

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**В. П. Олійник, Д. В. Теличко**

**ТЕРАПЕВТИЧНІ АПАРАТИ І СИСТЕМИ**

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2022

УДК 616-72(075.8)  
О-54

Рецензенти: д-р фіз.-мат. наук З. Є. Єременко,  
канд. техн. наук, доц. В. І. Огар

**Олійник, В. П.**

О-54      Терапевтичні апарати і системи [Текст] : навч. посіб. / В. П. Олійник, Д. В. Теличко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 88 с.

ISBN 978-966-662-899-5

Розглянуто технічні засоби терапевтичного призначення, які набули широкого використання в медичних лікувальних закладах. Описано структури терапевтичних апаратів і систем, їх призначення, основні технічні характеристики, особливості побудови й застосування.

Для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» і фахівців, що вивчають, експлуатують і розробляють технічні засоби для медичного застосування.

Іл. 103. Табл. 7. Бібліогр.: 20 назв

**УДК 616-72(075.8)**

© Олійник В. П., Теличко Д. В., 2022  
© Національний аерокосмічний  
університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2022

ISBN 978-966-662-899-5

## ВСТУП

Розроблення сучасної медичної терапевтичної техніки потребує не тільки знань інженерних питань, а й спеціальних знань з біології та медицини.

Терапія – область клінічної медицини, що вивчає походження, лікування, діагностику та профілактику захворювань внутрішніх органів. Терапія – загальна назва консервативних методів лікування, до яких належать усі нехірургічні методи лікування.

Існує така класифікація видів терапії за засобами впливу:

1. *Фармакотерапія* – лікування лікарськими препаратами всіх видів:
  - а) *хіміотерапія* – лікування препаратами на основі штучних хімічних сполук;
  - б) *фітотерапія* – лікування препаратами на основі лікарських трав.
2. *Гормонотерапія* – лікування гормональними засобами.
3. *Вакцинотерапія* (серотерапія) – лікування сироватками й вакцинами.
4. *Кліматотерапія* – лікування природними факторами певної місцевості.
5. *Фізіотерапія* – лікування переформатованими фізичними факторами й полями.
6. *Рефлексотерапія* – лікування впливом на рефлекторні зони.
7. *Психотерапія* – лікувальний вплив словом (змістом і формою).
8. *Дієтотерапія* – лікування складом продуктів, що вживаються пацієнтом.
9. *Трудова терапія* – лікування трудовим процесом.

У клінічній медицині використовують також класифікацію видів терапії за спрямованістю лікувальної дії.

1. *Етіотерапія* (казуальна терапія) – терапія, спрямована на усунення причин хвороби.
2. *Патогенетична* терапія (хірургія) – терапія, де передбачається вплив на процеси розвитку хвороби з метою їх переривання або ослаблення.
3. *Симптоматична терапія* – ліквідація тяжких для пацієнта проявів хвороби.
4. *Реабілітаційна* (замісна) терапія – заходи, спрямовані на відновлення функцій організму, порушених хворобою, або їх заміщення.

Багато наукових, технічних та інженерних рішень застосовуються в фізіотерапії. Фізіотерапія (фізична терапія, фізичні методи лікування) – галузь медицини, що вивчає дію на організм людини природних і штучно створених фізичних факторів і використовує ці фактори з лікувальною

або профілактичною метою. Сьогодні застосовується така класифікація фізіотерапевтичних методів лікування:

- *електролікування* – група методів, що базуються на використанні інформаційної, стимулювальної, теплової дії електричних струмів, електричного й магнітного полів та електромагнітних випромінювань на організм людини;

- *світлолікування* – методи лікування, при яких використовується енергія електромагнітних коливань інфрачервоного, видимого та ультрафіолетового випромінювання;

- *променева терапія* – методи лікування з використанням іонізуючого випромінювання;

- *теплове лікування* – лікування, що базується на використанні теплової дії нагрітих або охолоджених речовин;

- *механолікування* – група методів, що ґрунтуються на впливі механічної енергії.

*Комбіновані методи* застосовуються для впливу на пацієнта з допомогою фізичних факторів. До підвидів комбінованих методів належать:

а) водолікування – використання прісної води;

б) бальнеотерапія – застосування ванн різного газового і хімічного складу;

в) фізіофармаколікування – методи одночасного впливу на організм фізичних факторів і лікарських засобів (методи форезу ліків, аерозольтерапія).

За сучасними уявленнями, дія фізичних факторів на організм визначається сукупністю фізико-хімічних змін властивостей клітин та обмінних процесів у них, а також реакцією функціональних систем на подразнення.

Для реалізації терапевтичного впливу крім методу зазвичай необхідними є технічні засоби.

Таким чином, терапевтичні апарати й системи (ТАС) – це технічні засоби, призначені для створення лікувального ефекту.

Класифікація ТАС за механізмом створення лікувального ефекту:

- створення подразнювальної дії – усі види стимуляції;

- створення енергетичного впливу – виділення тепла або деформація біотканин;

- уведення лікарських препаратів;

- заміна або дублювання функцій органів або систем.

ТАС, на відміну від медичного інструментарію (затискачів, пінцетів, скальпелів тощо), містять елементи різних напрямів інженерії, тому розроблення ТАС нерозривно пов'язане як з досягненнями фундаментальних наук, так і з розвитком прикладних напрямів, у тому числі електроніки, радіотехніки, комп'ютерних засобів.

# 1. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ

Технічні засоби функціональної підтримки призначено для тимчасової або постійної заміни діяльності органів або фізіологічних систем організму людини. Такі технічні засоби можна поділити на пристрої, що не імплантуються в організм, і на пристрої, що частково або повністю імплантуються. За часом функціонування їх можна поділити на апарати безперервної дії та апарати періодичного ввімкнення.

## 1.1. Апарат «Штучне серце»

«Штучне серце» – апарат для повної заміни на той чи інший час насосної функції серця.

Існують два напрями розвитку інженерних рішень:

1. Створення апарата «Штучне серце» (АШС) із зовнішнім приводом для застосування в екстрених випадках від декількох годин до декількох діб.

2. Створення й застосування апарата для забезпечення адекватного кровообігу з повною імплантацією.

Нині розроблено технічні конструкції, які реалізують обидва напрями. Головною складовою цих конструкцій є елемент, який виконує насосну функцію.

Апарат мішечкуватого типу виготовляється з фторсиліконового каучуку. Насосна функція здійснюється внаслідок змінення об'єму внутрішньої еластичної оболонки (рис. 1.1).

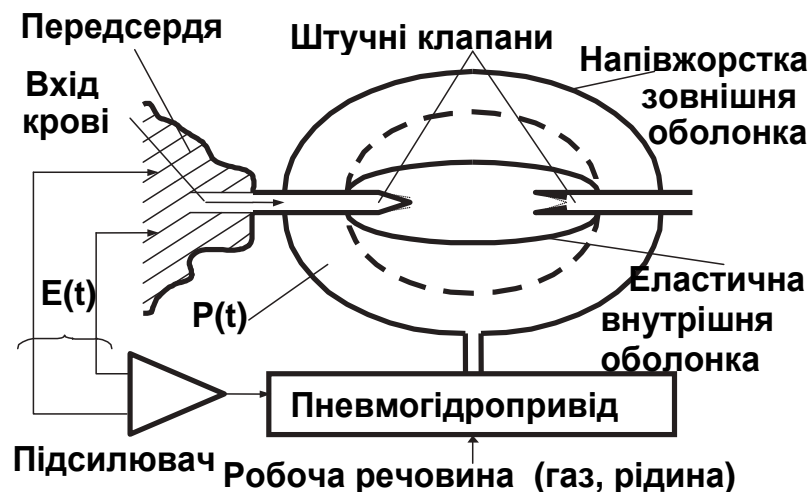


Рис. 1.1. Модель апарата «Штучне серце» мішечкуватого типу

Апарат діафрагмового типу. Робота цієї моделі відбувається внаслідок змінення положення діафрагми під тиском на її поверхню газу або рідини від приводу (рис. 1.2).

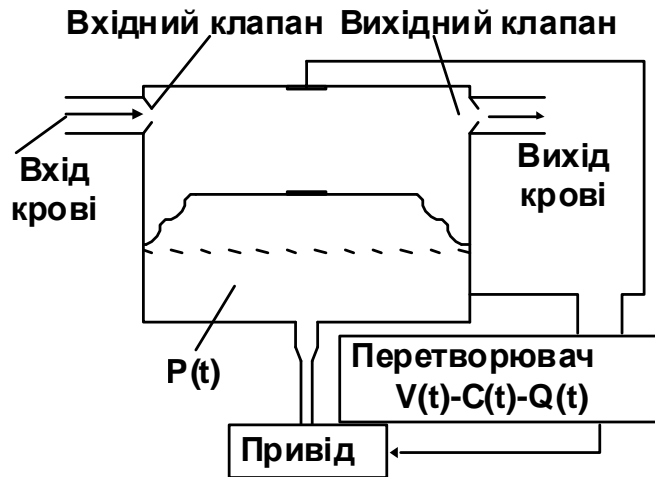


Рис. 1.2. Модель апарата «Штучне серце» діафрагмового типу

Загальні вимоги до конструкції апарата «Штучне серце»:

1. Матеріали мають витримувати тривалі циклічні навантаження.
2. Відсутність тромбоутворення.
3. Конструкція не повинна містити застійних зон, областей підвищених механічних напружень.
4. Конструкція повинна мати мінімум циклічно дотичних поверхонь для зниження травмування елементів крові.

Основні характеристики експериментальних моделей «Пошук-5» і «Пошук-10м» наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Параметри	«Пошук-5»	«Пошук-10м»
Частота скорочень	60...150 уд./хв	60...150 уд./хв
Хвилинний об'єм крові	5...15 л	5...14 л
Об'єм заповнення	150 см <sup>3</sup>	120...140 см <sup>3</sup>
Маса	350 г	210 г
Розміри	125x100x80 мм	125x100x80 мм
Матеріал корпусу	Силікон	Поліуретан

Відповідно до природних характеристик АШС має забезпечувати корисну потужність від 1 Вт (стан повного спокою) до 40 Вт (при короткочасних потужних навантаженнях). Сучасні розробки апаратів штучного серця – це електронно-механічні пристрої, призначені для повного відтворення кровообігу в організмі людини. До найбільш досконалих конструкцій належать пристрої «Total Artificial Heart» (ТАН), що хірургічним шляхом імплантуються безпосередньо у грудний відділ, де знаходилось хворе серце. Насоси таких АШС виконують функції заміщення хворих або пошкоджених

серцевих шлуночків, що перекачують кров із серця в легені та інші частини тіла. Технічні засоби поза тілом керують імплантованими насосами та здійснюють моніторинг стану пацієнта.

Зазначеним умовам відповідають моделі АШС: «AbioCor», «Syncardia», «HeartWare», «HeartAssist 5», «Pediatric VAD» та остання розробка «Carmat».

Модель АШС «Carmat» отримала ліцензію на впровадження в країнах-членах Європейського Союзу. Система АШС «Carmat» складається з трьох частин: імплантованого протеза, кабелю, який з'єднує протез із зовнішніми компонентами, зовнішнього блока (консолі) живлення й медичного контролю. Внутрішній протез складається з чотирьох клапанів, що забезпечують цикли кровообігу, – двох шлуночків, кожний з яких розділений мембраною на дві менші порожнини, двох гідравлічних мікронасосів та електронного сенсорного блока. За допомогою зовнішньої частини апарата здійснюється енергетичний привід насосів і керування їх потужністю за сигналами сенсорного блока. За цими ж сигналами медики мають змогу додатково керувати протезом і спостерігати за його роботою. Зовнішній блок має масу менше 5 кг (включно з акумулятором) і здатний забезпечити автономний режим роботи до 4 год. Схематичне розташування складових системи АШС «Carmat» відображено на рис. 1.3.

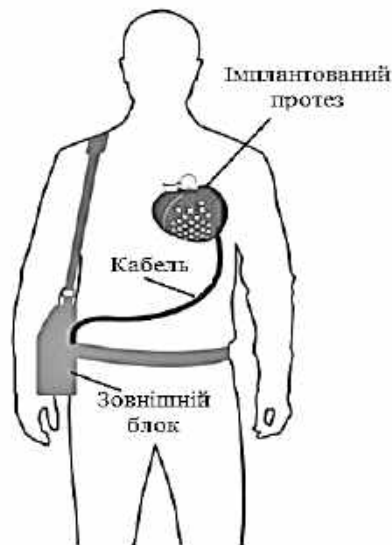


Рис. 1.3. Схема розміщення складових АШС «Carmat»

Основне призначення АШС «Carmat» – це тимчасове забезпечення життєздатності пацієнтів, які чекають на трансплантацію донорського органа. Для більшості відомих конструкцій АШС, як і для «Carmat», енергоживлення відбувається через кабель або еластичні трубопроводи, що виводяться з організму. Безперечно, це створює додаткові критичні ризики для здоров'я пацієнта, особливо в разі довготривалого використання АШС.

## 1.2. Перфузійні апарати

*Перфузія* (лат. perfusio – обливання, вливання) – штучне живлення тканин шляхом пропускання через них біологічно активних рідин.

Перфузія застосовується при заміні функції кровотоку, для забезпечення інтенсивної хіміотерапії і штучного змінення температури тіла пацієнта (штучна гіпотермія).

Перфузійні апарати – технічні конструкції для забезпечення циркуляції крові, кровозамінних рідин, розчинів і лікарських засобів у порожнинах і кровоносних судинах для отримання лікувального ефекту, а також для пропускання поживних речовин через пристрої культивування тканин та ізольованих органів.

Перфузійні апарати підключаються за допомогою катеторів до кровоносних судин венозного або артеріального русла (відповідно венозна або артеріальна перфузія).

## 1.3. Апарати штучного кровообігу

Штучний кровообіг (екстракорпоральний кровообіг, штучна перфузія) – спосіб підтримання кровотоку в організмі, окремому органі або окремій області організму штучним шляхом.

До сучасних апаратів штучного кровообігу (АШК) ставляться такі основні вимоги:

- підтримання протягом усієї перфузії заданого хвилинного об'єму кровообігу (4...5 л);
- забезпечення адекватного насичення крові киснем і підтримання необхідного парціального тиску вуглекислого газу (35...45 мм рт. ст.);
- об'єм початкового заповнення має бути мінімальним (менш ніж 3 л для дорослої людини);
- забезпечення повернення в циркуляторний контур крововтрат, що відбуваються при кровотечах, травмах або операціях;
- травма елементів крові має бути мінімальною;
- кровопровідні магістралі АШК мають бути виготовлені з нетоксичного матеріалу, хімічно інертного щодо крові.

Будь-який АШК складається з двох блоків – фізіологічного й технічного (механічного).

До фізіологічного блока належать усі деталі, що стикаються з кров'ю (рис. 1.4).

*Оксигенатор* – пристрій, що забезпечує газообмін шляхом насичення венозної крові киснем і видалення вуглекислого газу.

Об'єм заповнення оксигенатора кров'ю не повинен перевищувати об'єму заповнення природних легенів (0,75...1) л. Установлено, що опти-



мальне функціонування оксигенатора становить 5...6 год, при цьому забезпечується допустима травма формених елементів крові.

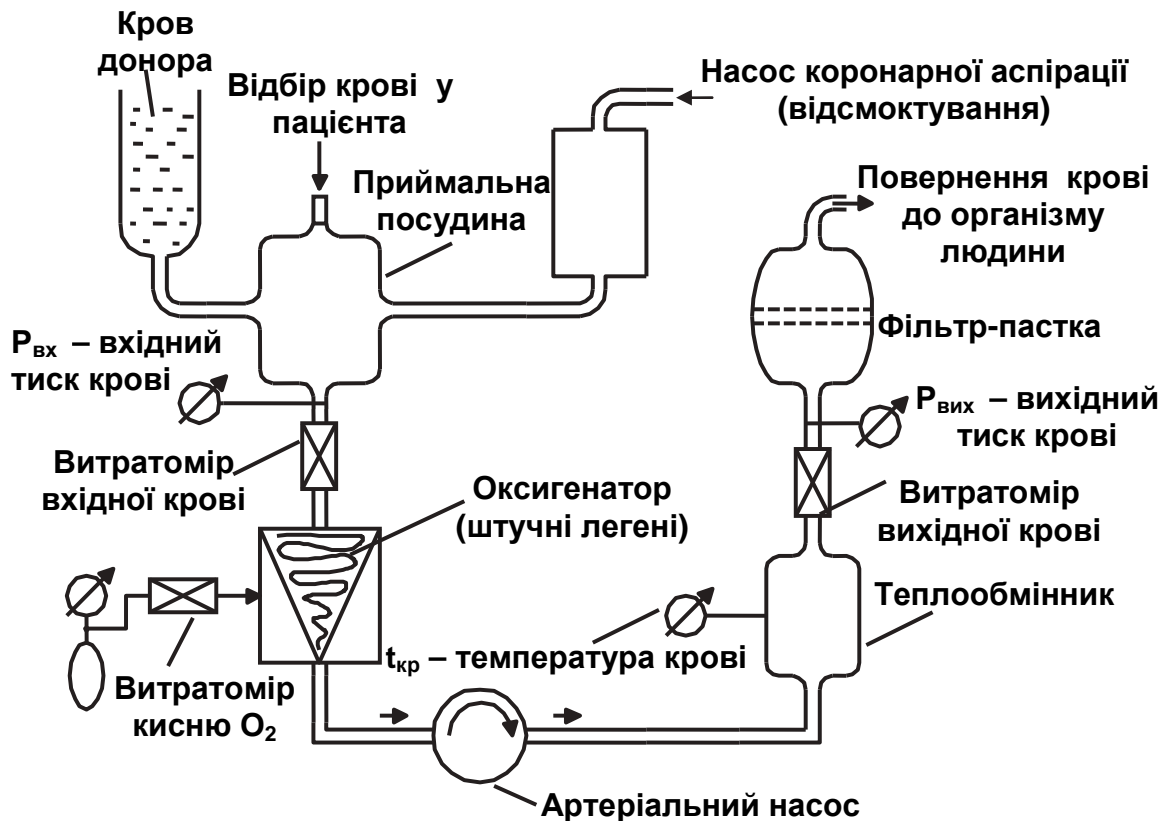


Рис. 1.4. Структура фізіологічного блока АШК

*Бульбашкові оксигенатори* (рис. 1.5) базуються на принципі проходження кисню через кров. Їх сконструйовано для одноразового використання (виготовляються з пластику).

Венозна кров і кисень в газообмінній камері контактують, утворюючи велику поверхню пінної структури, у якій відбувається контактний газообмін. Перетворення пінної структури на крапельно-рідинний стан відбувається в камері піногасіння. Артеріалізована кров, що пройшла через фільтр, звільняється від бульбашок газу й надходить до відстійної камери, звідки повертається в судинне русло організму. На цьому принципі побудовано пластикові одноразові оксигенатори.

Робота *плівкового оксигенатора* ґрунтується на принципі прямого контакту кисню з плівкою крові, що формується на нерухомому або обертовому екрані (рис. 1.6).

*Пінно-протистуминний оксигенатор.* Кисень, що подається знизу, і струмені венозної крові, що стікають зверху, утворюють стовп піни, на поверхні якої відбувається газообмін; потім у камері піногасіння піна руйнується, кров звільняється від бульбашок і з відстійної камери артеріалізована кров повертається насосом у судинне русло організму пацієнта (рис. 1.7).

