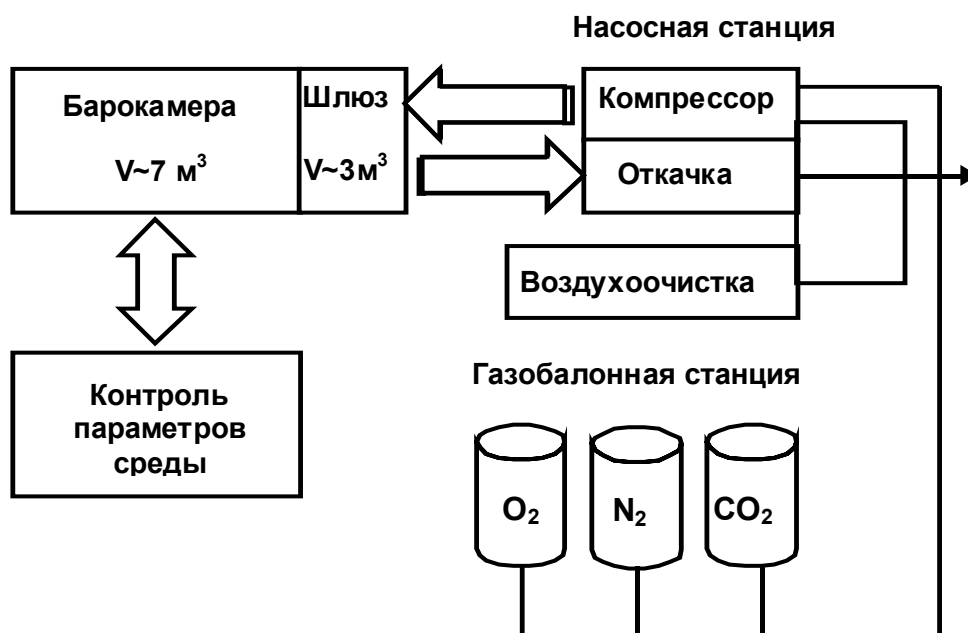


Рис. 6.6. Устройство барокамеры

Аспирационные аппараты – устройства для вакуумного удаления биологических жидкостей и мягких биоструктур. Например, офтальмологический хирургический аппарат “Аспиратор-01”, предназначен для удаления мягких катаракт путем отсоса аспирационным наконечником при одновременной ирригации лечебным раствором.

6.3. Аппаратура для ультразвуковой терапии

Лечебное воздействие ультразвука (УЗ) связывают с тепловой, механической, химической и электрофизической составляющими. Пороговой интенсивностью биологического действия ультразвука является величина $0,01 \text{ Вт/см}^2$, ниже которой не возникает изменение проницаемости клеточных мембран, а следовательно, не запускаются регуляторные процессы. Выделяют следующие интервалы интенсивностей воздействия: до $0,4 \text{ Вт/см}^2$ (информационная терапия с низкоэнергетическим воздействием); $0,5 \dots 0,8 \text{ Вт/см}^2$ (воздействие, не способное создать деструктивные проявления); 1 Вт/см^2 и выше (высокоэнергетическое воздействие с выраженными тепловыми проявлениями). Обобщенная структура аппарата для ультразвуковой терапии показана на рис. 6.7.