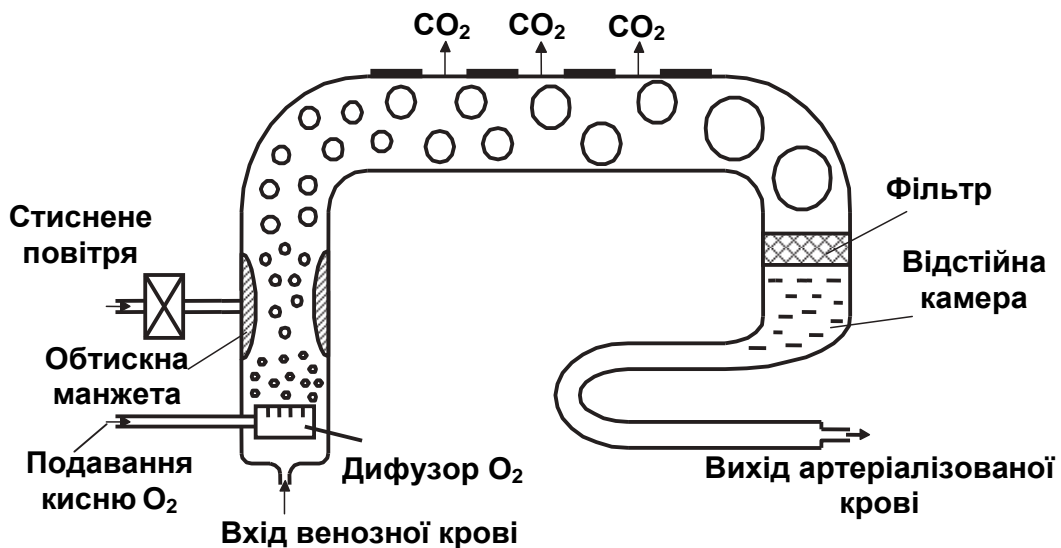


Рис. 1.5. Будова бульбашкового оксигенатора

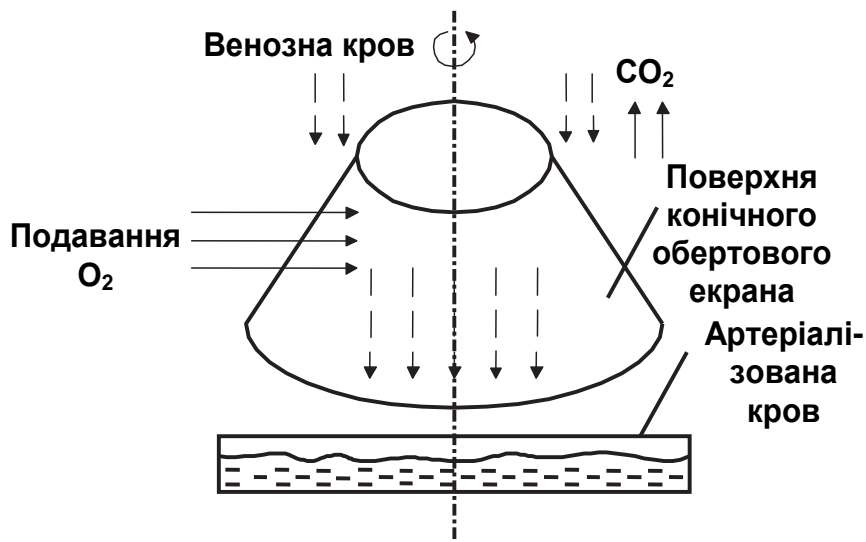


Рис. 1.6. Плівковий оксигенатор

Робота бульбашково-плівкового оксигенатора (рис. 1.8) базується на контактному газообміні в плівці крові, що формується в безлічі трубок малого діаметра.

Насоси в АШК виконують функцію серця з транспортування крові по судинному руслу. Продуктивність цих насосів має відповідати хвилинному об'єму крові, яку прокачує серце в стані спокою (5 л/хв). Під час конструювання АШК необхідно враховувати медичну специфіку роботи. Практичного застосування в АШК набули два основні класи насосів: клапанні і безклапанні. У більшості сучасних апаратів використовуються безклапанні насоси, які працюють за принципом витискування крові з еластичної трубки внаслідок прокочування по ній роликів або почергового стискання механічними пальцями (рис. 1.9).

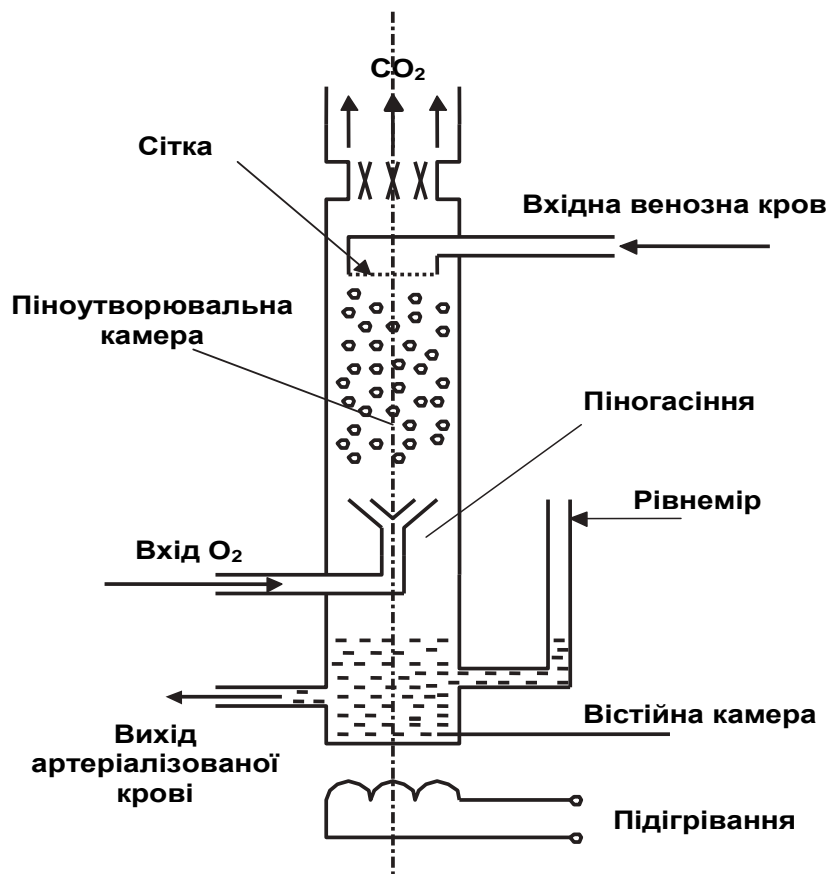


Рис. 1.7. Будова піно-протиструминного оксигенатора

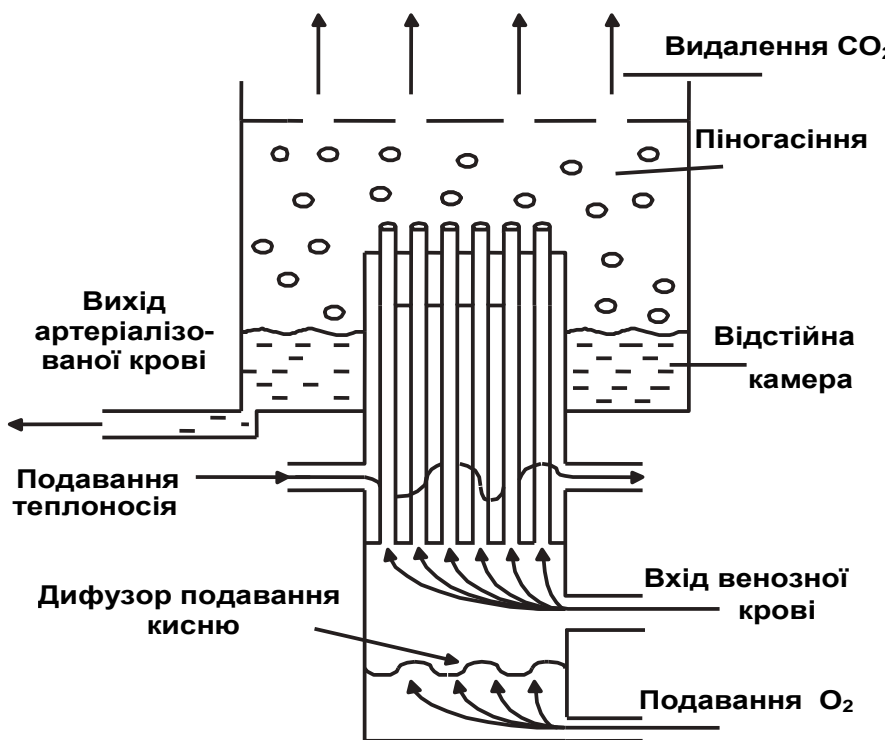


Рис. 1.8. Бульбашково-плівковий оксигенатор

Система коронарної аспірації (відсмоктування) повертає кров у циркуляторний контур. Залежно від конструкції АШК це здійснюється або шляхом вакуумного відсмоктування, або з допомогою допоміжних артеріальних насосів.

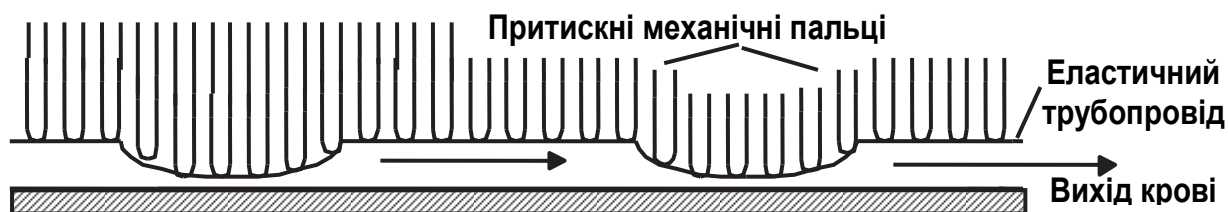


Рис. 1.9. Безклапанний пальчастий насос

До допоміжних вузлів фізіологічного блока належать різного виду посудини, трубопроводи, елементи фільтрації крові.

До технічного блока АШК належать корпус апарата з приводами насосів і контрольно-вимірювальна апаратура для вимірювання тиску, температури, об'ємних витрат та інших параметрів крові, а також параметрів інших рідин і газів.

Основні напрями застосування АШК у клінічній практиці:

1. Загальний штучний кровообіг для повної заміни насосної функції серця, газообмінна функція легень і функції теплового балансу в організмі. Основне застосування – кардіохірургія.

2. Регіонарний штучний кровообіг – перфузія окремого органа або області організму, тимчасово ізольованих від решти судинної системи. Застосовується в онкології, гнійній хірургії для підведення великих концентрацій лікувальних речовин.

3. Створення штучної гіпотермії (зниження температури організму).

Характеристики деяких типів АШК наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Модель	Артеріальний насос	Оксигенатор	Коронарна аспірація	Максимальна об'ємна швидкість, л/хв	Початковий об'єм заповнення, л
АИК-5М	Два мембранних насоси з електроприводом	Протиструминний бульбашковий	Два роликів насоси	6,0	2,5
ИСЛ-4	Роликовий з електроприводом	Дисковий плівковий	- // -	8,0	2,5
РЕМСО (США)	- // -	- // -	- // -	8,5	3,5

Закінчення табл. 1.2

Модель	Артеріальний насос	Оксигенатор	Коронарна аспірація	Максимальна об'ємна швидкість, л/хв	Початковий об'єм заповнення, л
Poly Stan (Данія)	Роликовий з електроприводом	Прямоструминний бульбашковий (разовий)	Вакуумне відсмоктування	7,0	2,0
Bentley (США)	Камерний з пневмоприводом	Прямоструминний бульбашковий	Два роликових насоси з електроприводом	6,0	2,0
AGA (Швеція)	Роликовий з електроприводом	Дисковий плівковий	- // -	9,0	4,0
Tonokura DS-5 (Японія)	- // -	Відцентровий екранний плівковий	Три роликових насоси	6,0	1,5

#### 1.4. Апарат «Штучна нирка»

Нирка виводить з організму речовини, що виникають у процесі метаболізму (обміну речовин), а також підтримує водно-електролітичний баланс.

«Штучна нирка» (АШН) – апарат для виведення з організму токсичних продуктів обміну та екзогенних речовин стороннього походження, а також для регуляції електролітичного водного балансу й кислотно-лужної рівноваги.

Апарат «Штучна нирка» призначено для тимчасової заміни функції нирок з очищення крові, але він не моделює природні ниркові процеси.

*Гемодіаліз* (гр. *haima* – кров, *dialysis* – розкладання, розподіл) – метод очищення крові від низько- і середньомолекулярних речовин за допомогою вибіркової дифузії через напівпроникну мембрану, що відокремлює стерильну кровопровідну систему від нестерильного діалізувального розчину.

Густина потоку речовини через мембрану описує рівняння Фіка

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

де  $x$  – напрямок дифузії;  $c(x)$  – функція розподілу концентрації речовини;  $D$  – коефіцієнт дифузії.

*Ультрафільтрація* – видалення з організму води внаслідок різниці гідростатичного й осмотичного тисків по обидва боки напівпроникної мембрани.

Необхідний для ультрафільтрації градієнт тиску досягається шляхом зниження тиску діалізувального розчину відносно тиску потоку крові.

Основні елементи апарата «Штучна нирка» (рис. 1.10):

- діалізатор;
- перфузійний пристрій, призначений для транспортування крові через кровопровідну систему;
- пристрій, призначений для приготування й подавання в діалізатор розчину (діалізувальна система);
- пристрій, що контролює й регулює основні техніко-медичні параметри гемодіалізу, монітор.

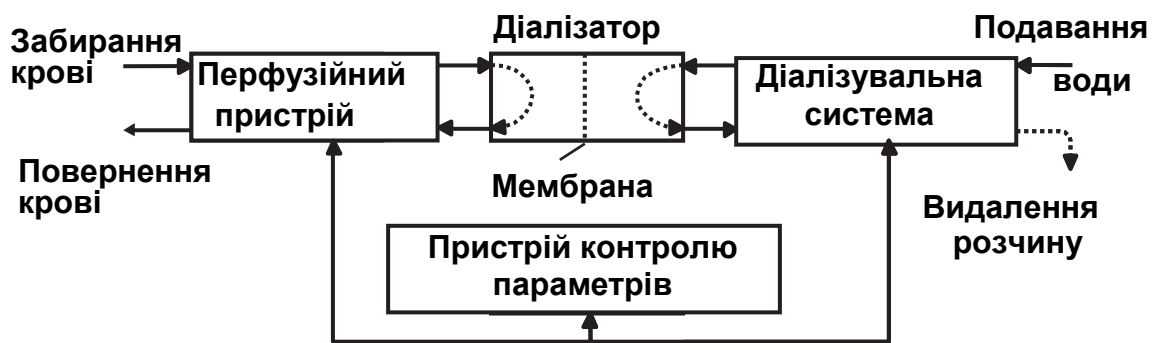


Рис. 1.10. Функціональна схема АШН

*Діалізатори (гемодіалізатори)* – технічні пристрої для виконання функцій гемодіалізу й ультрафільтрації в апаратах «Штучна нирка». Розглянемо основні типи діалізаторів.

1. Діалізатор у формі обертового барабана, на якому спіралью в один шар намотано трубку з целофану, по якій транспортується кров (рис. 1.11).

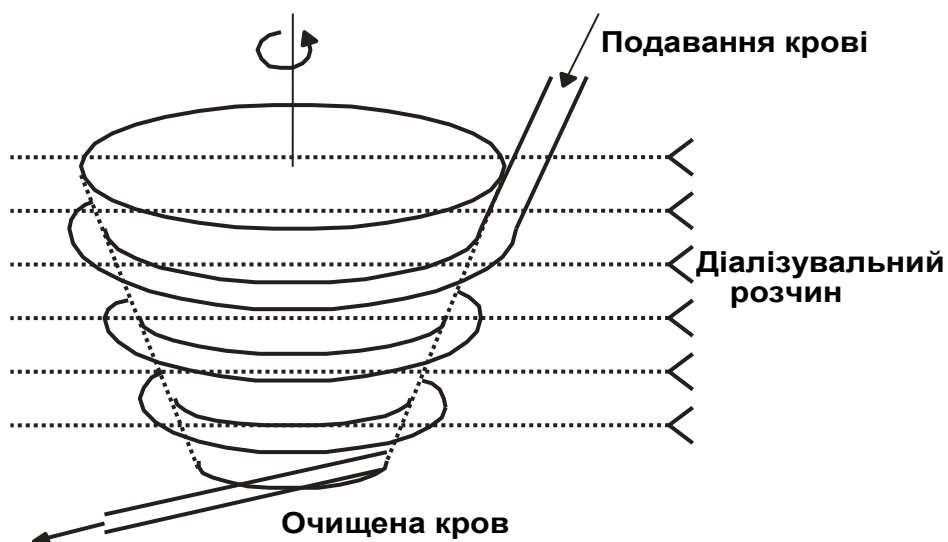


Рис. 1.11. Барабанний діалізатор

2. Діалізатори котушкового типу містять трубку з напівпроникної мембрани, намотану в кілька шарів на тверду основу циліндричної форми. Для запобігання збільшенню об'єму трубки при циркуляції крові її з двох боків обмежують пластиковими жорсткими стінками (рис. 1.12).

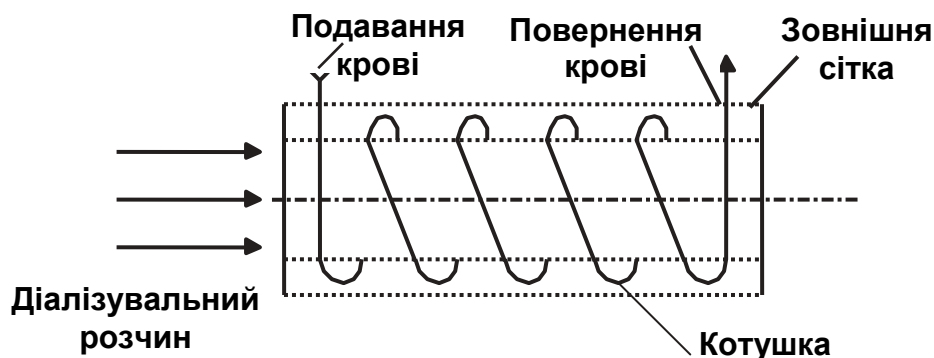


Рис. 1.12. Котушковий діалізатор

3. Діалізатори пластинчастого типу (рис. 1.13) – це пристрої, основними елементами яких є листи з напівпроникної мембрани, затиснені між пластинами з полімеру (оргскла) з поздовжніми канавками, що формують спрямовані потоки крові й діалізувального розчину по обидва боки мембрани.

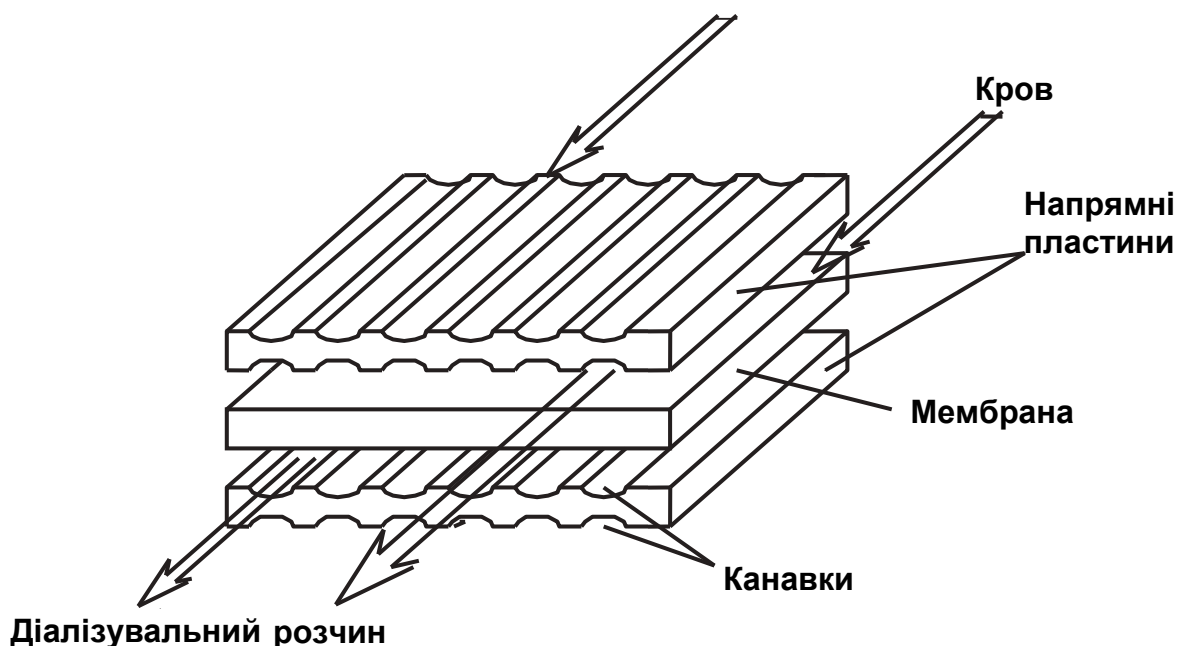


Рис. 1.13. Пластинчастий діалізатор

4. Капілярні діалізатори (рис. 1.14) – це пристрої, основою яких є тонкостінні капіляри (11...30 мкм) із напівпроникної мембрани з внутрішнім діаметром 100...200 мкм. Сотні тонких капілярних трубок об'єднані в пучки, які поміщаються в циліндричні футляри з прозорого пластику.

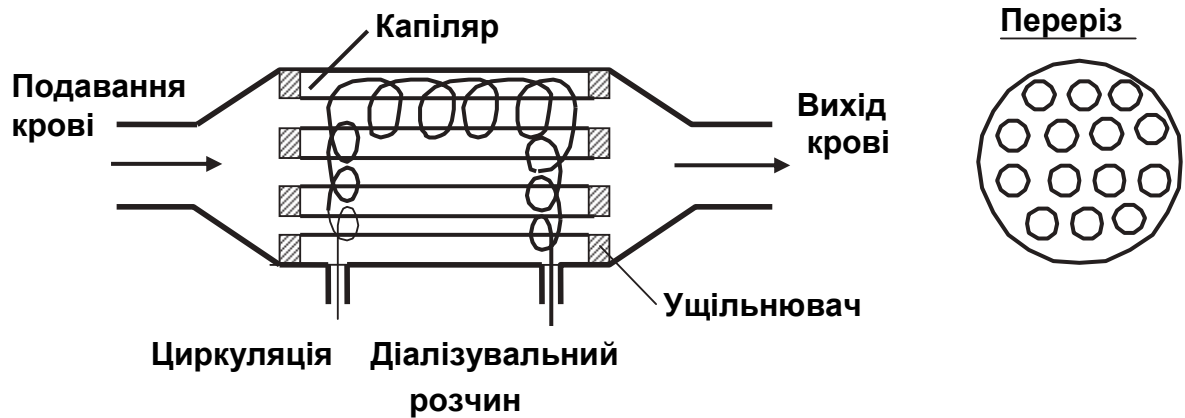


Рис. 1.14. Капілярний діалізатор

Більшість мембран виготовляють з похідних сполук целюлози (целофану, купрофану, нефрофану). Діаметр пор (мікроотворів) у мембрані становить 1,5...2,5 мкм, товщина мембрани – 10...200 мкм. До напівпроникної мембрани ставляться такі основні вимоги:

- не виділяти токсичних продуктів при контакті з кров'ю;
- забезпечувати ефективне видалення метаболітів і токсинів;
- забезпечувати достатню швидкість очищення крові;
- мати високу механічну міцність.

Основні параметри діалізаторів:

1. Показники ефективності роботи діалізаторів:

а) *кліренс*, що характеризує очищувальну здатність діалізаторів при постійному оновленні діалізувального розчину, мл/хв:

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

де **A** – концентрація речовини на вході в діалізатор, яка видалається;  
**R** – концентрація речовини на виході з діалізатора, яка видалається;  
**a** – об'ємна швидкість перфузії, мл/хв;

б) *діалізанс*, що характеризує роботу діалізаторів з очищення крові при рециркуляції діалізувального розчину, коли в процесі діалізу підвищується концентрація речовини в діалізувальному розчині, яка видалається, мл/хв:

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

де **U** – концентрація речовини в діалізувальному розчині, яка видалається.

2. Площа діалізувальної поверхні (загальна площа всіх мембран 0,24...2,5 м<sup>2</sup>).

3. Об'єм первинного заповнення кров'ю, залишковий об'єм.



4. Гідравлічний опір діалізаторів (перепад тисків між входом і виходом діалізаторів).

5. Метод стерилізації.

6. Частота прориву мембрани.

**Діалізувальна система** – частина АШН, що забезпечує підготовку й прокачування діалізувального розчину через діалізатор. Основна функція діалізувального розчину – зв'язування низькомолекулярних речовин і перешкоджання їх зворотному руху через мембрану.

Фізичними методами це можна здійснити зменшенням тиску діалізувального розчину відносно тиску крові і забезпеченням циркуляції діалізувального розчину.

Хімічним способом це можна виконати, забезпечивши певний хімічний склад діалізувального розчину, а також утворенням хімічних сполук речовини, що видаляється, з елементами розчину. Розчин має містити катіони Na, K, Ca, Mg та аніони ацетону і хлору.

Основа розчину – вода. Для її очищення застосовуються механічне очищення (фільтрація), метод дистиляції, метод демінералізації (за допомогою йонно-обмінних смол).

Діалізувальний розчин використовують трьома способами:

- рециркуляція – готовий діалізувальний розчин циркулює в одному замкненому контурі;

- система на зливання – діалізувальний розчин одноразово проходить через діалізатор і видаляється для утилізації;

- поєднання системи рециркуляції і системи на зливання.

Готують діалізувальний розчин або порційним способом (попередньою підготовкою заданого об'єму), або безперервним. При безперервному способі відбувається процес змішування води з (30...35)%-вим концентратом у спеціальних дозаторах (генераторах діалізувального розчину).

Функціональну схему діалізувальної системи показано на рис.1.15.

*Перфузійний пристрій апарата «Штучна нирка».* У практиці гемодіалізу використовуються АШН без перфузійних пристроїв, і тоді застосовується метод артеріовенозного шунта, а функцію перфузійного пристрою виконує серце самого пацієнта. Однак у більшості випадків клінічної практики застосовується метод перфузії, що реалізується за допомогою технічних пристроїв. Функціональну схему такого пристрою зображено на рис. 1.16.

Як перфузійні насоси використовуються такі ж конструкції, як і в апаратах штучного кровообігу (мембранні, роликові, пальчасті).

Підімкнення кровоносної системи пацієнта до перфузійного пристрою здійснюється за допомогою спеціальних катетерів. Для захисту життя пацієнта в критичних ситуаціях вводиться система аварійних блокувань.

Основні технічні параметри апарата АШН:

- первинний об'єм заповнення кровопровідної системи – 200 см<sup>3</sup>;

- максимальна об'ємна швидкість прокачування крові – 600 мл/хв;

- середня об'ємна швидкість очищення крові – близько 300 мл/год при об'ємній швидкості прокачування крові 200 мл/хв;
- максимальний перепад тисків кров – розчин в діалізаторі – 150 мм рт. ст.

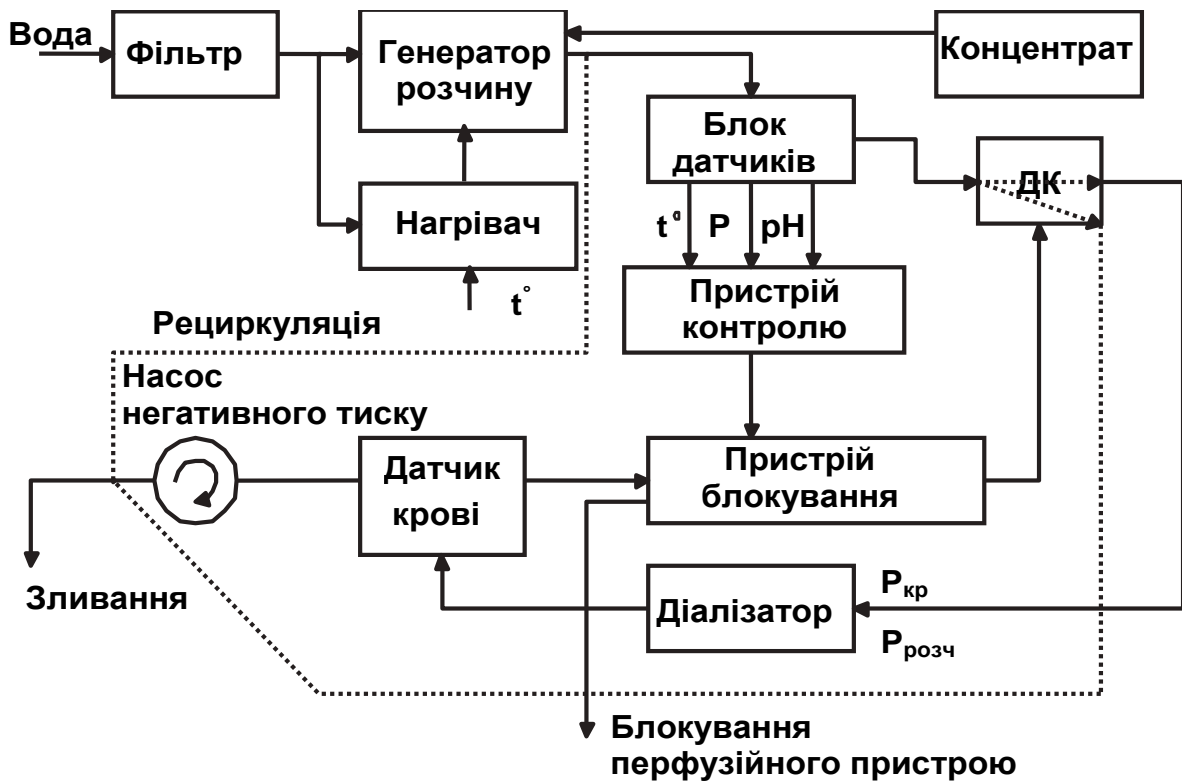


Рис. 1.15. Структурна схема діалізувальної системи (ДК – двоспрямований клапан)

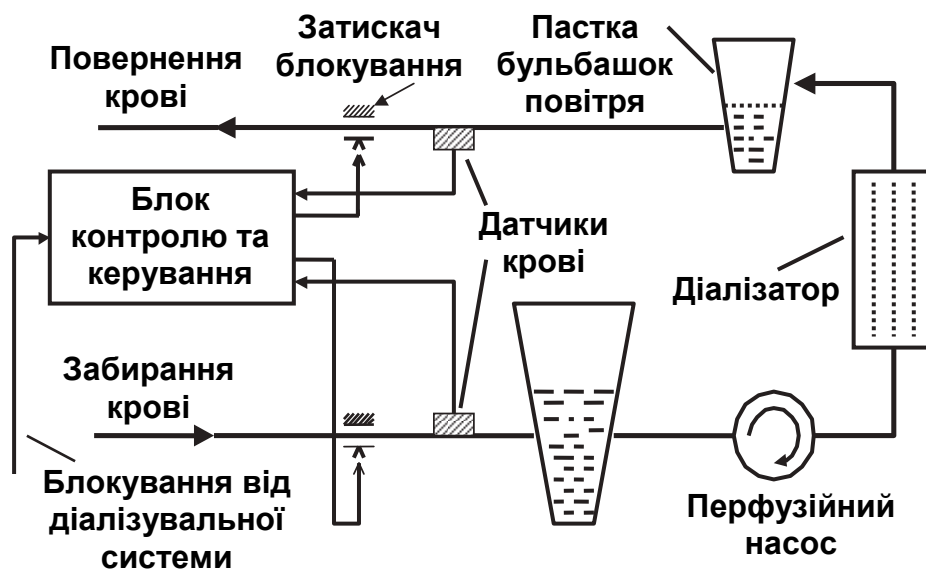


Рис. 1.16. Структурна схема перфузійного пристрою АШН

Напрями розвитку форм позаниркового очищення крові:

1. Використання сорбентів для створення «носильної штучної нирки». Будову патрона для очищення крові одноразового використання показано на рис. 1.17.

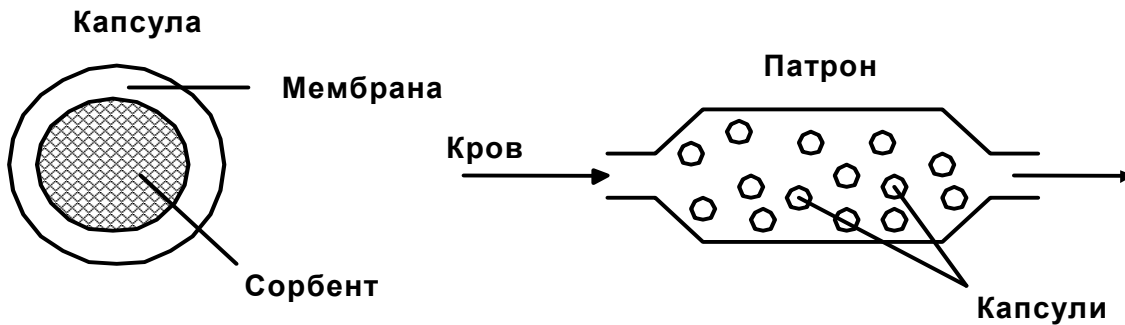


Рис. 1.17. Патрон для очищення крові

2. Регенерація діалізувального розчину. Дає змогу вести гемодіаліз при безперервній циркуляції обмеженої кількості діалізувального розчину, зменшити габарити й масу апарата АШН, використовувати АШН не тільки в стаціонарних умовах (рис. 1.18).

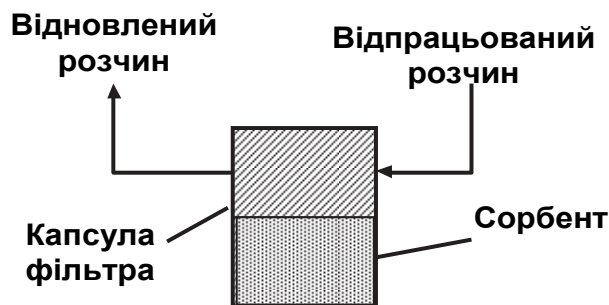


Рис. 1.18. Принцип відновлення діалізувального розчину

Апарати «Штучна нирка» зазвичай використовуються у стаціонарних клінічних умовах під час хірургічних операцій та при активній терапії для лікування таких захворювань:

- травми, пов'язані з порушенням функцій нирок;
- онкологічні захворювання нирок;
- захворювання органів сечової системи;
- отруєння токсинами;
- порушення електролітичного балансу;
- інтоксикація при опіках;
- важкі набряки мозку й легенів, що не підлягають звичайній терапії;
- операції з пересадки донорських нирок.

Не рекомендується використання АШН при порушенні згортання крові й кровотечах.

## 1.5. Апарат «Допоміжна печінка»

Апарат «Допоміжна печінка» (АДП) призначено для підтримання роботи ураженої печінки. АДП заміщає метаболічні властивості ураженої печінки аж до відновлення її нормальної функції. Основні блоки апарата зображено на рис. 1.19.

Особливістю цього апарата є виділення плазми з крові хворого за допомогою плазмодіфільтра з подальшою її взаємодією в конусоподібному роторі, який обертається разом з біологічною субстанцією. Оброблена плазма знову змішується з еритроцитною компонентою, і відновлена кров уводиться до організму пацієнта.

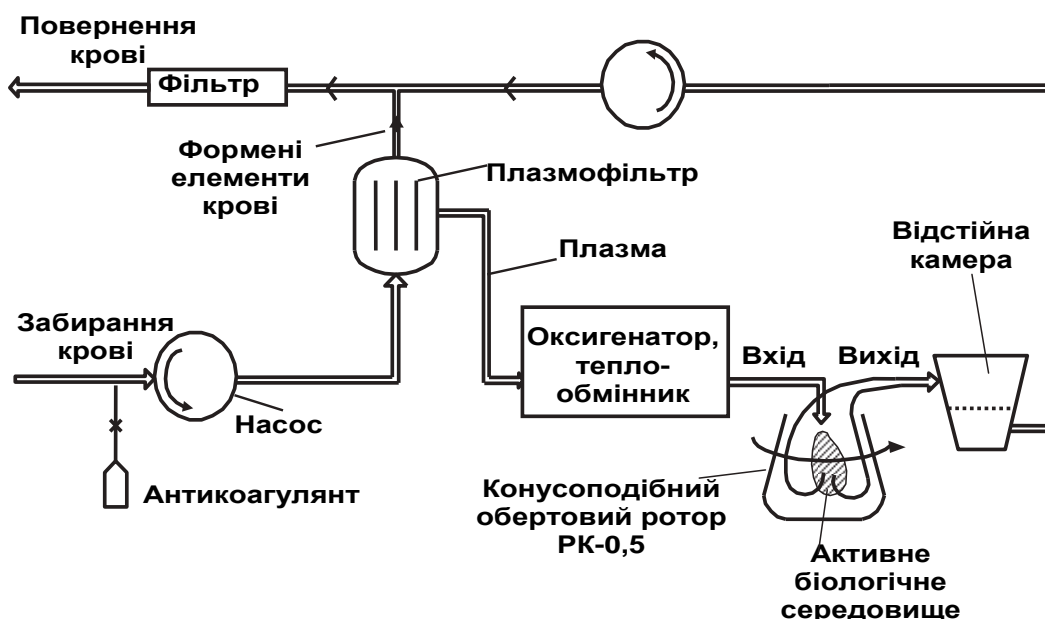


Рис. 1.19. Структурна схема АДП

Технічні характеристики АДП:

- первинний об'єм заповнення – 500...550 мл;
- об'ємна швидкість перфузії – 30...40 мл/хв;
- об'ємна швидкість прокачування плазмової фракції – 15...20 мл/хв;
- швидкість обертання ротора – 800 об/хв.

АДП застосовується для лікування вірусного гепатиту, загострення хронічного гепатиту, цирозу печінки, гепатоцеребральної дистрофії.

## 1.6. Апарат «Штучна ендокринна підшлункова залоза»

Апарат «Штучна ендокринна підшлункова залоза», призначений для стабілізації рівня цукру в крові хворих на цукровий діабет, моделює функцію саморегуляції здорової людини.

Традиційний метод періодичних ін'єкцій інсуліну призводить до стрибкоподібного змінення концентрації цукру в крові хворого (рис. 1.20), що негативно позначається на процесах саморегуляції в організмі.

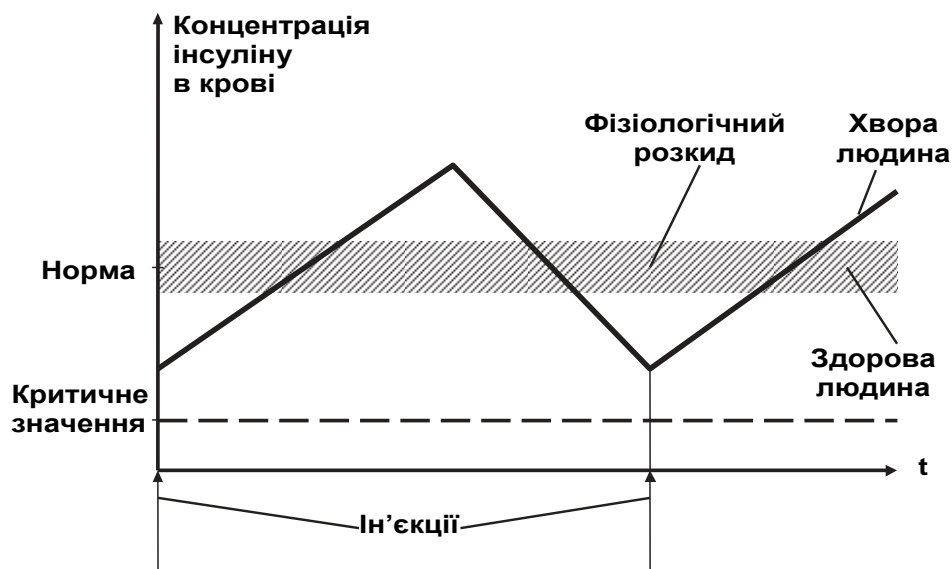


Рис. 1.20. Коливання рівня інсуліну під час ін'єкцій

Апарати «Штучна ендокринна підшлункова залоза» поділяються на два класи:

1. Стационарні апарати типу «Біостатор» (рис. 1.21), що функціонують за принципом безперервного вимірювання концентрації цукру в крові і введення адекватної кількості інсуліну або глюкози.

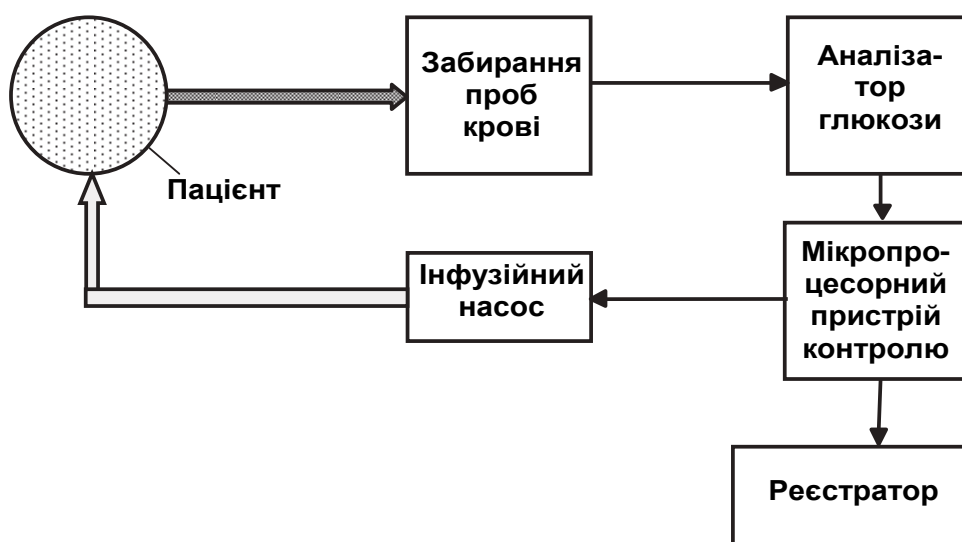


Рис. 1.21. Структурна схема апарата «Біостатор»

2. Парокорпоральні (носильні) та імплантовані дозатори інсуліну, що являють собою багаторежимні насоси інсуліну:

- носильні дозатори шприцевого типу мають кілька режимів введення інсуліну; джерело енергії – стиснений газ, рідше – мікроелектродвигун з джерелом живлення;

- імплантовані дозатори інсуліну, у яких як джерело енергії використовується стиснений газ.

### 1.7. Апарати штучної вентиляції легенів

Штучна вентиляція легенів (штучне дихання, керована вентиляція легенів) – це періодична або безперервна заміна повітря в легенях штучними методами при припиненні або недостатності їх природної вентиляції.