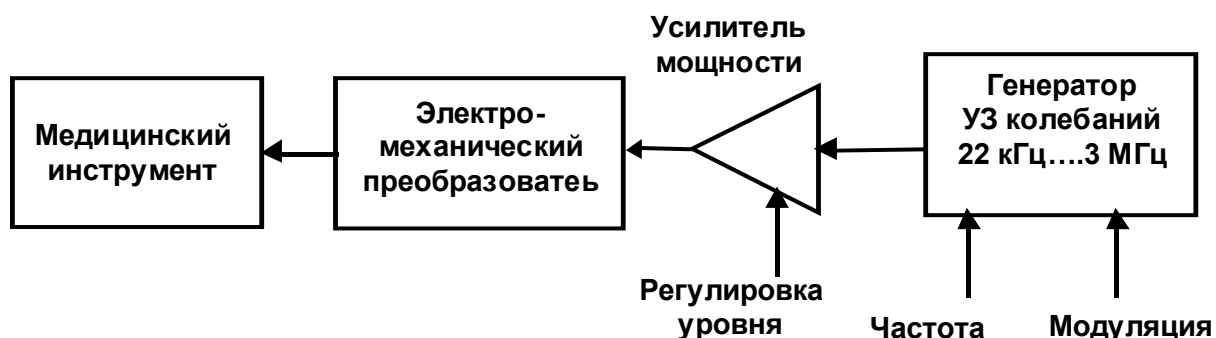


Рис. 6.7. Функциональная схема аппарата для УЗ-терапии

В качестве электромеханических преобразователей для низкочастотной области УЗ-колебаний применяют *магнитострикционные излучатели (вибраторы)*, которые используют механические деформации, возникающие в ферромагнетиках при их намагничивании в периодически изменяющемся магнитном поле. Магнитострикционные преобразователи применяют в диапазоне частот до 200 кГц с большими мощностями воздействия.

Пьезоэлектрические излучатели (вибраторы) основаны на явлении обратного пьезоэлектрического эффекта. В качестве материала пьезоэлемента используют, как правило, цирконат-титанат свинца. Особенно эффективно пьезоэлектрические преобразователи работают в высокочастотной области УЗ-диапазона и в импульсном режиме.

Аппараты ультразвуковой терапии широкого применения реализуют интенсивность воздействия до 1 Вт/см^2 в диапазоне частот 800...3000 кГц.

Промышленностью выпущена номенклатура аппаратов типа УЗТ для лечебно-ориентированного применения, например:

- УЗТ-101 – для лечения заболеваний внутренних органов и опорно-двигательного аппарата (рабочая частота - 880 кГц);
- УЗТ-102 – для стоматологии;
- УЗТ-103 – для урологии;
- УЗТ-104 – для офтальмологии;
- УЗТ-31 – для гинекологии (рабочая частота - 2,64 МГц).

Для согласования акустического импеданса ультразвукового излучателя и биоструктуры место воздействия покрывают специальным гелем, водным раствором или лекарственным препаратом.

Фонофорез – введение в организм лекарственных препаратов под действием ультразвукового излучения (рис. 6.8).

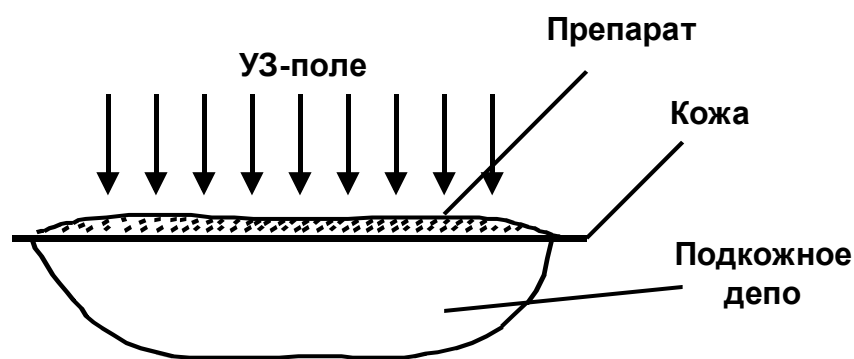


Рис. 6.8. Лекарственный фонофорез

Под действием ультразвука лекарственное средство проникает в эпидермис, откуда диффундирует в кровь и лимфу и затем распространяется по всему организму. Для фонофореза рекомендованы растворы гидрокортизона, анальгина, антибиотиков, эмульсии ампицилина, тетрациклина и др.

Аппараты для ультразвуковой стерилизации и обеззараживания используют бактерицидные свойства ультразвуковых колебаний.