Апарати штучної вентиляції легенів (ШВЛ) заміщають лише одну складову процесу дихання – вентиляцію, але, тим не менш, побічно впливають на дифузію газу в легенях, легеневий кровообіг і тканинний газообмін.

Штучна вентиляція легенів здійснюється двома методами: вдуванням (інсуфляцією) повітря в дихальні шляхи; зміненням форми й об'єму грудної клітки.

Розроблені технічні засоби реалізують перший метод. Таким чином, апарати ШВЛ – це технічні пристрої, що здійснюють обмін повітря в дихальних шляхах організму. Структуру такого апарата зображено на рис. 1.22.



Рис. 1.22. Структура апарату ШВЛ

Концентрація кисню в дихальній суміші не має бути нижчою за 16 % (у кімнатному повітрі – приблизно 21 %), в іншому випадку може виникнути гіпоксія.

Апарати штучної вентиляції легенів розрізняють за призначенням: для реанімації, для наркозу, для лікування дітей.

Основним вузлом апарата ШВЛ є генератор вдиху, що подає під час вдиху дихальну суміш у легені пацієнта. Застосовують два види приводів генератора вдиху: пневматичний та електричний. Для зниження негативної дії штучного дихання на гемодинаміку застосовують генератор видиху, аналогічний генератору вдиху. Необхідну комутацію газових потоків здійснює розподільний механізм, що перемикається з режиму вдиху на режим видиху і назад, після досягнення заданих значень дихальних об'ємів, часових фаз дихання або тиску.

Загальні характеристики деяких типів апаратів ШВЛ наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Показники	Моделі			
	PO-6H	«Лада»	«Віта-1»	Ohio (US)
Основне призначення	Тривала реанімація	Короткочасна реанімація	Реанімація дітей	Тривала реанімація
Енергопривід	Електродвигун	Пневмопривід	Електродвигун	Пневмопривід
Принцип керування циклом дихання	За об'ємом	За часом	За часом	За об'ємом
Діапазон установлення хвилинної вентиляції, л/хв	2...50	5...25	-	1...30
Відношення тривалості вдих / видих	1,3; 2; 3	1,5...3	2	1...3
Максимальний тиск вдиху, мм рт. ст.	10...150	-	-	10...200

## 1.8. Слухові апарати

Слухові апарати (СА) – це електроакустичні пристрої для слухового протезування, а саме для приймання, перетворення, посилення звукових сигналів і передавання їх особам зі зниженим слухом.

Слухове протезування є необхідним при захворюваннях зовнішнього, середнього і внутрішнього вуха.

За конструкцією слухові апарати поділяються на такі: заушні, в очковій оправі, кишенькового типу, у вигляді вушних вставок.

Узагальнену функціональну схему слухового апарата показано на рис. 1.23, а його основні технічні дані наведено в табл. 1.4.

Деякі форми глухоти пов'язані з ураженням рецепторного апарата завитка (внутрішнього вуха). У цьому випадку завитка не генерує біоелектричний сигнал при порушенні механічних коливань. Для відновлення слухового сприйняття необхідно імплантувати електроди в область подразнення слухового нерва і на них подавати електричні сигнали, які відповідають тим, що виникають при впливі механічного стимулу. Таке протезування називають кохлеарним. Для увімкнення слухового апарата імплантовані електроди повинні мати мікрорознім.

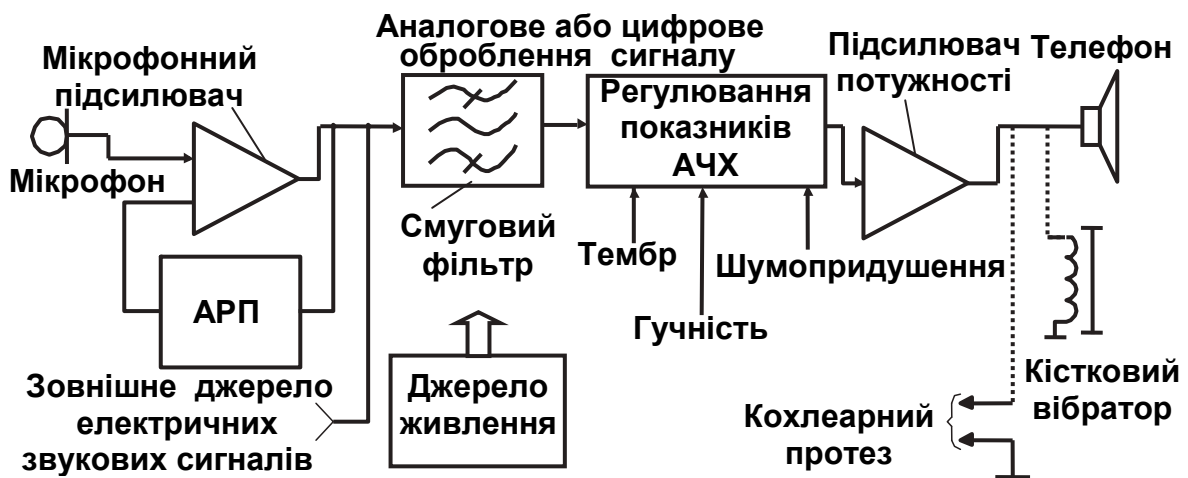


Рис. 1.23. Функціональна схема слухового апарата

Таблиця 1.4

Характеристики	Значення або функції
Акустичне підсилення	30...50 дБ (вушні вставки), 40...80 дБ (інші типи)
Частотний діапазон	$F_H = 50...500$ Гц, $F_B = 3...7$ кГц
Максимальний рівень звукового тиску	100...140 дБ (вушні вставки), 120 ...140 дБ (інші типи)
Вид амплітудно-частотної характеристики (АЧХ)	Рівномірна, з підйомом на низьких або високих частотах, частотозалежна (індивідуальна)
Можливість регулювання показників звуковідтворення	Підсилення, тембру (ВЧ, НЧ), смугових АЧХ, шумопридушення
Час безперервної роботи	10...100 год (акумулятори), 100...400 год (батареї)
Шуми, нелінійні спотворення	Мінімізуються
Можливість підімкнення до джерел електричних звукових сигналів	До мобільного телефона, комп'ютера, радіо- і телеприймачів



## 2. АПАРАТИ І ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЛІКУВАННЯ

*Електролікування* – це група методів фізіотерапії, що базуються на використанні дозованого впливу на організм електричних струмів, електричних і магнітних полів, електромагнітних випромінювань.

### 2.1. Апарати для гальванотерапії й електрофорезу

*Гальванотерапія* – це застосування з лікувальною метою постійного електричного струму (полярність якого не змінюється протягом процедури) невисокої напруги (30...80 В) і невеликої сили (до 50 мА). Схему найпростішого апарату для гальванотерапії показано на рис. 2.1.

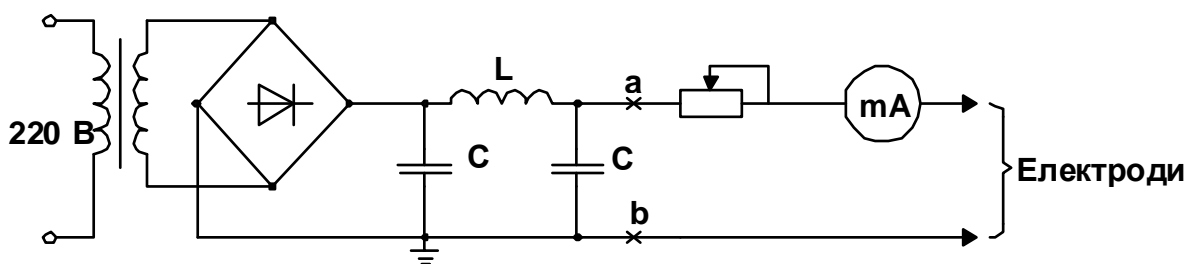


Рис. 2.1. Основна електрична схема для засобів гальванотерапії

*Фізичний механізм гальванотерапії.* Дисоційовані йони неорганічних елементів і води в біологічних тканинах переміщуються в електричному полі в напрямку полюсів, протилежних до знака їх зарядів. У наслідок цього відбувається перерозподіл концентрації зарядів в організмі, що супроводжується поляризацією й електролізом на мікро- і макрорівнях.

*Біологічний механізм гальванотерапії.* Відбувається подразнення рецепторного апарату, який стимулює регуляторно-обмінні процеси в організмі.

Методика застосування є такою. Для процедур гальванотерапії на поверхні шкіри пацієнта встановлюють металеві плоскі електроди зі свинцю або нержавіючої сталі (рис. 2.2). Площу електродів вибирають при умові, що густина струму становить не більше, ніж  $0,01...0,1 \text{ мА/см}^2$ . Катодний та анодний електроди можуть мати однакову площу або один з них може бути меншим. У цьому випадку електрод з меншою площею є активним, через нього проходить струм більшої густини. Гальванотерапію супроводжує електроліз, при цьому на електродах виділяється сіль, що міститься у тканинах організму, а це може спричинити припикання шкіри. Отже, необхідно застосовувати вологі гідрофільні прокладки для запобігання виникненню опіків.

Сучасні апарати для гальванотерапії містять кілька додаткових блоків, зображених на рис. 2.3.

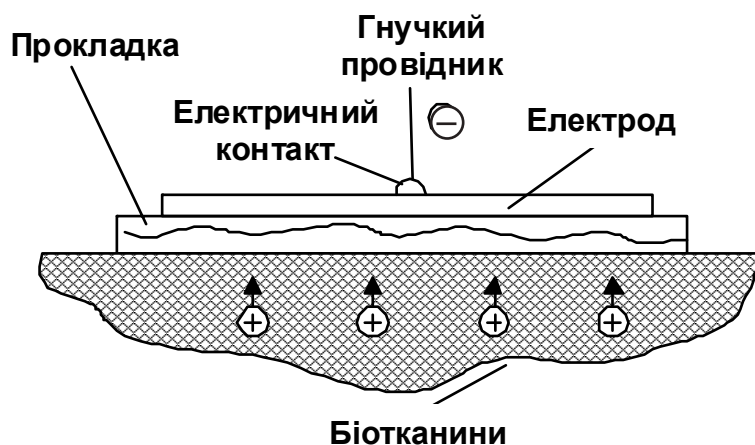


Рис. 2.2. Методика накладення електродів

Гальванотерапія застосовується для лікування уражень периферичної нервової системи інфекційного, токсичного й травматичного походження (радикуліт, невралгія, розлад сну, мігрень). Середня тривалість процедури становить 10...30 хв.

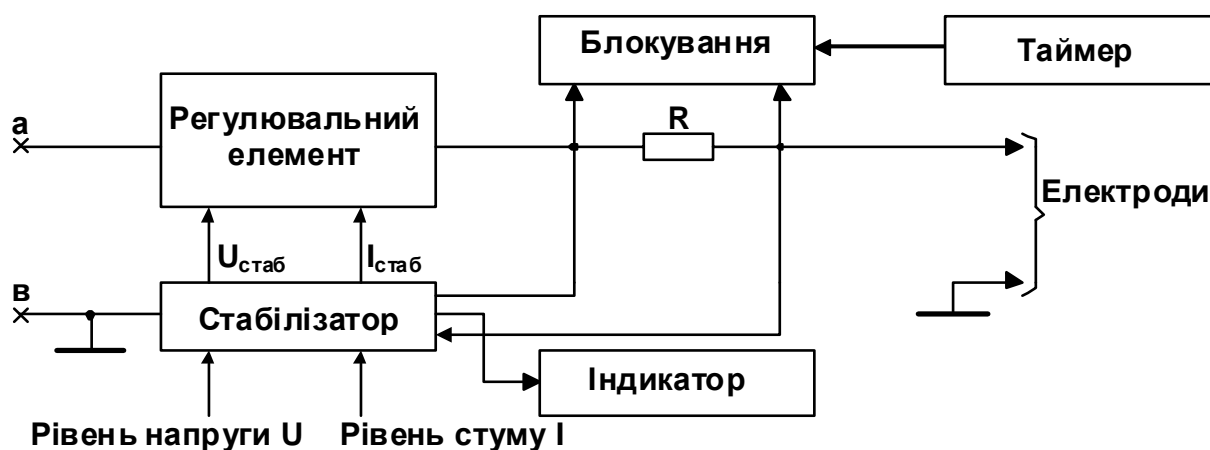


Рис. 2.3. Структура сучасного апарата для гальванотерапії

*Електрофорез ліків* (інші назви – іонофорез, гальваноіонотерапія) – метод електролікування, що поєднує вплив на організм постійного струму й уведення з його допомогою лікарських речовин (рис. 2.4). Фізичною основою методу є процеси електролітичної дисоціації та електролізу.

У підшкірну область проникає 1...10 % загальної маси лікувальної речовини. Основні шляхи проникнення – протоки потових і частково сольних залоз. Безпосередньо після процедури речовина ліків знаходиться в епідермісі й підшкірній клітковині (підшкірне йонне депо). Звідси речовина ліків через деякий час за допомогою лімфо- і кровотоку поширюється по всьому організму.

Особливості застосування електрофорезу ліків:

- тривалість дії ліків;
- створення високої локальної концентрації речовини ліків без насичення ними крові та інших середовищ організму;
- менша ймовірність виникнення побічних реакцій;
- уведення лікарської речовини в найбільш біологічно активній іонній формі;
- відносна безболісність процедури й відсутність травм тканин;
- стимулювальна дія електричного струму.

Техніка проведення електрофорезу ліків зводиться до трьох способів розташування розчину ліків на шляху струму між електродами.

*Перший спосіб*, що є найбільш поширеним, полягає в модифікації гальванізації (див. рис. 2.4). При виборі полярності слід урахувати, що йони всіх металів, алкалоїдів, антибіотиків, сульфамідних препаратів мають позитивний заряд, тому їх розчини розташовують під позитивним електродом, а йони кислотних радикалів (металоїдів) мають негативний заряд, тому їх розчини розміщують з боку негативного електрода.

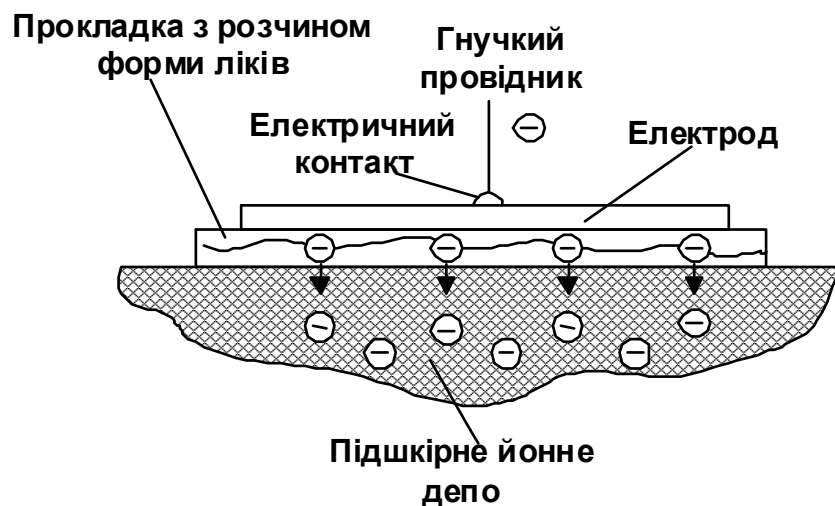


Рис. 2.4. Накладення електрода для електрофорезу ліків

*Другий спосіб* – ванночковий електрофорез ліків. При цьому способі у ванночку, заповнену розчином ліків, з вмонтованими електродами занурюють оголену частину тіла пацієнта, яка підлягає впливу (рис. 2.5). Другий електрод може бути розташований на тілі пацієнта поза розчином.

*Третій спосіб* – порожнинний електрофорез ліків, який полягає в тому, що перед введенням електрода в порожнину туди попередньо вводять розчин ліків.

Електрофорез ліків протипоказаний при індивідуальній непереносимості або алергічній реакції на лікарську речовину.

Для апаратної реалізації електрофорезу ліків застосовують ті ж технічні засоби, що й для гальванотерапії.



Рис. 2.5. Ванночковий електрофорез

## 2.2. Пристрої для електростимуляції

*Електростимуляція* – методи електролікування, у яких штучний електричний сигнал замінює природне нерве подразнення, що спричиняє скорочення м'язів. Ефект електростимуляції залежить від форми електричного струму, його амплітуди й частоти.

Динаміка стимульованих процесів скорочення м'язів характеризується частотами 1...100 Гц, знеболювання – 100...500 Гц.

**Діадинамотерапія** – метод електролікування за допомогою низько-частотних пульсуючих струмів.

Діадинамічні струми – імпульсні струми незмінної полярності півсинусоїдальної форми з експонентоподібними фронтами (рис. 2.6) і частотою 50 і 100 Гц, що використовуються в різних поєднаннях.

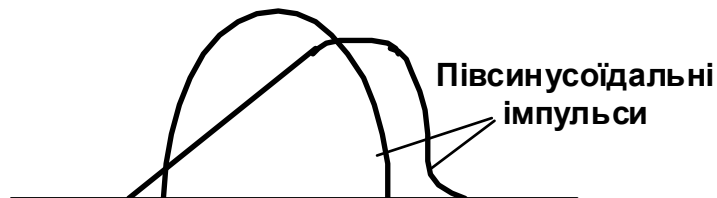


Рис. 2.6. Форма струмів для діадинамотерапії

Варіант функціональної схеми пристрою для діадинамотерапії та осцилограми стимульованих струмів для різних режимів зображено відповідно на рис. 2.7 і 2.8.

*Характеристика використовуваних режимів:*

1. Режим *a* – однотактний безперервний струм (50 Гц); при невеликій інтенсивності виникає відчуття поколювання й печіння, при великій інтенсивності – відчуття сильної переривчастої вібрації; має подразливу й стимульовальну дію.

2. Режим б – двотактний безперервний струм (100 Гц); при малих струмах – відчуття легкого поколювання й печіння, при великих – відчуття слабкої швидкої вібрації; під дією цього струму збільшується електропровідність тканин; застосовується для зняття болю і спазмів.

3. Режим в – переривчастий ритмічний струм (50 Гц); відбуваються цикли скорочення, розслаблення м'язів, немає ефекту звикання; використовується для електростимуляції м'язів.

4. Режим г – струм, модульований періодами різної частоти; відбувається чергування болезаспокійливої дії зі скороченням м'язів; при впливі струму великої сили виникає скорочення м'язів з больовим відчуттям; унаслідок дії посилюється кровопостачання, розширюються судини, збільшується температура в зоні впливу, активізується локальний обмін речовин.

5. Режими д-к – струми з обвідною лінією у формі дуги; застосовуються для створення оптимального впливу на пацієнта й виключення ефекту звикання.

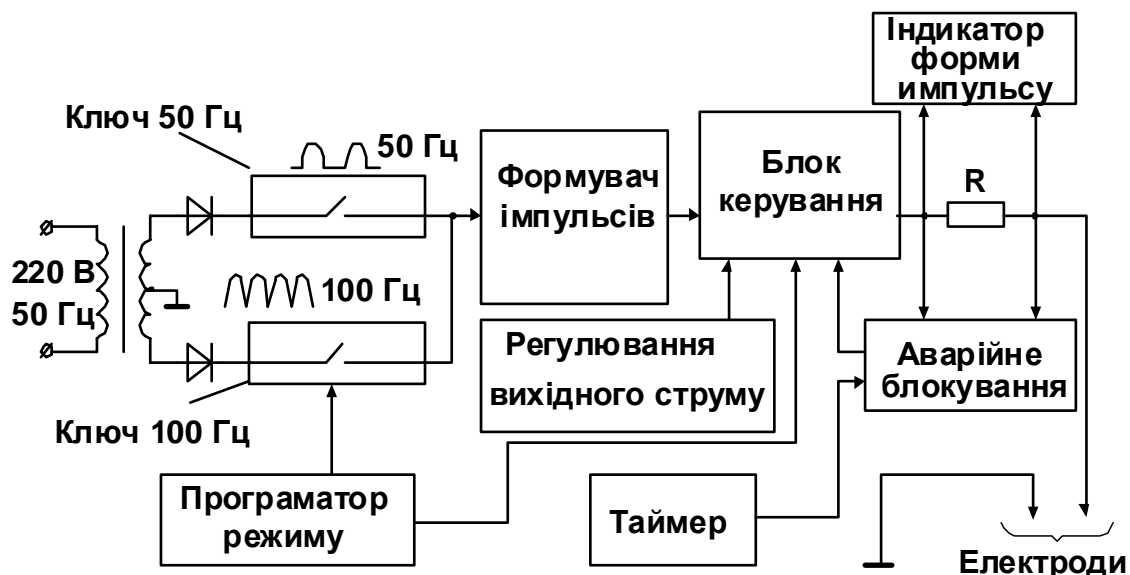


Рис. 2.7. Функціональна схема апарата для діадинамотерапії

Електроди для діадинамотерапії і методики їх накладення аналогічні використанню в гальванотерапії. На больову точку слід встановлювати негативний електрод, який чинить виражену дію на периферичні нервові закінчення.

Діадинамотерапія застосовується для лікування порушень кровообігу, обмінних процесів, гальмування больових процесів (артрози, остеохондрози, паралічі).

Протипоказання: переломи, гнійна інфекція.

Апарати, що використовуються для діадинамотерапії в Україні: «СНИМ-1», «Модуль 717», «Тонус-1 (2)», «АНЕТ 50м».

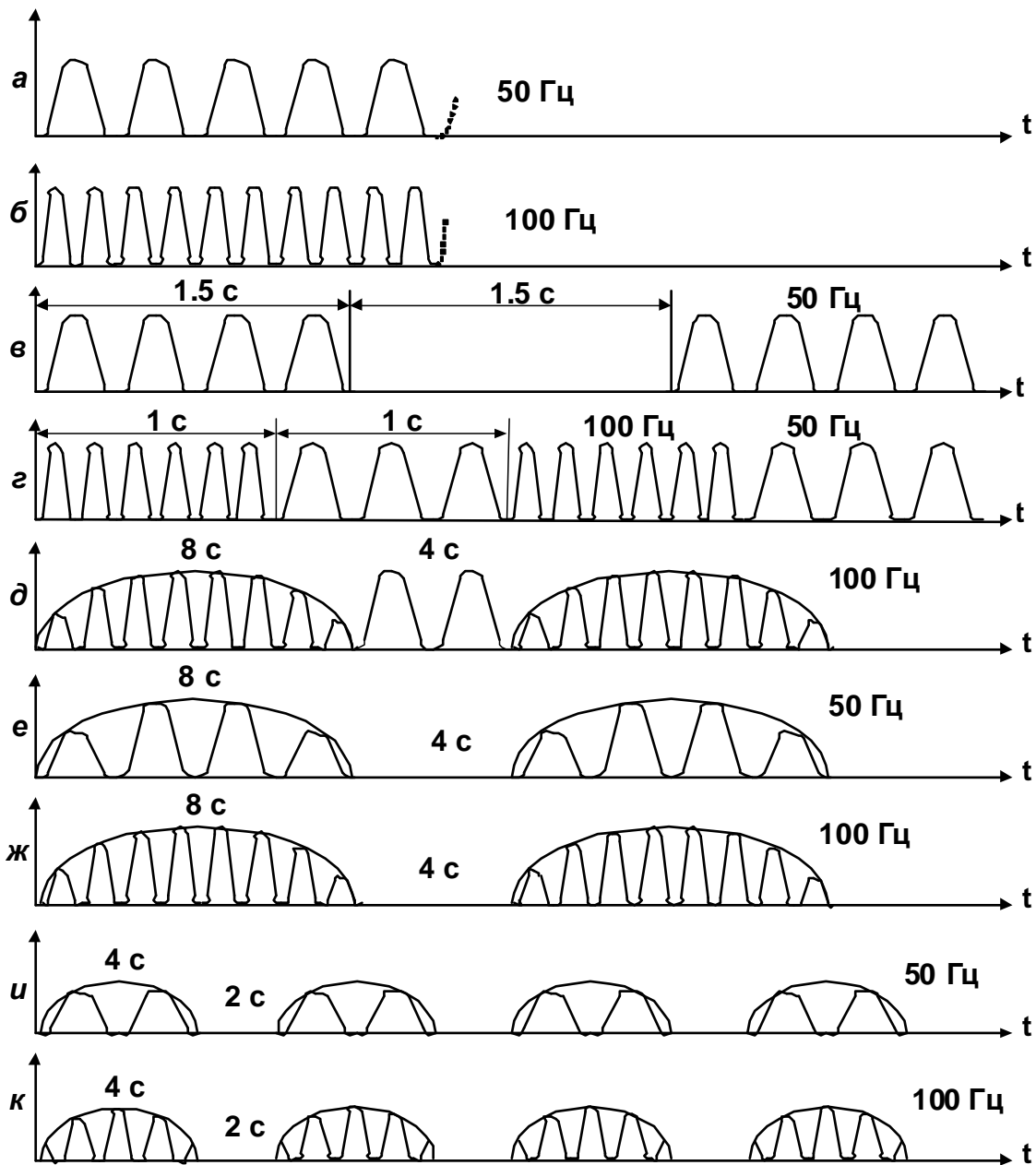


Рис. 2.8. Стандартні режими струмів для діадинамотерапії

**Ампліпульстерапія** – метод електролікування з використанням синусоїдальних струмів частотою 1...8 кГц, модульованих за амплітудою імпульсами частотою 10...150 Гц при силі струму до 80 мА. Застосовується для електростимуляції м'язів, у тому числі і внутрішніх. Має також знеболювальну дію.

Перевага ампліпульстерапії перед діадинамотерапією полягає в тому, що на частотах декілька кілогерців долається великий активний опір шкіри

й поверхневих біоструктур. Еквівалентну схему міжелектродного комплексного опору біотканин показано на рис. 2.9. За експериментальними даними активна  $R_{\text{втк}}$  та ємнісна  $1/2\pi FC_{\text{втк}}$  складові опору внутрішніх тканин відносно активного опору шкіри  $R_{\text{шк}}$  на частотах більше 1 кГц відповідають умовам  $R_{\text{втк}} \ll R_{\text{шк}}$ ,  $1/2\pi FC_{\text{втк}} \ll R_{\text{шк}}$ . Завдяки цьому збільшується глибина стимуляції в умовах амплітудної модуляції низькочастотними сигналами.

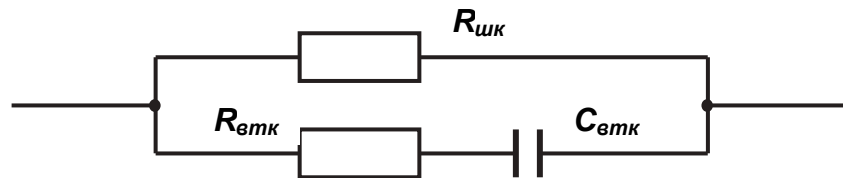


Рис. 2.9. Еквівалентна електрична схема біоструктур на змінному струмі

Механізм знеболювальної дії має дві складові: гальмівний ефект типу нервової блокади в зоні впливу на провідники больової чутливості і створення в центральній нервовій системі домінанти подразнення у відповідь на потужний потік ритмічних імпульсів.

Форми струмів, що найчастіше застосовуються в ампліпульстерапії, показано на рис. 2.10–2.14.

Для всіх цих сигналів може також існувати однополярний варіант впливу. Варіант функціональної схеми пристрою для ампліпульстерапії зображено на рис. 2.15.

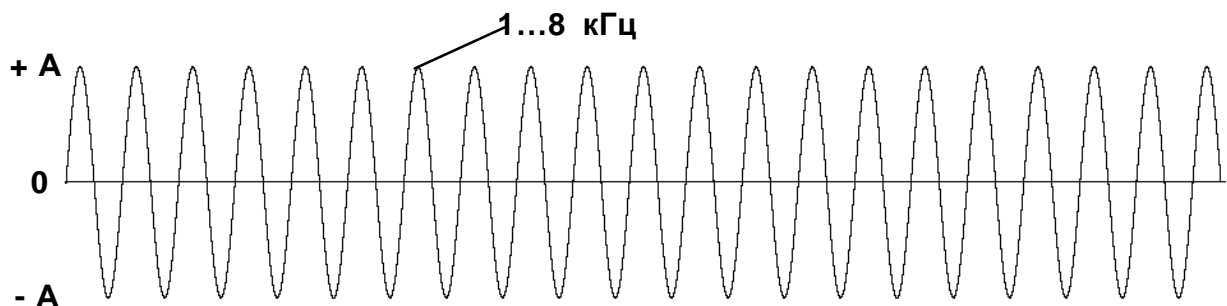


Рис. 2.10. Немодульований синусоїдальний сигнал

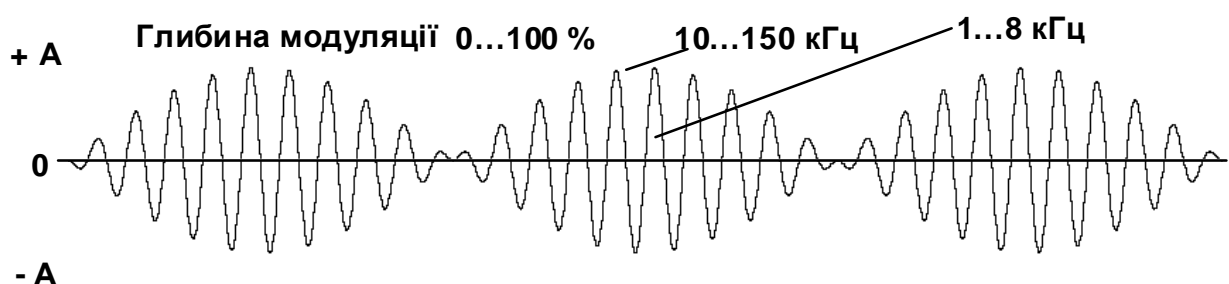


Рис. 2.11. Модульований за амплітудою синусоїдальний сигнал

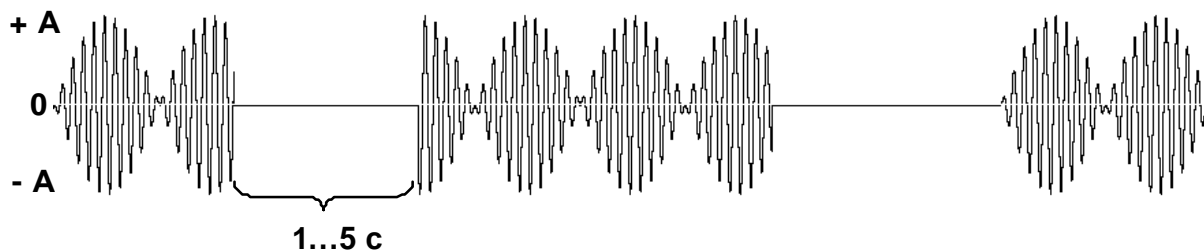


Рис. 2.12. Синусоїдальний модульований сигнал з паузами

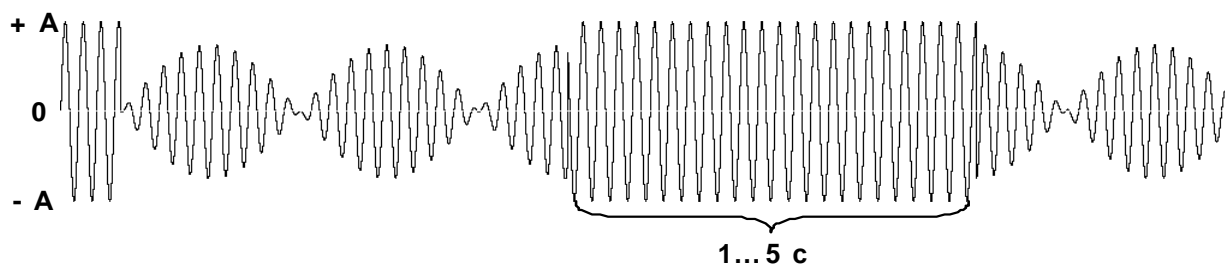


Рис. 2.13. Синусоїдальний модульований сигнал з чергуванням

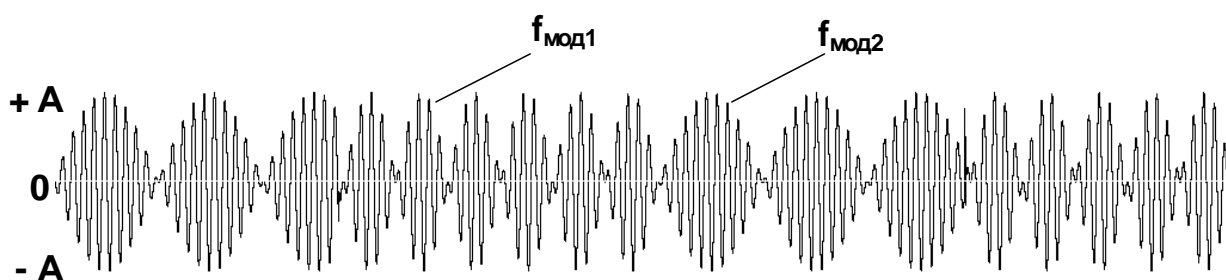


Рис. 2.14. Синусоїдальний сигнал, модульований двома частотами з чергуванням

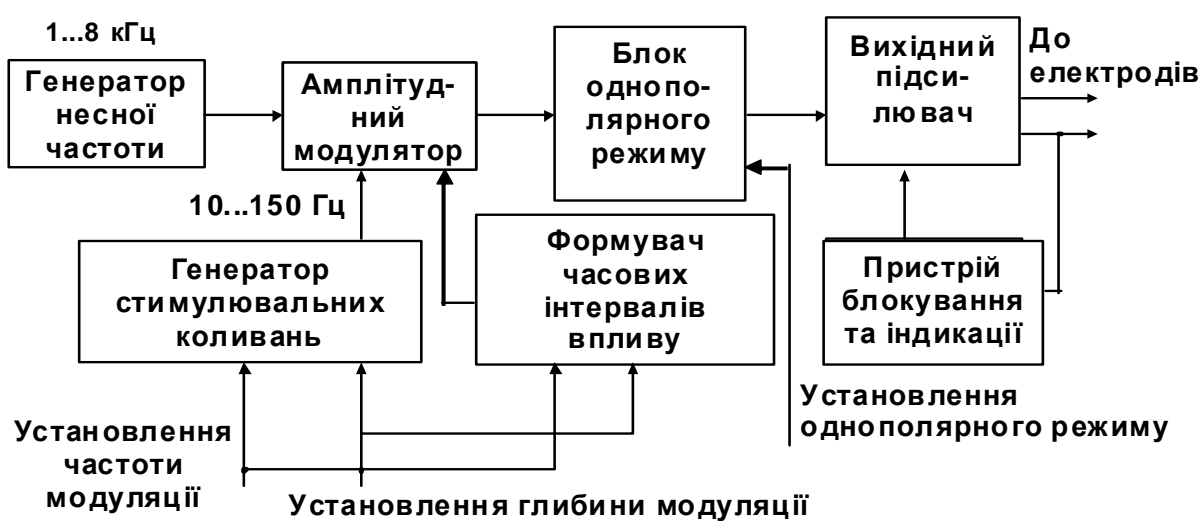


Рис. 2.15. Функціональна схема апарата для ампліпульстерапії



У кабінетах фізіотерапії використовуються апарати таких моделей: «АМПЛІПУЛЬС-3», «АМПЛІПУЛЬС-Т», «АМПЛІПУЛЬС-4, 5, 6».

**Інтерференцотерапія** – метод електролікування двома синусоїдальними струмами середньої частоти (2...8 кГц), що одночасно впливають на організм, а значення їх частот відрізняються на 20...100 Гц. Інтерференція (биття з різницевою частотою) виникає безпосередньо в біотканинах організму. Порівняно з ампліпульстерапією цей метод дає змогу локалізувати вплив на осередок патології, зменшивши навантаження на прилеглі тканини.

Принцип технічної реалізації методу показано на рис. 2.16.

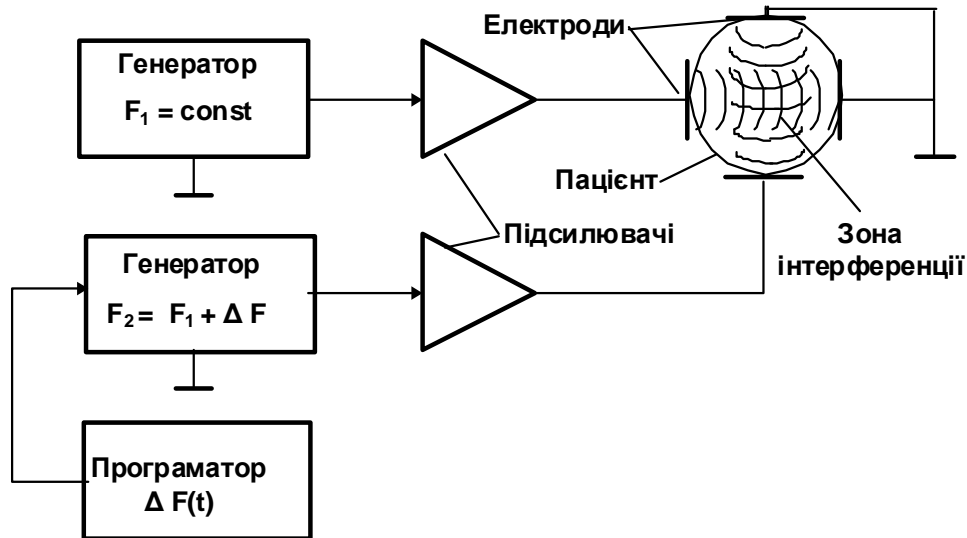


Рис. 2.16. Функціональна схема апарата для інтерференцотерапії

Технічні засоби для інтерференцотерапії – це такі апарати, як «Mela» (2 пари електродів) і «Stereodinator – 728» (3 пари електродів) виробництва фірми Siemens.

Показання до застосування інтерференцотерапії: запальні захворювання внутрішніх органів, вегетативна дистонія, атеросклероз, варикозне розширення вен, остеохондроз, розтягнення зв'язок.

Протипоказання: злоякісні утворення, кровотечі, гострі запальні процеси.

**Терапія шумоподібними флуктуаційними струмами** – вплив на пацієнта струмами, що випадково змінюються в діапазоні частот 100...2000 Гц. Основний медичний ефект впливу – зняття больових відчуттів. Як джерело струмів флуктуації використовуються шуми германієвого діода (рис. 2.17).

Електроди й методика їх накладення є такими самими, що й для ампліпульстерапії. Серійно випускалися апарати АСБ-2-1 (апарат для зняття болю) і ФС-100-4 (апарат для стоматології).

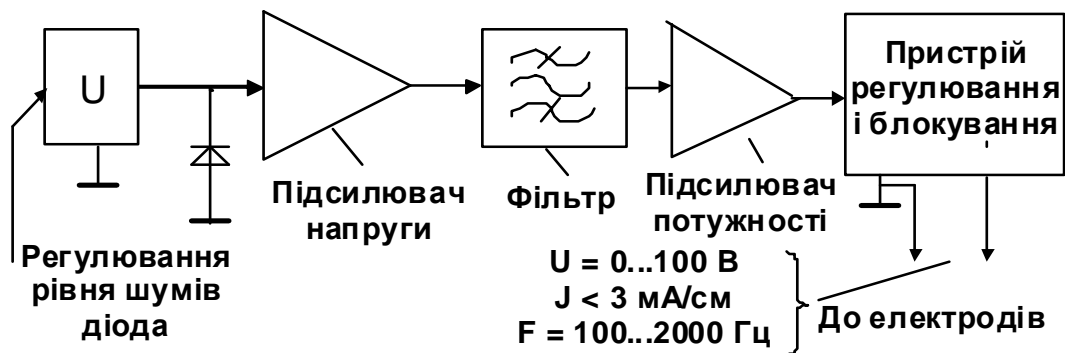


Рис. 2.17. Функціональна схема апарата для впливу струмами флуктуації

**Електростимуляція біопотенціалами** – метод електротерапії, що ґрунтується на впливі імпульсними струмами, сформованими з біопотенціалів нормальних м'язів.

Суть методу полягає в попередньому записі засобами електроміографії біопотенціалів скелетних м'язів, знятих у здорового пацієнта в нормальному стані, з подальшим впливом посиленням сигналом на патологічну область іншого пацієнта.

Можливі варіанти апаратної реалізації методу зображено на рис. 2.18.

Метод і наявна апаратура застосовуються в основному з дослідною метою.

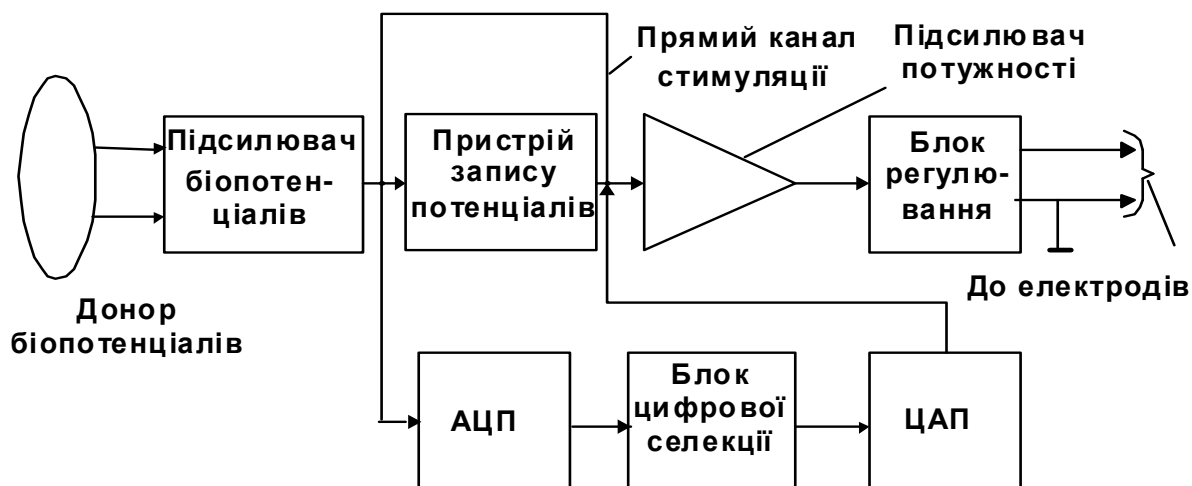


Рис. 2.18. Структурна схема стимуляції біопотенціалами

**Електропунктурна терапія** – метод електролікування, що базується на впливі імпульсних струмів на біологічно активні точки (БАТ) шкірного покриву.