Аппараты для ультразвуковой хирургии применяют для рассечения и соединения живых биологических тканей (мягких и костных структур), их рабочая частота составляет 20...100 кГц. В качестве хирургического инструмента используют специальные конические насадки, показанные на рис. 6.9 (слева направо: скальпель, пила, лопатка для дробления костей, трепан, игла для дробления тромбов).

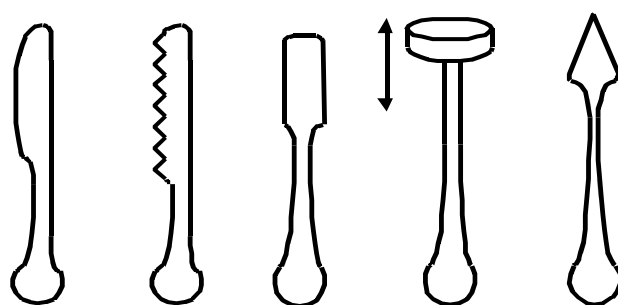


Рис. 6.9. Ультразвуковой хирургический инструмент

Ультразвук в бескровной хирургии применяется в специализированных диагностико-лечебных установках для дробления камней в почках, печени, мочевом пузыре, воздействия на опухоли с повышенной плотностью новообразований.

7. КРИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Криотерапия – применение низких температур для охлаждения тканей, органов (в том числе изолированных) или всего организма с целью лечебного воздействия при патологических процессах.

7.1. Аппараты для искусственной гипотермии

Гипотермия искусственная – это искусственное охлаждение тела пациента в целях снижения интенсивности метаболических процессов в организме и повышения устойчивости к гипоксии (кислородному голоданию) и травме. Различают гипотермию умеренную (понижение температуры тела до 32...28 °С), гипотермию глубокую (уменьшение температуры до 20...15 °С).

Аппараты для искусственной гипотермии – устройства, предназначенные для измерения, контроля и автоматического поддержания заданной температуры тела, отдельных органов при проведении процедуры.

По способу осуществления и аппаратной реализации гипотермию искусственную разделяют на контактную и перфузионную.

Контактная методика гипотермии основана на свойствах теплопроводности биотканей и биосред. При контактной методике теплоноситель контактирует с охлаждаемым участком тела непосредственно (охлаждающие ванны, компрессы, лед) или за счет циркуляции теплоносителя в манжете, помещенной на теле или внутри полости пациента. В качестве теплоносителей используют жидкости (воду, водноспиртовой раствор, фурацилин, раствор хлористого кальция), газы (воздух, пары азота) либо непосредственно источники холода (лед, сухой лед, термоэлектрические преобразователи).

Простейшими приспособлениями для локальной гипотермии являются пакеты с охлажденной водой или льдом. При общей гипотермии наиболее просто применять водные ванны с регулированием температуры воды. Для управляемой локальной гипотермии используют аппараты, где теплоноситель в процессе циркуляции контактирует, с одной стороны, с охлаждаемой поверхностью организма, а с другой - с охлаждающей системой. По такому принципу работают установки для искусственной гипотермии типа “Холод-2Ф” (рис. 7.1).