БАТ – обмежені ділянки шкірних покривів тіла, які мають підвищену рефлекторну подразливість у проєкції на внутрішні органи й системи. БАТ є як джерелами діагностичної інформації, так і точками ефективного, цілеспрямованого терапевтичного впливу.

Існують два різновиди методу:

- електропунктура (ЕП) – вплив ведеться точковим активним електродом у БАТ без порушення цілісності тканини;
- електроакупунктура (ЕАП) – вплив ведеться через уведені в БАТ металеві голки, тобто реалізуються методики традиційного голковколуювання й подразнення імпульсним струмом одночасно.

Механізм впливу має в основному інформаційний характер з переважним впливом на структури нервової системи. Енергетичний вплив одного сеансу (тривалість у середньому – 20 хв) становить близько 0,0086 % добової витрати енергії людини.

Оптимальною для створення подразнювальної дії є форма імпульсу з великою крутизою переднього фронту (рис. 2.19), що моделює потенціал дії Ранв'є. Для переважної стимуляції нервових закінчень (а не клітин м'язових тканин) тривалість імпульсу не має перевищувати 0,1 мс.

Виокремлюють такі інтервали частот проходження імпульсів: 1...15 Гц – для подразнення симпатичних нервів; 20...70 Гц – для створення судинорозширювального ефекту; 20...100 Гц – для подразнення парасимпатичних нервів; 80...200 Гц – для ефективного придушення больових відчуттів. Для створення оптимального лікувального ефекту полярність імпульсів устанавлює лікар індивідуально для кожного пацієнта.

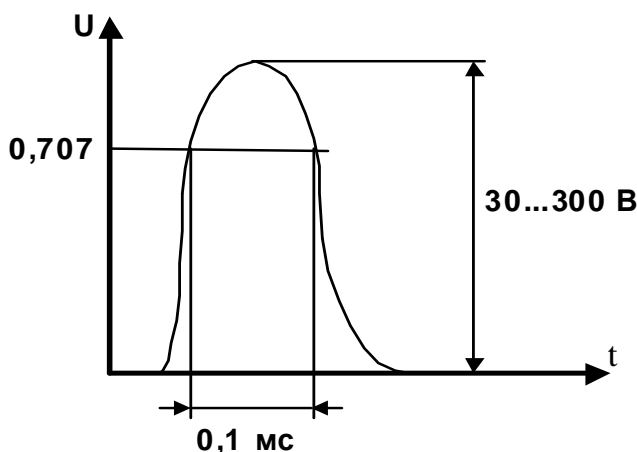


Рис. 2.19. Форма імпульсу для електропунктурної терапії

Загальні підходи до створення технічних засобів для електропунктури зображено на рис. 2.20.

Активні електроди для електропунктури можуть бути точковими, багатоточковими, плоскими, роликковими і голчастими.

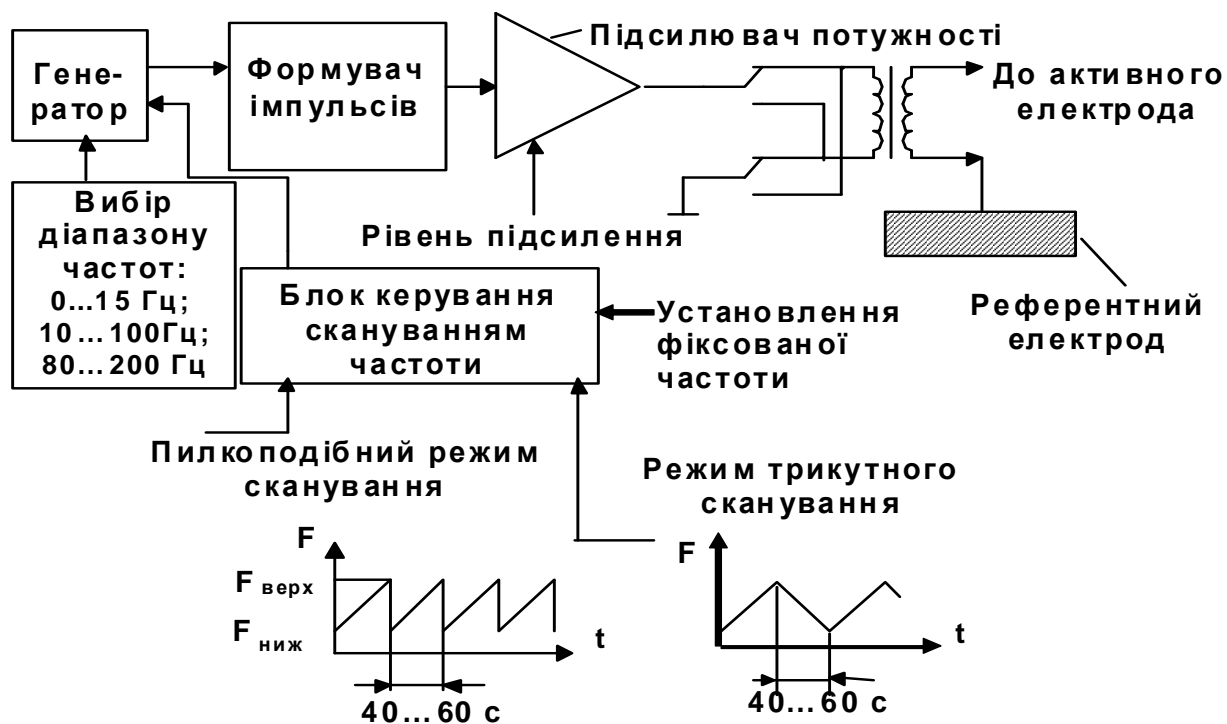


Рис. 2.20. Функціональна схема апарата для електропунктури

Професійні апарати для електропунктури зазвичай містять блоки пошуку й діагностики БАТ на основі вимірювання електроопору в цих точках. Відомі моделі представлені апаратами «Прогноз», «Біомед-010», «Куртід», «SVESA-1010», «Dermaton-50600».

Показання до електропунктури: рефлексотерапія широкого спектра захворювань.

Протипоказання: гострі інфекційні процеси, кровотечі, онкологічні захворювання.

**Електростимулятор дихання** – пристрій, призначений для черезшкірної стимуляції діафрагмального дихання. Методика проведення: активні електроди (два катоди) накладають в області сьомого міжребер'я, пасивні (два аноди) – на спину, протилежно до катодів.

Параметри стимулювальних імпульсів:  $I = 0...20$  мА при  $U = 0...50$  В, вплив ведеться циклами пакетів імпульсів, тривалість одного імпульсу  $t_i = 0,1...1$  мс. Період проходження циклів подразнення становить від одного до шести циклів за хвилину (рис. 2.21), що відповідає динаміці дихання.

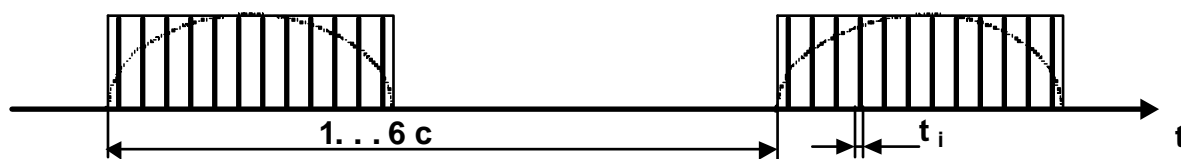


Рис. 2.21. Структура імпульсів для стимуляції дихання

На рис. 2.22 показано функціональну схему апарата ЕСД-2П для черезшкірної стимуляції дихання. В апараті передбачено синхронізацію з початком спроби самостійного вдиху пацієнта.

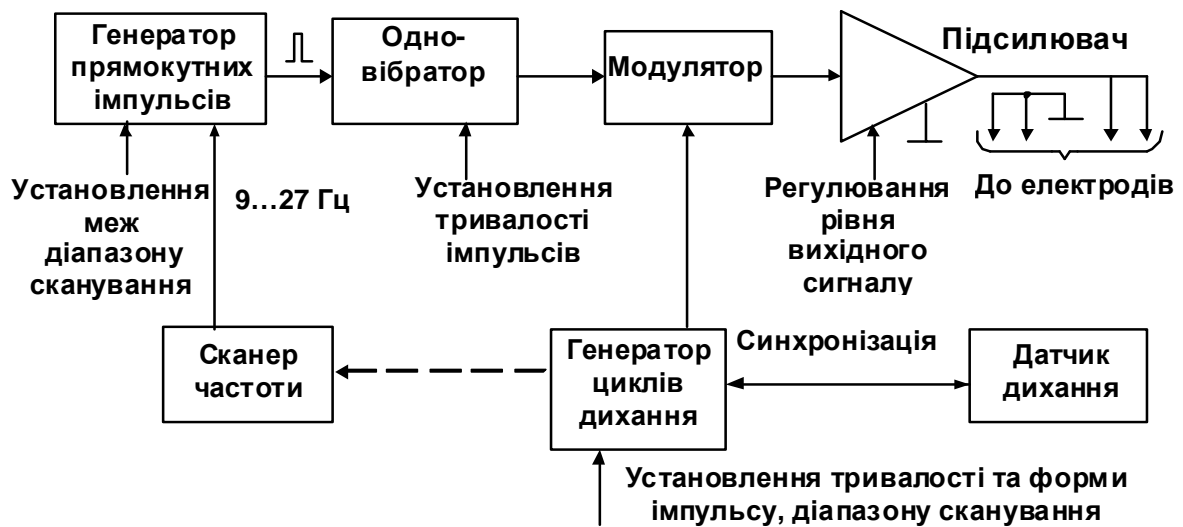


Рис. 2.22. Функціональна схема апарата ЕСД-2П

**Апаратура черезшкірної електростимуляції для знеболювання.** Особливістю цього виду апаратури є вплив біполярними несиметричними імпульсами (рис. 2.23).

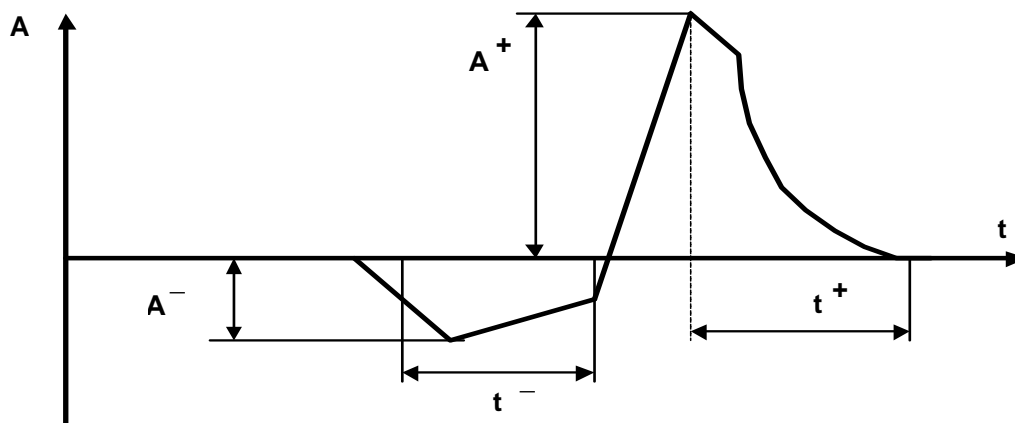


Рис. 2.23. Структура імпульсу для знеболювання

Кількісні характеристики імпульсу:  $A^+_{max} = 60 \text{ мА}$ ;  $A^-_{max} = 10 \text{ мА}$ ;  $t^+ = 0,1...0,5 \text{ мс}$ ;  $t^- = 0,8 \text{ мс}$ . Інтервал оптимальних частот послідовності імпульсів –  $25...125 \text{ Гц}$ .

Промисловістю серійно випускаються апарати «Дельта-2» (двоканальний знеболювач), «ЕПБ-60-01» (апарат електроімпульсного знебо-

лювання) і «Еліман-101» (апарат черезшкірної стимуляції). Основними функціональними вузлами цих апаратів є задавальний генератор, формувач імпульсів, вихідний підсилювач.

**Електросудомна терапія (ЕСТ)** (електрошок, електроконвульсивна терапія, сейсмотерапія) – метод лікування психічно хворих людей, який базується на електростимуляції головного мозку, що спричиняє до виникнення судомних станів у пацієнта.

Терапевтичний вплив на головний мозок складається з електростимульовальної, судомної та амнестичної (втрата свідомості і пам'яті) компонент.

Білатеральна методика реалізується накладенням електродів з обох боків на скроневі області голови, монолатеральна – розташуванням електродів у скроневій області на боці недомінуючої півкулі.

Робота апаратури, розробленої для ЕСТ, ґрунтується на використанні змінного синусоїдального струму частотою 50 Гц і напругою 60...110 В або однонапівперіодного випрямленого струму з тією ж частототою і напругою 220 В (рис. 2.24). В обох випадках сила струму не має перевищувати 250 мА, а час експозиції – 0,1...1 с.

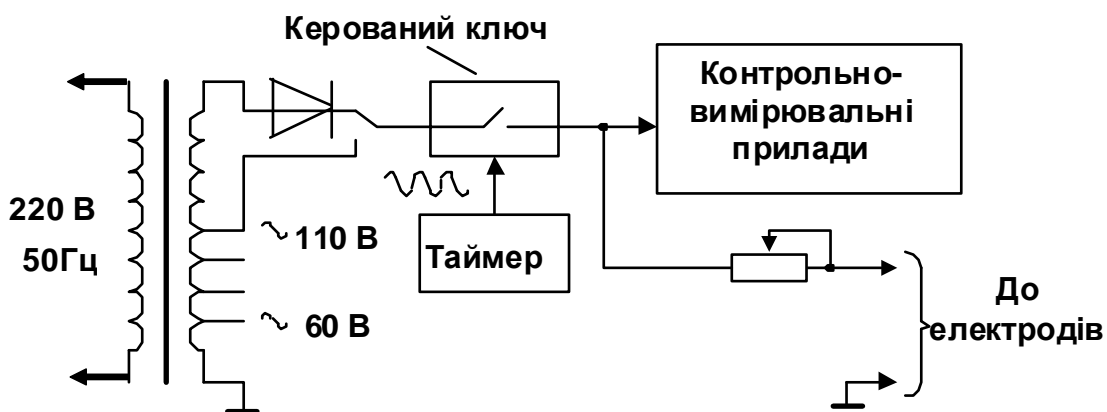


Рис. 2.24. Функціональна схема апарату для ЕСТ

Мінімальні кількісні характеристики (величина струму, час впливу), що викликають судомні стани, – індивідуальні. Їх підбирають емпірично, при цьому маніпулюють одним фактором, зберігаючи інший постійним.

Стимульований випадок має кілька фаз:

1. Увімкнення струму «миттєво» призводить до спазмів м'язів обличчя, шиї, тулуба та верхніх кінцівок, що тривають протягом експозиції. При достатньому впливі відбувається повна втрата свідомості.

2. При вимкненні струму пацієнт залишається нерухомим протягом 20...30 с, після чого починається період тонічних судом (10...5 с), дихання відсутнє, серцевий ритм прискорений.

3. Судоми охоплюють м'язи кінцівок і тулуба (40...60 с), дихання відновлюється.

4. Після припинення судом починається коматозна фаза з підвищеним артеріальним тиском і напруженим пульсом.

5. Найчастіше коматозна фаза переходить у сон від декількох хвилин до пів години. Вплив супроводжується амнезією.

**Електродефібрилятори.** Порушення синхронної роботи м'язів серця називають фібриляцією. Найбільш ефективним методом відновлення природного серцевого ритму є подавання електричного розряду в область серця.

Пристрої для відновлення нормального серцевого ритму в разі асинхронного скорочення серця (фібриляції) або його повної зупинки називають електродефібриляторами. Для відновлення нормального серцевого ритму використовують одноразові імпульси електричного струму великої сили й малої тривалості. Біологічна дія полягає у створенні штучної домінанти нервового подразнення синхронного скорочення великої групи м'язів.

Кількісні параметри впливу: енергія, що виділяється, – 10...400 Дж, тривалість ефективної частини розряду – до 5 мс (рис. 2.25), максимальні імпульсні значення струму й напруги – до 20 А і 6000 В відповідно.

Варіант функціональної схеми дефібрилятора показано на рис. 2.26.

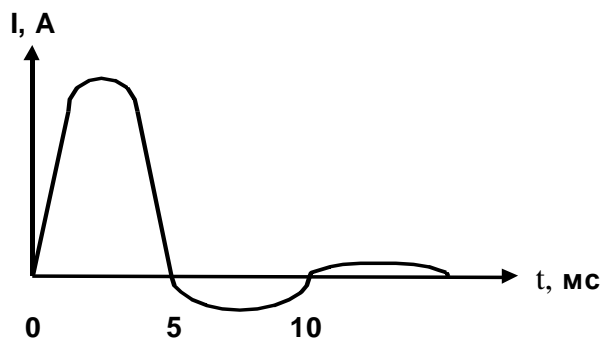


Рис. 2.25. Осцилограма імпульсу струму для дефібриляції

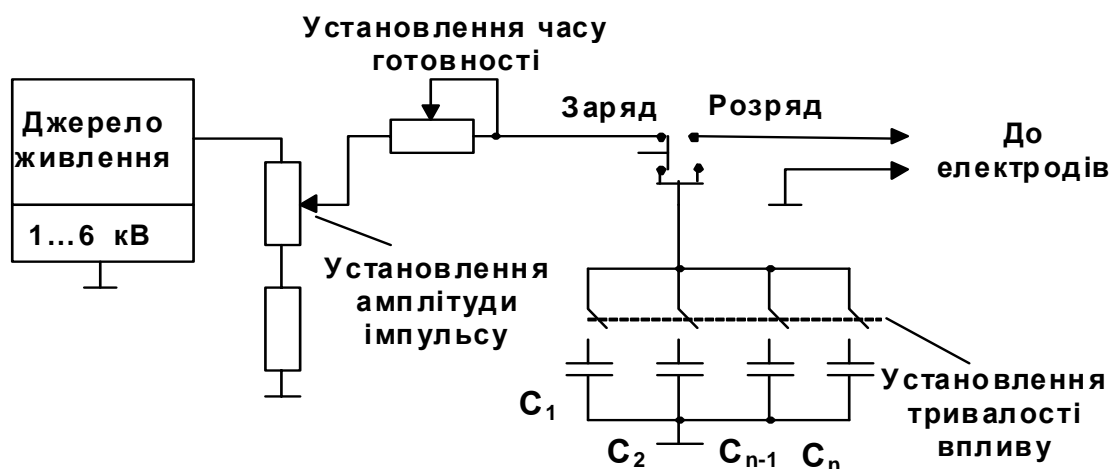


Рис. 2.26. Функціональна схема дефібрилятора

Вплив здійснюють за допомогою металевих електродів у формі дисків діаметром 8...10 см, які щільно притискають до грудної клітки пацієнта.

Основне застосування – екстрена реанімація.

**Імплантовані електростимулятори** застосовуються для стимуляції діяльності внутрішніх органів людини імпульсами електричного струму. У деяких випадках єдиним ефективним способом дублювання природних нервових імпульсів є пряма електростимуляція внутрішнього органа.

Існує три рівні реалізації методу:

1. Імплантують тільки електроди, а гнучкі ізольовані провідники через м'які тканини виводять на поверхню шкіри для під'єднання до периферійного електроустаткування (рис. 2.27).

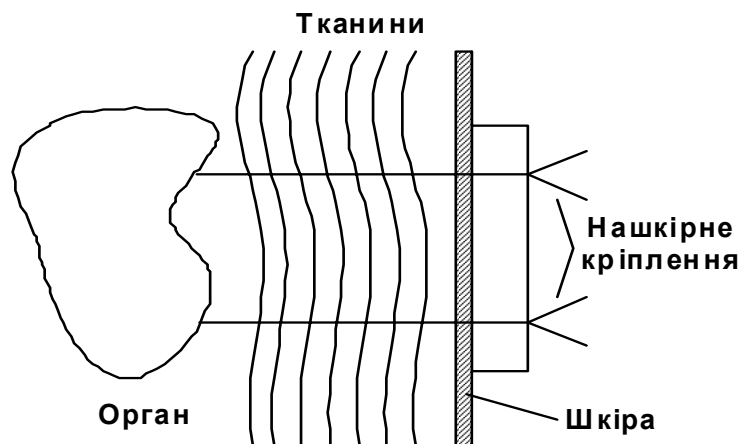


Рис. 2.27. Схема стимуляції через імплантовані електроди

Основні вимоги: ізоляція, металеві електроди повинні бути хімічно інертними до біосередовища, а зовнішні контакти мають надійно фіксуватися на поверхні шкіри.

2. Імплантують дротяний контур з вихідними контактами у вигляді електродів, уведених у точку стимуляції; зв'язок із зовнішнім електронним пристроєм є індуктивним, як схематично показано на рис. 2.28.

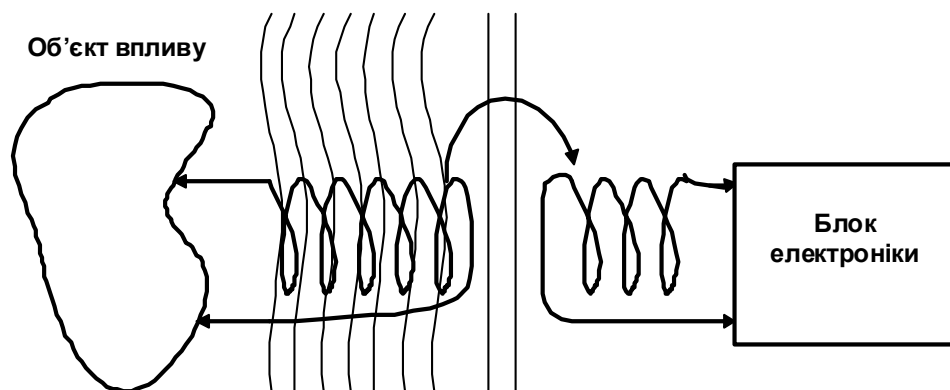


Рис. 2.28. Схема стимуляції з індуктивним зв'язком



3. Імпантують електростимулятор з довготривалим джерелом живлення. Найбільшого застосування набули повністю імпантовані стимулятори.

**Електрокардіостимулятори (ЕКС)** – пристрої для створення штучного «водія» ритму серця. Для стимулювання формують імпульси прямокутної або трикутної форми тривалістю 0,8...3 мс з середньою частотою повторення 1...1,2 Гц та амплітудою 0,1...10 В.

Різновиди електрокардіостимуляторів:

1. ЕКС асинхронного типу (рис. 2.29), що виробляють електричні імпульси незалежно від власного ритму серця.

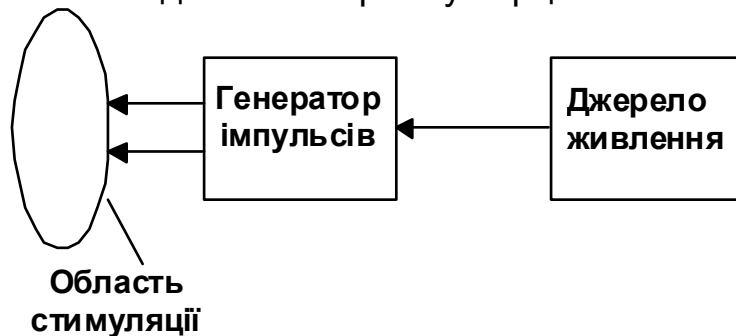


Рис. 2.29. Структура асинхронного ЕКС

Першими моделями асинхронних електрокардіостимуляторів були ЕКС-111 з літійовим джерелом живлення, РЕКС-100 з радіоізотопним джерелом живлення.

Основні недоліки асинхронних ЕКС: виникнення конкуруючих ритмів, що призводять до фібриляції при частковому або повному відновленні природного серцевого ритму; неможливість адаптації серцевого ритму до фізичного навантаження і психологічного стану пацієнта.

2. Передсерднозалежні (з синхронізацією) ЕКС (рис. 2.30), що чинять стимулювальну дію при критичному відхиленні параметрів серцевого ритму від нормального.

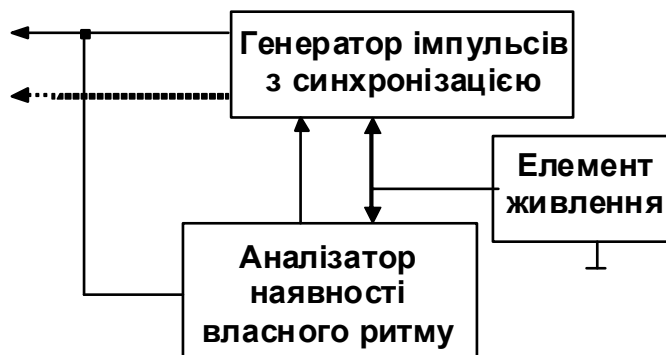


Рис. 2.30. Структура синхронного ЕКС

Відомі моделі стимуляторів цього типу: ЕКС-221 з літійовим джерелом живлення і Рекс-200 з радіоізотопним джерелом живлення.

3. ЕКС з синхронізацією, програмовані, з можливістю перепрограмування параметрів стимулювальних імпульсів та алгоритму аналізу під дією магнітного поля. Розроблено вітчизняні моделі ЕКС-500, Рекс-2203 відповідно з літійовим і радіоізотопним джерелами живлення.

Основні технічні вимоги до ЕКС: висока надійність механічних та електронних компонентів апарата, економічність (мале енергоспоживання), малі об'єм і маса, інертність до біосередовища.

Показання до застосування ЕКС – повна поперечна блокада з синдромом Морганьї – Адамса – Стокса.

**Дарсонвалізація** – метод електролізу шляхом впливу високочастотним імпульсним струмом малої сили й високої напруги, запропонований французьким фізіологом д'Арсонвалем.

Структуру діючих струмів зображено на рис. 2.31, а кількісні параметри є такими: частота коливань у межах імпульсу – 100...400 кГц, напруга – 10...100 кВ, частота повторення імпульсів – 1...100 Гц, тривалість імпульсу впливу – до 1 мс.

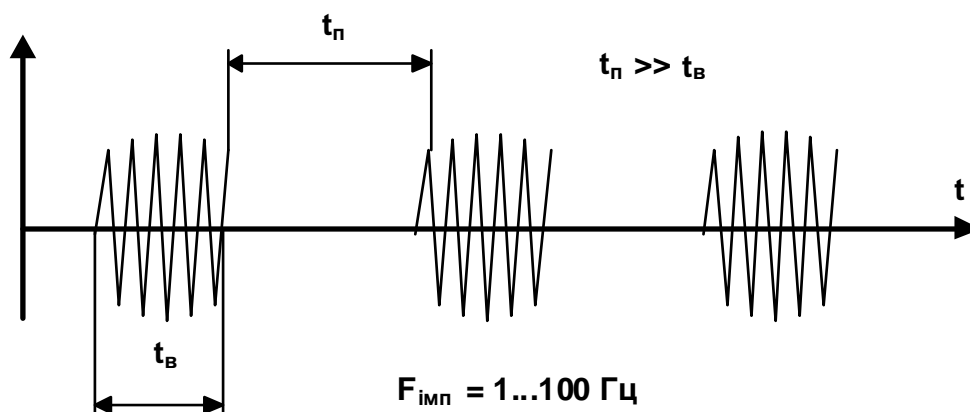


Рис. 2.31. Осцилограма струмів для дарсонвалізації

Як активний електрод, розташований в області патології, використовується вакуумний скляний балон (із залишковим тиском 0,001 мм рт. ст.). Роль іншого електрода відіграє тіло пацієнта.

Механізм лікувальної дії дарсонвалізації пояснюють таким чином. Зміщення йонів під дією високочастотних струмів є малим, тому відсутні явища, притаманні електролізу (не змінюється просторова концентрація йонів). Однак коливання заряджених частинок у високочастотному полі відбуваються з подоланням сил тертя й виділенням тепла. При виконанні нерівності  $t_n \gg t_B$  виділення тепла буде мінімальним, а подразнення біоструктур відбувається рефлекторним шляхом. Додатковими подразнюваль-

ними факторами є електричні розряди між шкірою пацієнта й електродом. Принцип побудови апаратів для дарсонвалізації зображено на рис. 2.32.

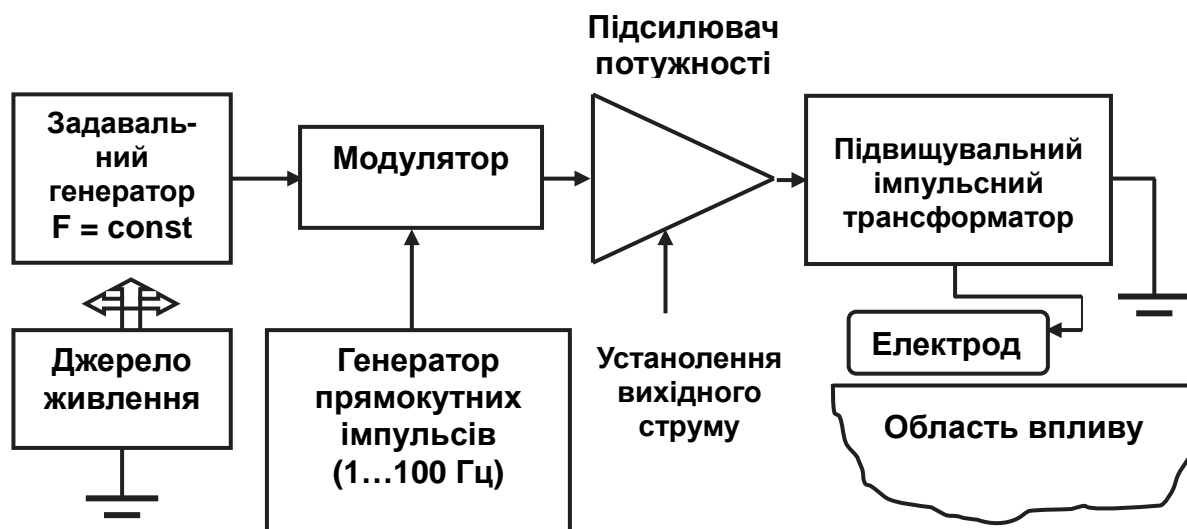


Рис. 2.32. Функціональна схема апарата для дарсонвалізації

Основний лікувальний ефект дарсонвалізації – болезаспокійлива дія, анестезія. Серійно був випущений апарат для дарсонвалізації «Іскра-1».

**Електростатичний душ (франклінізація)** – лікувальний метод, при якому організм пацієнта або окремі його ділянки піддаються впливу постійного електричного поля, створеного джерелом великої напруги. При загальному характері впливу застосовуються напруги до 50 кВ, при місцевому – 15...20 кВ.

Варіант апаратної реалізації засобів медичної франклінізації показано на рис. 2.33.

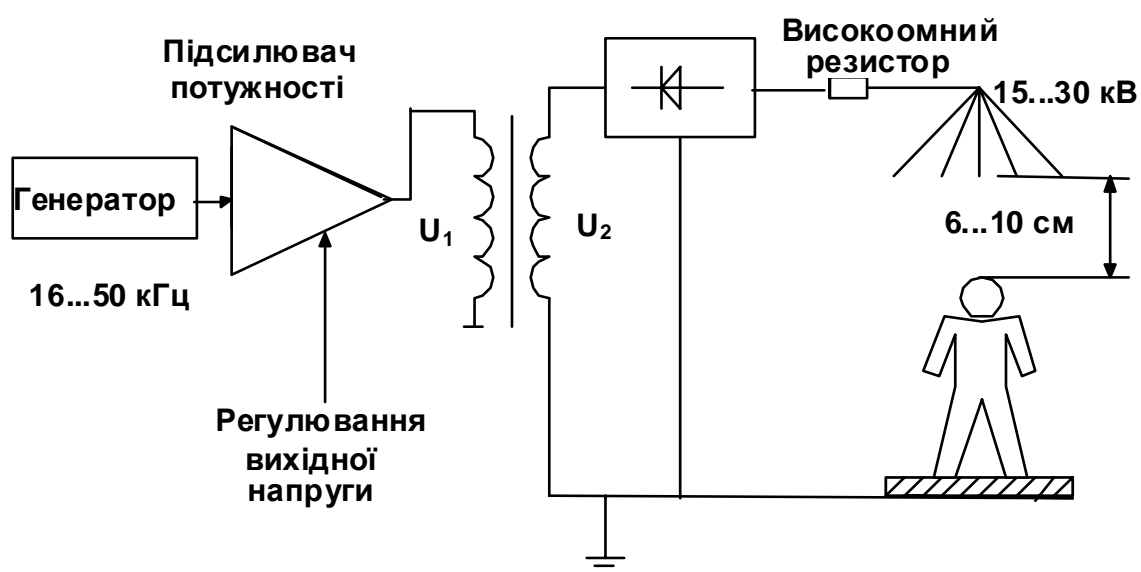


Рис. 2.33. Функціональна схема апарата для франклінізації

Механізм лікувальної дії: тіло пацієнта (або його ділянка) та електрод, який установлюється над місцем впливу, утворюють конденсатор з повітряним діелектриком. У зв'язку з тим, що опір тіла порівняно з опором повітря є невеликим, основне падіння напруги припадає на повітряний проміжок, у якому виникає йонізація повітря з утворенням аероіонів. У біотканинах, розташованих навпроти електрода, відбувається поляризація молекул діелектриків (води), електризація провідних структур з появою мікрострумів, що призводить до перерозподілу йонів у тканинах. Додатковим лікувальним фактором є вплив аероіонної компоненти.

Лікувальний ефект: поліпшення кровопостачання, нормалізація обмінних процесів.

Промисловістю випускаються апарати типів АФ-3 і АФ-5.

**Акупунктурна франклінізація**, що є однією з модифікацій розглянутого методу лікування, полягає в тому, що над певною областю тіла пацієнта, у яку попередньо було введено металеві акупунктурні голки, установлюють електрод апарата для франклінізації. Унаслідок подразнення рецепторів шкіри і підшкірних структур відбувається розширення кровеносних капілярів, збільшення температури, зняття гіпоксії тканини, поліпшення обміну речовин. Рекомендований час впливу – 25 хв.

Показання до застосування: травми периферичних нервів, внутрішні захворювання, шкірні хвороби.

**Електросон (електронаркоз)** – метод електролікування, що базується на впливі імпульсного струму низької частоти й малої сили на центральну нервову систему (головний мозок), унаслідок чого виникає стан, близький до фізіологічного сну.

Для реалізації методу застосовують прямокутні імпульси – «струми Ледюка» – з частотою 5...150 Гц, тривалістю 0,1...1 мс і силою струму 15...20 мА.

Методика застосування є такою. Електроди з гідрофільними прокладками, змоченими водою або розчином хлориду натрію (38...39 %), накладають на заплющені очі (катод), другий електрод – на потилицю (анод). Тривалість процедури – 20...60 хв. У міру нормалізації стану пацієнта частоту імпульсів збільшують з 5...20 до 40...100 Гц. Амплітуда струму має бути такою, щоб не виникало сильного подразнення.

Функціональну схему апарата, що реалізує розглянутий метод, зображено на рис. 2.34. Серійно випускаються апарати «Електросон-3 (4)».

Розглянемо біологічну й терапевтичну дію електросону. Імпульсний однополярний струм малої сили й низької частоти є слабким, монотонним, ритмічним подразником, що спричиняє ефект охоронного гальмування в центральній нервовій системі. Імпульсний струм проникає в порожнину черепа і безпосередньо діє на підкірково-ствольну область головного мозку.

Електросон знімає розумове й фізіологічне стомлення, при цьому знижує підвищений артеріальний тиск, нормалізує вміст холестерину в

крові. Зазначається зниження концентрації цукру в крові при діабеті. Нормалізуються очний тиск і шлункова секреція.

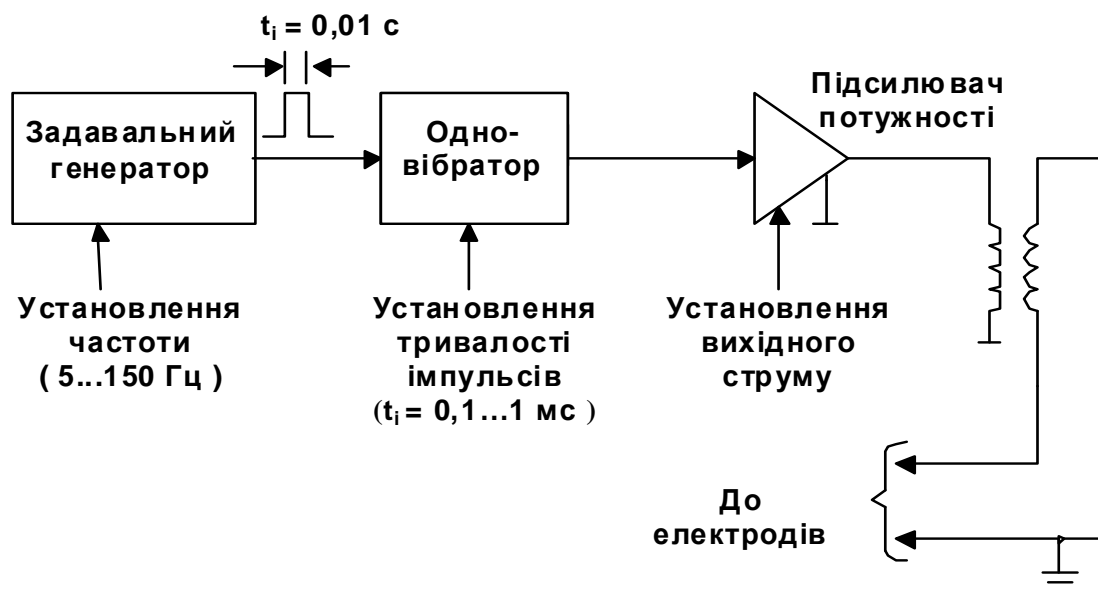


Рис. 2.34. Функціональна схема апарата для електросну

На відміну від природного електросну відбувається зі збільшенням хвилинного обсягу дихання, унаслідок чого підвищується насичення крові киснем.

Електросон використовують для лікування невралгії, наслідків енцефаліту, травм черепа, а також для реабілітації хворих, які перенесли інфаркт.

Модифіковані апарати електросну застосовуються для електронаркозу. Повного знеболювання за допомогою електросну досягти неможливо, але в комбінації з традиційними методами анестезії істотно знижується доза фармакологічної компоненти.

### 2.3. Апарати для електролікування з тепловою дією

Традиційне контактне прогрівання внутрішніх органів відбувається завдяки теплопровідності біоструктур. Прогрівання за допомогою високо-частотних струмів і електромагнітних полів відбувається внаслідок виділення теплоти у внутрішніх частинах організму залежно від їх діелектричних і провідних властивостей, а також частоти електромагнітних коливань. Підбираючи параметри електричних і магнітних факторів, можна здійснити селективний тепловий вплив на органи й біотканини.

**Ультратонова терапія.** Суть цього методу є подібною до суті методу дарсонвалізації, але на відміну від нього вплив здійснюється безперервним синусоїдальним струмом високої частоти (22...50 кГц), що підводиться

через скляний електрод, заповнений неонам. Принцип реалізації апаратної частини методу показано на рис. 2.35.

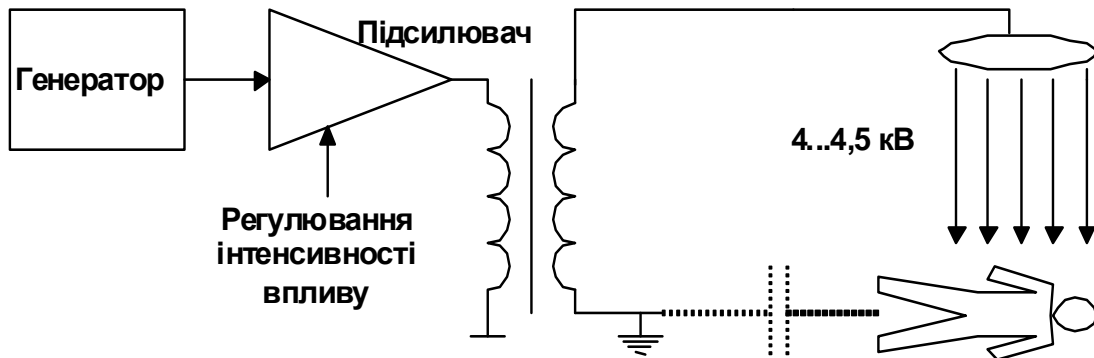


Рис. 2.35. Функціональна схема апарата для ультратонової терапії

Лікувальними факторами впливу є змінний синусоїдальний струм та іскровий розряд. Порівняно з дарсонвалізацією виділяється більша кількість тепла. Вибір оптимального режиму процедури виключає подразнювальну дію струму.

Основний терапевтичний ефект – протизапальна дія.

Промисловістю випускається апарат «Ультратон». Принципову схему найпростішого пристрою для ультратонової терапії зображено на рис. 2.36.