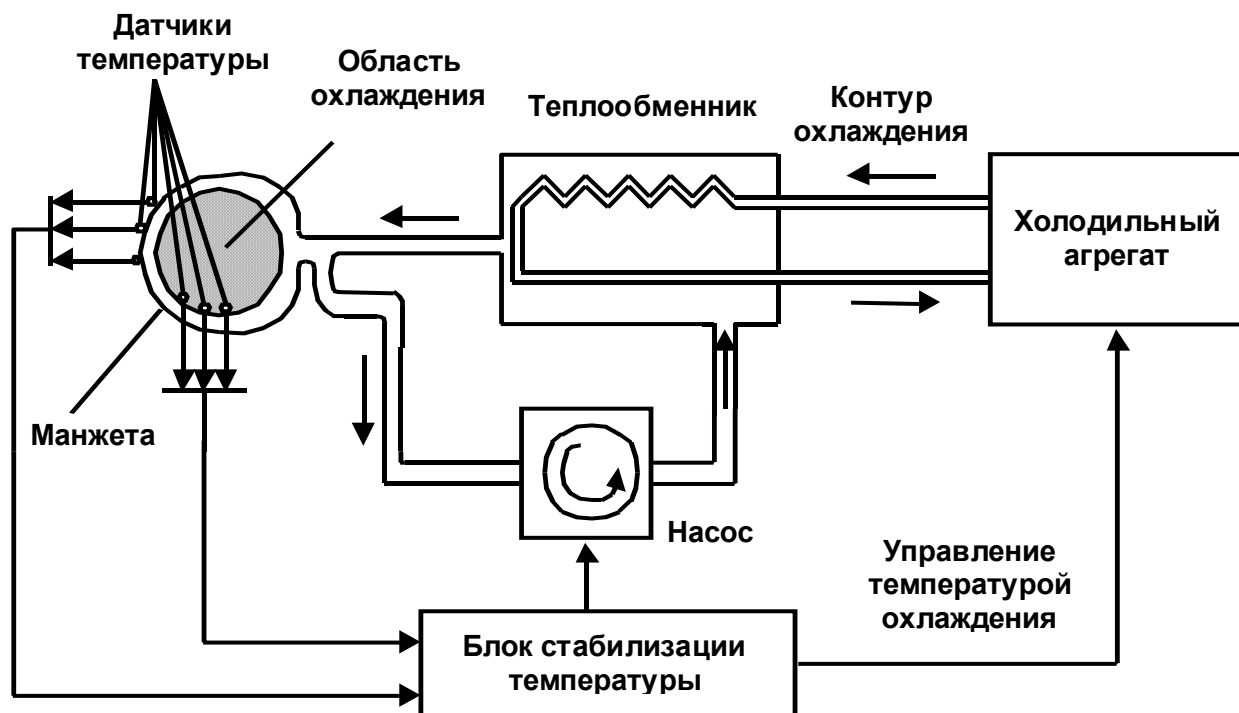


Рис. 7.1. Структурная схема аппаратов для гипотермии типа “Холод”

В зависимости от области воздействия различают:

- *краниocereбральную гипотермию* – охлаждение коры головного мозга через наружные покровы головы;
- *искусственную гипотермию сердца* – охлаждение контактным методом сердца через грудную стенку или при открытом сердце;
- *гипотермию желудка* – введение в полость желудка латексного баллона, который заполняется циркулирующей охлажденной жидкостью;
- *гипотермию почки* – аналогично гипотермии сердца.

Перфузионная методика гипотермии предусматривает использование в качестве теплоносителя циркулирующей в организме крови (рис. 7.2). В качестве аппаратов для реализации этой методики применяют аппарат искусственного кровообращения.

Преимущество перфузионной методики - в быстром понижении температуры организма пациента.

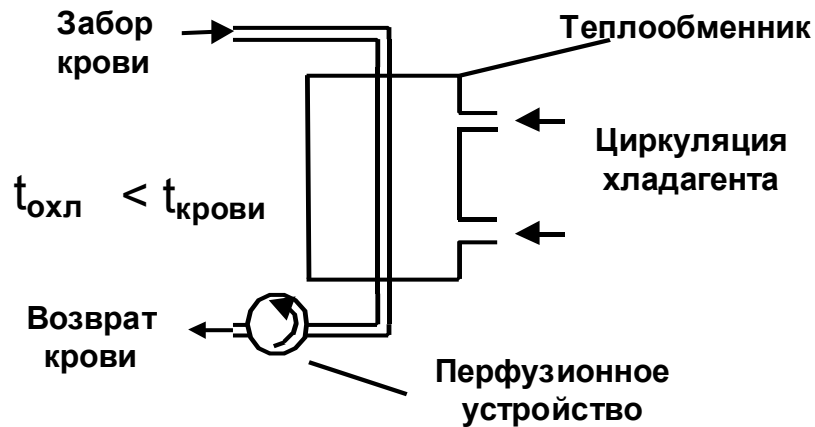


Рис. 7.2. Принцип проведения перфузионной гипотермии

7.2. Криохирургическая аппаратура

Криохирургия объединяет хирургические методы местного лечения холодом, основанные на криодеструктивном и обезболивающем эффекте действия.

Аппараты для криохирургии – устройства, содержащие охлаждаемые различными хладагентами наконечники (рис.7.3) или элементы направленного и ограниченного действия на органы и ткани для осуществления методов криохирургии.

В качестве хладагентов применяют:

- фреон с температурой кипения $\sim -40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- двуокись углерода в виде сухого льда, $\sim -78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- закись азота, $\sim -89\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- жидкий азот, $\sim -195\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Аппараты для локального криовоздействия – криоаппликаторы (криодеструкторы, криокаутеры, криоманипуляторы, криофаки, криоэкстракторы).

Простейшие криоаппликаторы содержат мини-сосуд Дюара, магистраль подачи хладагента, рабочий наконечник, устройство заправки хладагентом и отвода отработанного вещества.

Характеристики криоаппликаторов:

- характерный объем однократной заправки азотом – 50...100 мл;
- температура воздействия – 100...120 K;
- объем зоны замораживания – 20...30 см³;
- время непрерывной работы – 15 мин.

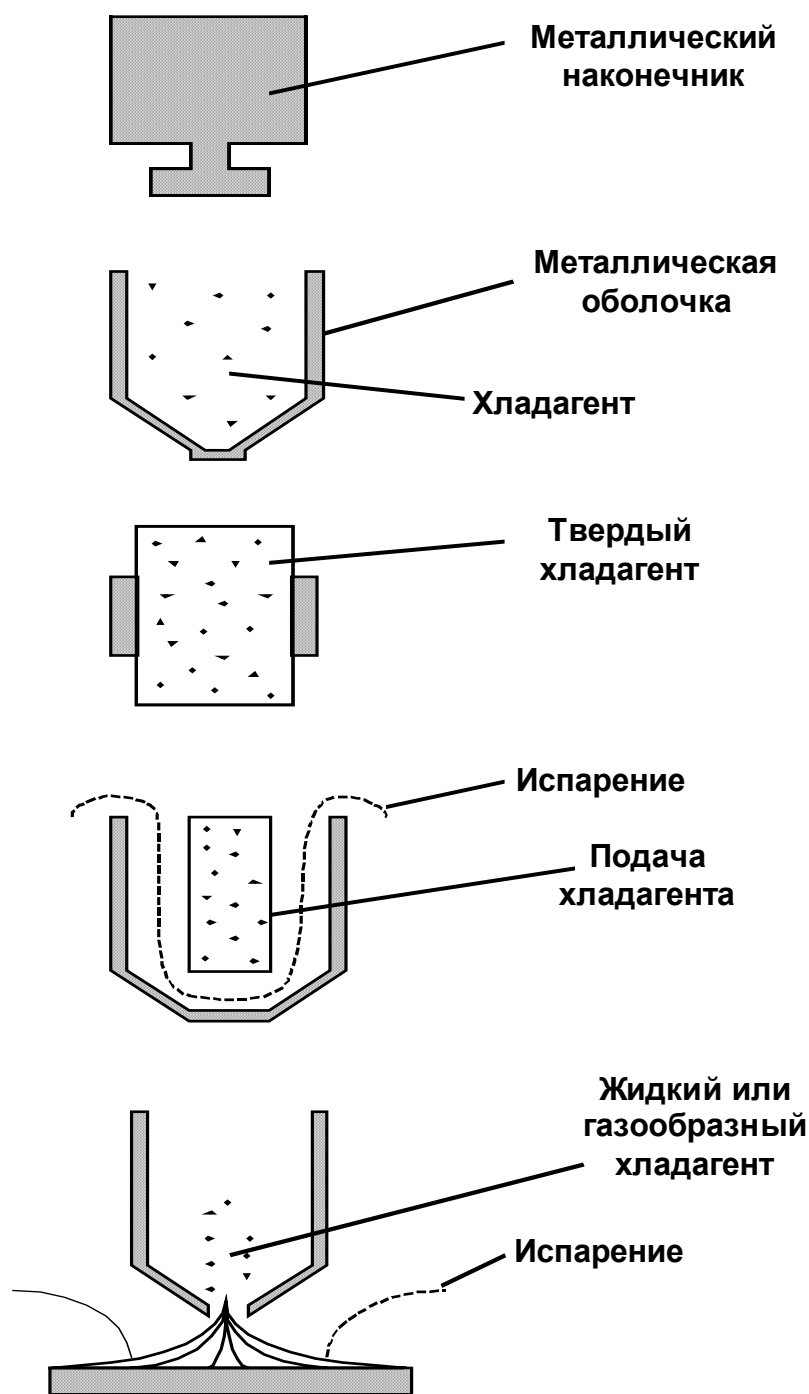


Рис. 7.3. Виды активной части (наконечников) для криохирургии

Недостатки криоаппликаторов – предельный угол манипуляции и ограниченное время действия, выброс в атмосферу большого количества неиспользованного хладагента. Эти недостатки устранены в стационарных криохирургических установках (рис. 7.4).

Достаточно широкое распространение получили криохирургические установки типа “Мороз” и “Криоэлектроника”.

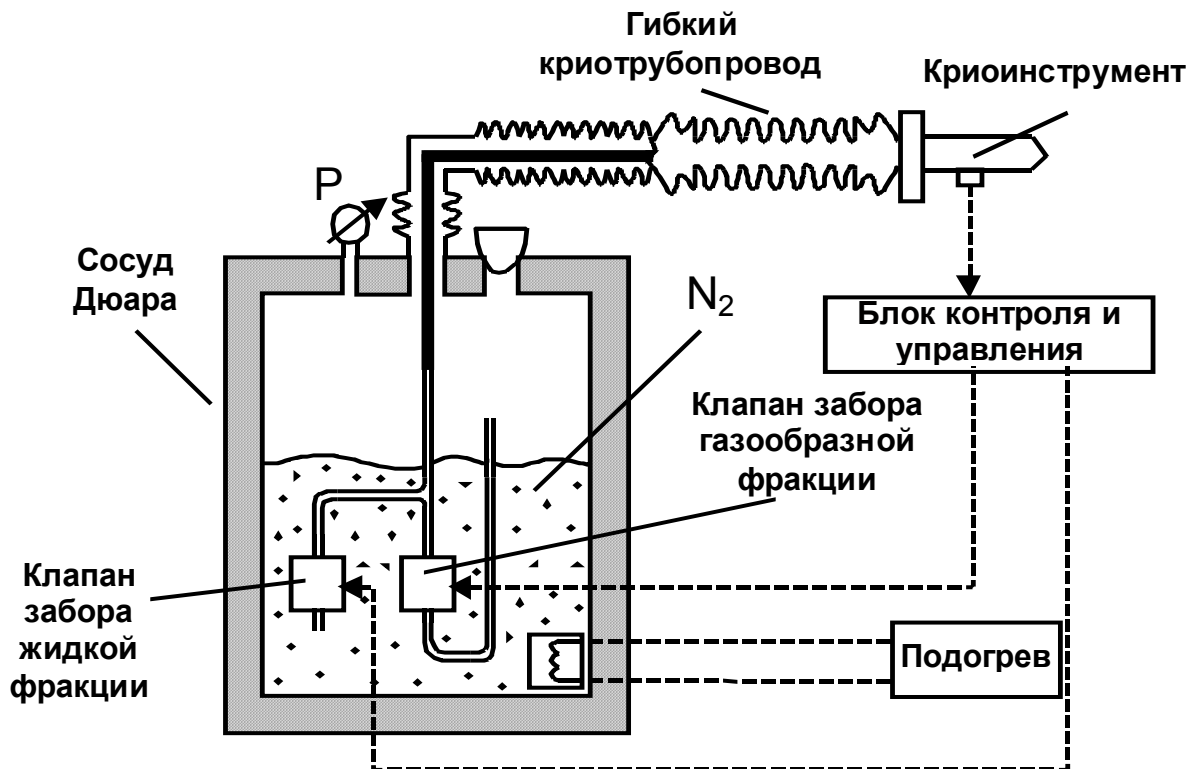


Рис. 7.4. Функциональная схема стационарной криотерапевтической установки

Термоэлектрические аппараты для криотерапии основаны на охлаждении одного из спаев термоэлемента при прохождении через него постоянного тока (эффект Пельтье). Функциональная схема аппаратов, работающих на этом принципе, показана на рис. 7.5. Минимальная температура, технически достижимая с помощью этих аппаратов, - около $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

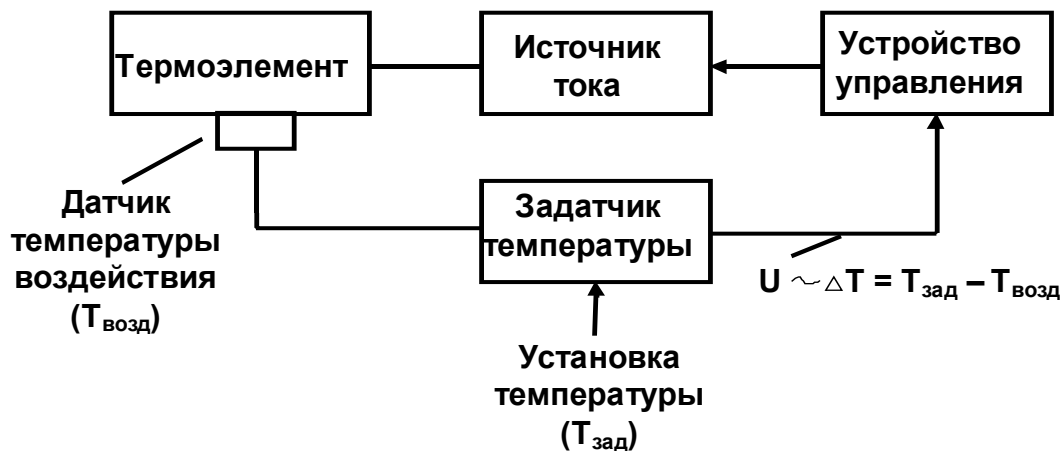


Рис. 7.5. Устройство термоэлектрического аппарата для криотерапии

Выпущенные промышленностью устройства применяют для деструкции биотканей (например, удаления глазного хрусталика), а также для локальной гипотермии.

8. ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ КАБИНЕТ

Физиотерапевтический кабинет (ФК) – это структурное подразделение лечебного учреждения для проведения лечения физиотерапевтическими методами.

Параметры помещения:

- высота - не менее 3 м;

- отношение площади пола к площади окон – 6:1...7:1.

Запрещено размещать ФК в подвальных, полуподвальных и цокольных этажах.

Для организации мест электро- и светолечения отводится площадь не менее 6 м². Для микроволновой (СВЧ) терапии выделяется площадь не менее 9 м².

Освещенность в кабинете – 150 лк. Запрещено делать занавес из синтетических материалов.

Процедурные кабины, кушетки устанавливают вдали от водо- и газопроводных труб. Металлические корпуса, штативы аппаратов заземляют в соответствии с требованиями техники безопасности.

Для защиты от побочных полей, создаваемых СВЧ-аппаратами, кабинеты экранируют металлизированными тканями. Для защиты глаз используют радиозащитные очки.

Для индикации УВЧ- и СВЧ-полей необходимо наличие индикаторов, которые срабатывают на расстоянии 6 – 8 см от аппарата.

Для защиты от УФ-излучения используют защитные очки.

При проведении УЗ-процедур медицинский персонал должен использовать перчатки из вибропоглощающей ткани или резины.

Применяется обязательно проточно-вытяжная вентиляция.

Персонал ФК имеет сокращенный рабочий день и должен проходить медицинский осмотр 1 раз в год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большая медицинская энциклопедия. В 36 т.– М.: Советская энциклопедия, 1975 – 1976.
2. Искусственные органы / А.А. Дмитриев, А.Л. Дробышев, В.М. Занко и др. - М.: Медицина, 1990.
3. Кассиль В.Л., Лескин Г.С., Выжигина М.Л. и др. Респираторная поддержка: искусственная и вспомогательная вентиляция легких в анестезии и интенсивной терапии. – М.: Медицина, 1997.
4. Ливенцев Н. В., Ливенсон А. Р. Электромедицинская аппаратура. – М.: Медицина, 1974.
5. Медицинская электронная аппаратура для здравоохранения. / Под ред. Л. Кромвелла / - М.: Радио и связь, 1981.
6. Низкие температуры в медицине. – К.: Наук. думка, 1988.
7. Олейник В.П., Кулиш С.Н., Басараб М.А. Диагностические и терапевтические системы и аппараты: Учеб. пособие по лабораторному практикуму. – Х.: ХАИ, 1997.
8. Портнов Ф. Г. Электроаэрозольтерапия. – М.: Медицина, 1976.
9. Соловьева Г.Р. Магнитотерапевтическая аппаратура. – М.: Медицина, 1991.
10. Улащик В. С. Теория и практика лекарственного электрофореза. – Минск: Медицина, 1976.
11. Улащик В. С. Ультразвуковая терапия. – Минск: Медицина, 1983.
12. Ясногородский В.Г. Электротерапия. - М.: Медицина, 1987.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Искусственные органы	5
1.1. Аппарат “Искусственное сердце”.....	5
1.2. Перфузионные аппараты.....	7
1.3. Аппараты искусственного кровообращения (АИК).....	7
1.4. Аппарат “Искусственная почка” (АИП).....	14
1.5. Аппарат “Вспомогательная печень” (АВП).....	21
1.6. Аппарат “Искусственная эндокринная поджелудочная железа”.....	22
1.7. Аппараты искусственной вентиляции легких (ИВЛ).....	24
1.8. Слуховые аппараты (СА).....	26
2. Аппараты и устройства для электролечения	28
2.1. Устройства для электростимуляции.....	31
2.2. Аппараты для электролечения с тепловым воздействием.....	51
2.3. Микроволновая резонансная терапия.....	59
2.4. Аппараты для магнитотерапии.....	61
3. Аэроионотерапия	63
3.1. Генераторы аэроионов.....	64
3.2. Аэрозольтерапия.....	68
4. Светолечение	72
4.1. Применение инфракрасного излучения в физиотерапии.....	72
4.2. Аппараты для ультрафиолетовой терапии.....	74
4.3. Устройства лазерной терапии.....	75
5. Лучевая терапия	76
5.1. Рентгенотерапевтические аппараты.....	78
5.2. Гамма-аппараты.....	78
5.3. Средства корпускулярной терапии.....	79
6. Средства акустической терапии	80
6.1. Аппаратура для массажа и вибротерапии.....	80
6.2. Баротерапия.....	82
6.2. Аппаратура для ультразвуковой терапии.....	83
7. Криотерапевтические технические средства	86
7.1. Аппараты для искусственной гипотермии.....	86
7.2. Криохирургическая аппаратура.....	88
8. Физиотерапевтический кабинет	91
Библиографический список	92