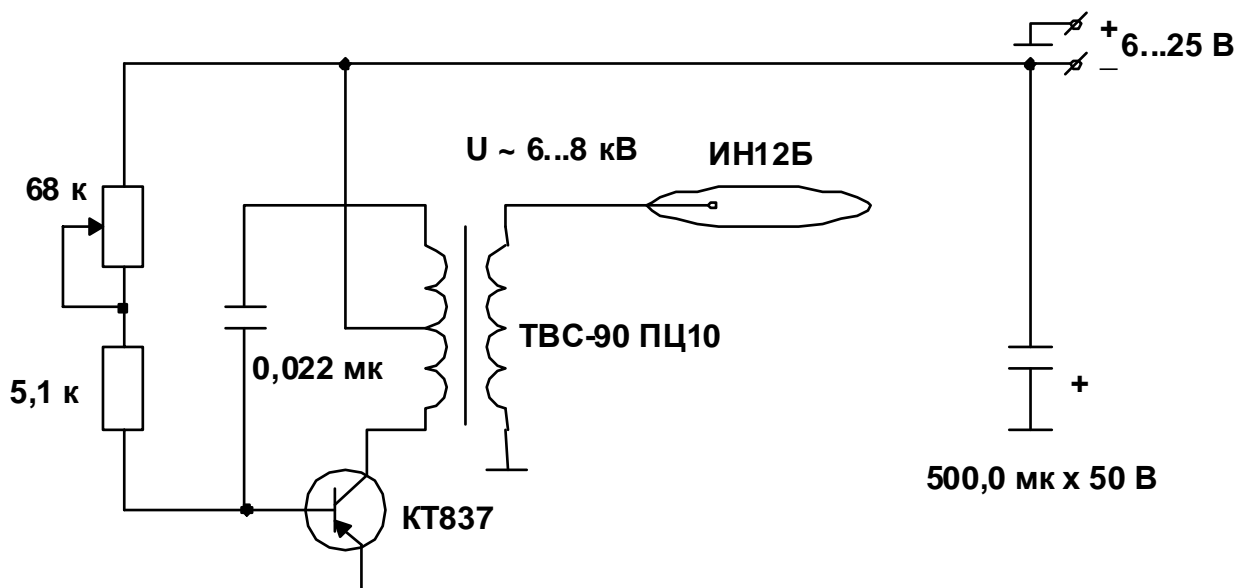


Рис. 2.36. Схема пристрою для ультратонової терапії

**Діатермія** – метод електролікування тепловим впливом змінного електричного струму високої частоти й великої сили.

Кількісні характеристики діатермічних струмів: частота – до 10 МГц, напруга – 100...150 В, сила струму – до 3 А. Форму діатермічних струмів показано на рис. 2.37.

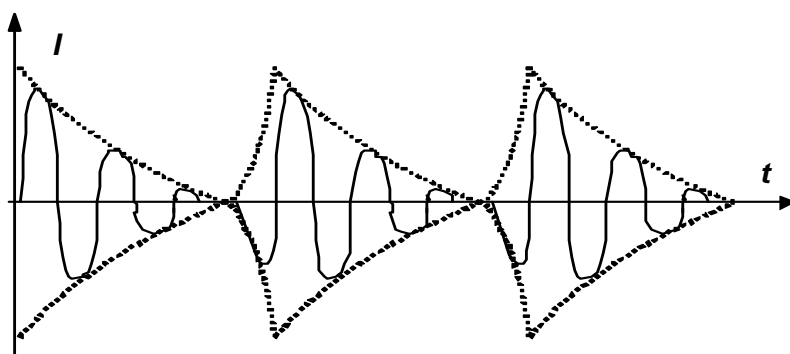


Рис. 2.37. Осцилограма струмів для діатермії

Особливістю схемної реалізації методу є використання генератора релаксаційних імпульсів з високочастотним і низькочастотним колами позитивного зворотного зв'язку (рис. 2.38).

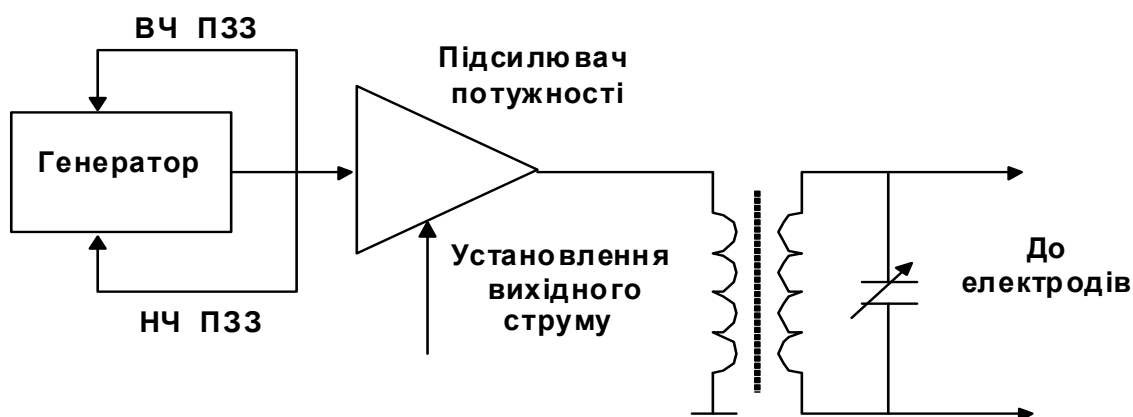


Рис. 2.38. Функціональна схема апарата для діатермії

Механізм впливу: проходження струму приводить до коливального руху заряджених частинок з тертям і, як наслідок, до підвищення температури шкіри й підшкірних тканин, що мають великий питомий опір. Виникає активна гіперемія.

Недоліки методу: велика кількість теплоти виділяється в шарі шкіри і підшкірної клітковини; при порушенні контакту в місці накладення електродів можливим є іскріння з виникненням електроопіків.

Метод застосовується для лікування хронічних запальних процесів, виражених больових синдромів.

Протипоказана діатермія при гострих запальних і гнійних процесах, кровотечах, онкологічних захворюваннях, туберкульозі.

**Ультрависокочастотна (УВЧ) терапія** – метод електролікування шляхом впливу на організм безперервного або імпульсного електричного поля ультрависокої частоти (30...300 МГц).

Більшість розроблених апаратів УВЧ-терапії працюють на частоті 40,68 МГц, менш поширеною є частота 27,12 МГц. Ці частоти вибрано внаслідок великих допусків на відхилення робочої частоти радіозасобів, що працюють у цих діапазонах.

Механізм лікувальної дії є таким. У змінному електричному полі відбувається циклічне переміщення йонів, а також орієнтація дипольних моментів діелектриків, унаслідок чого частина енергії перетворюється на тепло. Кількість теплоти, що виділяється в одиничному об'ємі за одиницю часу, є пропорційною не тільки частоті  $\omega$  і напруженості електричного поля  $E$ , а й діелектричній проникності  $\epsilon$  і тангенсу кута втрат  $tg\delta$  у біотканинах:

$$q \sim \omega E^2 \epsilon_0 \epsilon tg\delta.$$

Основні функціональні елементи апарата для УВЧ-терапії показано на рис. 2.39, а варіант під'єднання ємнісних електродів – на рис. 2.40.

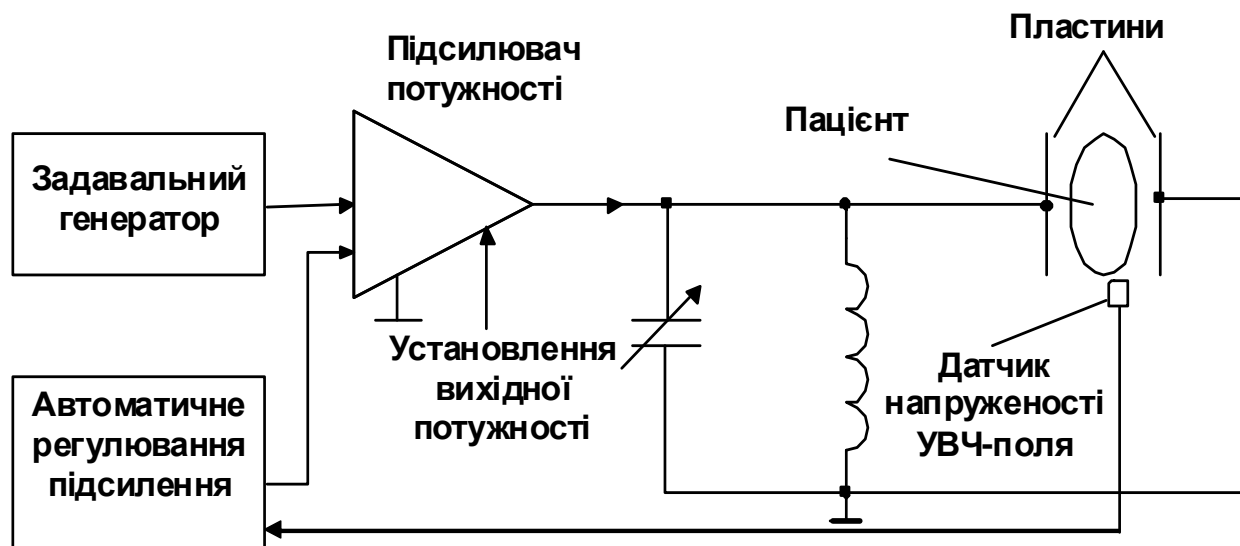


Рис. 2.39. Функціональна схема УВЧ-апарата

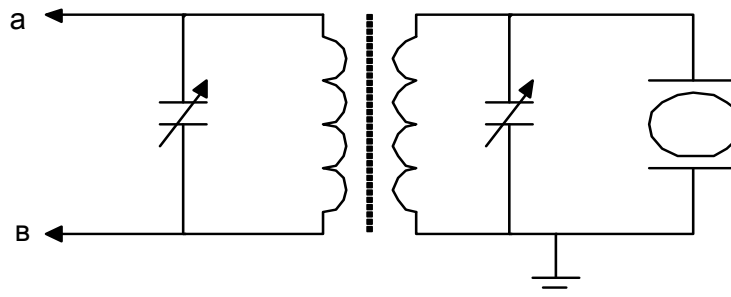


Рис. 2.40. Трансформаторна схема під'єднання ємнісних електродів



Розрізняють три основних положення електродів відносно об'єкта впливу:

1. Поперечне розташування електродів по обидва боки об'єкта. При цьому реалізується вплив на глибоко розташований осередок патологій (рис. 2.41).

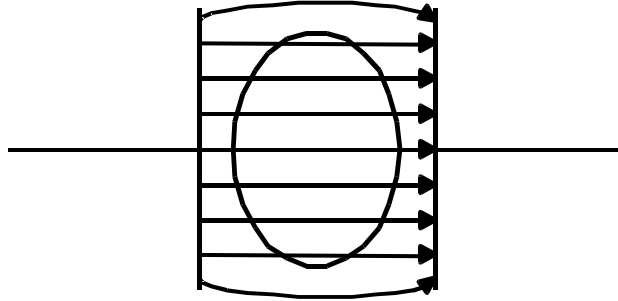


Рис. 2.41. Поперечне розташування електродів

2. Поздовжнє розташування електродів в одній площині, з одного боку об'єкта, унаслідок чого здійснюється вплив на область великої протяжності й малої глибини (рис. 2.42).

3. Одноелектродне розташування, коли один електрод розміщують поблизу області впливу, а інший на максимальній відстані. При цьому область впливу локалізується при невеликій глибині проникнення.

УВЧ-терапія має також нетеплову (інформаційну) дію. Цей вплив реалізується при малих потужностях УВЧ-поля і зумовлюється подразнювальною дією. Особливо цей ефект виявляється при дії імпульсних УВЧ-полів.

Показання до застосування УВЧ-терапії: гострі запальні процеси, травми спинного мозку і периферичних нервів, радикуліт, невралгія та ін.

Протипоказання: злоякісні утворення, захворювання крові, серця, туберкульоз.

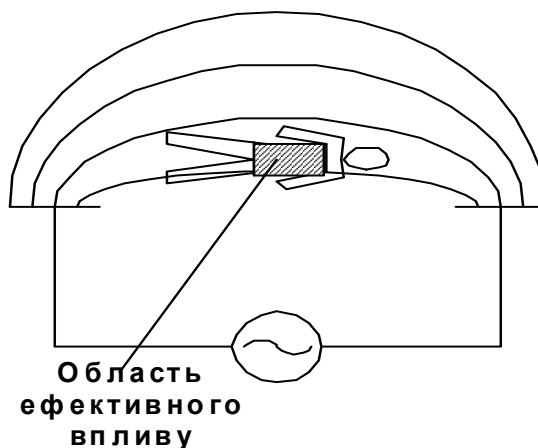


Рис. 2.42. Поздовжнє розташування електродів

**Індуктотермія** – метод електролікування впливом магнітного поля високої частоти з виділенням тепла в біологічних тканинах.

Суть методу полягає в тому, що через індуктор, розташований біля тіла пацієнта (рис. 2.43), пропускають високочастотний струм, який утворює змінне магнітне поле, у якому заряджені частинки здійснюють круговий коливальний рух, частина енергії якого перетворюється на тепло. Питоме теплоутворення визначається формулою

$$q \sim \omega^2 H^2 \sigma,$$

де  $\omega$  – частота;  $H$  – напруженість магнітного поля;  $\sigma$  – електрична провідність біологічних тканин.

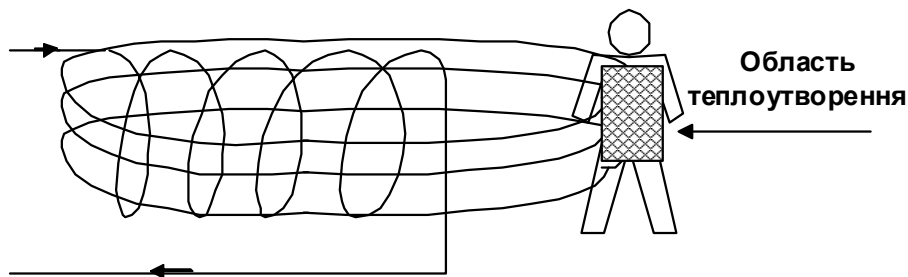


Рис. 2.43. Індуктотермічний вплив

Апаратна реалізація індуктотермії є такою самою, що й УВЧ-терапії, відрізняється тільки схема підімкнення індуктора (рис. 2.44).

В апаратах для індуктотермії використовують такі частоти: 13,56; 27,12; 40,68 МГц.

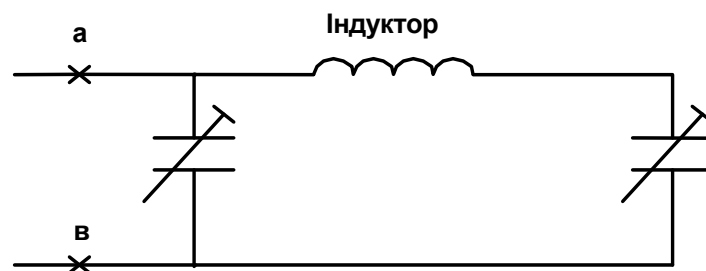


Рис. 2.44. Схема підімкнення індуктора

Під час індуктотермії тепло виділяється в тканинах з великою провідністю: м'язах, крові, лімфі, печінці, легенях. Тепло, що утворюється на глибині 7...8 см, є сильним стимулятором роботи багатьох функціональних систем (нервової, кровоносної, дихальної).

Показання до застосування індуктотермії: хронічні запальні процеси внутрішніх органів, забої, переломи. Протипоказання: наявність в середовищі металевих предметів, гарячковий стан, кровотечі.

Основні параметри апаратів для УВЧ-терапії та індуктотермії наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Тип	Потужність, Вт	Робоча частота, МГц	Режим роботи	Аплікатори
УВЧ-60R «Радмір»	60	27,12	Безперервний, імпульсний (частота повторення імпульсів 20, 50...500 Гц, тривалість $t_{imp}$ 100 і 400 мкс)	Конденсаторні діаметром 4,5; 8; 11 см
УВЧ-4, УВЧ-30, УВЧ-60	15...80	40,68	Безперервний	Конденсаторні або індуктор діаметром 6 см
УВЧ-80-0.1	3...80	27,12	Безперервний	Конденсаторні або індуктор діаметром 7,5 см
«Екран-2»	40...350	40,68	- // -	Індуктор діаметром 16 см
ИКВ-4	60...200	13,56	- // -	Індуктор
«Імпульс-3»	18	40,68	Імпульсний ( $t_{imp} = 2$ мкс, $F = 500$ Гц)	Конденсаторні

**Надвисокочастотна (НВЧ) терапія** – теплова локальна дія з лікувальною метою електромагнітного поля надвисокої частоти.

Механізм впливу є таким. Енергія НВЧ-поля проникає через шкірні покриви й поглинається тканинами з великим умістом води (електролітами). Величина питомого теплоутворення пропорційна квадрату частоти електромагнітного поля й провідності біосередовища:

$$q \sim \omega^2 \sigma.$$

Основний механізм впливу доповнюється релаксаційними коливаннями молекул води в НВЧ-полі. Глибина максимального теплоутворення залежить від провідних властивостей біотканин і становить у середньому від 1,7 до 11 см.

Біологічна дія НВЧ-поля виявляється в основному через тепловий фактор. Додаткові ефекти впливу зумовлюються резонансним поглинанням електромагнітної енергії клітинними структурами.

**Сантиметрова (мікрохвильова) терапія** базується на електромагнітних коливаннях сантиметрового діапазону. Середня ефективна глибина впливу становить 3...5 см.

Основні елементи медичних апаратів сантиметрової терапії зображено на рис. 2.45.

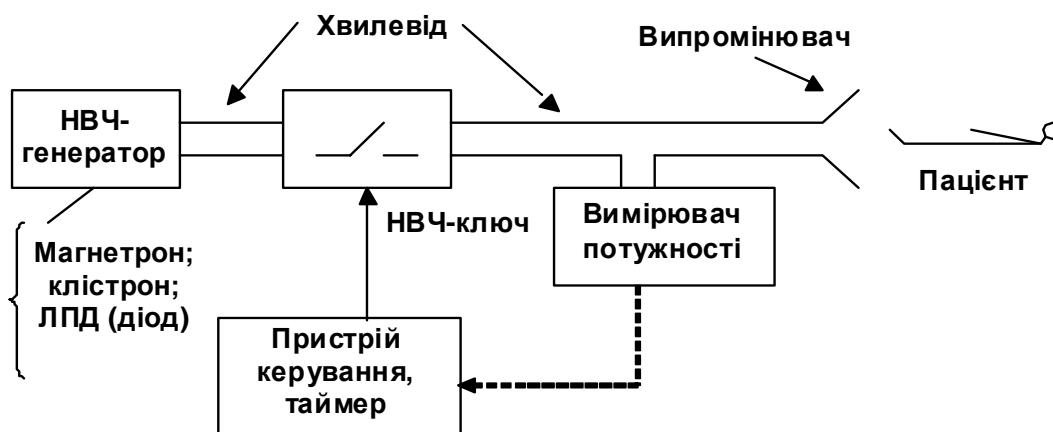


Рис. 2.45. Функціональна схема апарата для НВЧ-терапії

У більшості вітчизняних апаратів використовується частота 2375 МГц (довжина хвилі – 12,6 см). Основна їх відмінність полягає в максимальній вихідній потужності й будові випромінювачів (антен). Наприклад: апарат «Луч-2м» має інтервал вихідних потужностей 2,5...20 Вт, циліндричний хвилевід, діаметри випромінювачів 1,5; 2,5 і 3,5 см; апарат «Луч-58» – потужність 15...150 Вт, циліндричні випромінювачі з діаметрами 9, 11, 14 см і рупорний прямокутний випромінювач з вихідним перерізом 30x9x9 мм. Випромінювачі під'єднуються до різному коаксіального кабелю живлення. Площини випромінювання закриті пластинами з високочастотної кераміки, тому можна застосовувати контактні методи впливу.

Використовуючи метод НВЧ-терапії, необхідно також ураховувати, що до 75 % енергії випромінювання відбивається і розсіюється на межах розділу випромінювач – повітря – біосередовище.

Показання до застосування НВЧ-терапії: хронічні запальні й дистрофічні захворювання.

Протипоказання: захворювання крові, ішемічна хвороба серця, вагітність. Заборонено здійснювати вплив через вологий одяг, у разі наявності в біотканинах металевих сторонніх тіл.

**Дециметрова (ДЦХ) терапія** – вплив з лікувальною метою електромагнітного випромінювання дециметрового діапазону хвиль, що є різнови-

дом НВЧ-терапії. Порівняно з сантиметровою ця терапія забезпечує достатню локалізацію впливу, але з підвищеною глибиною проникнення (9 см і більше). Порівняльний розподіл потужності тепловиділення при різних варіантах УВЧ- і НВЧ-терапії показано на рис. 2.46.

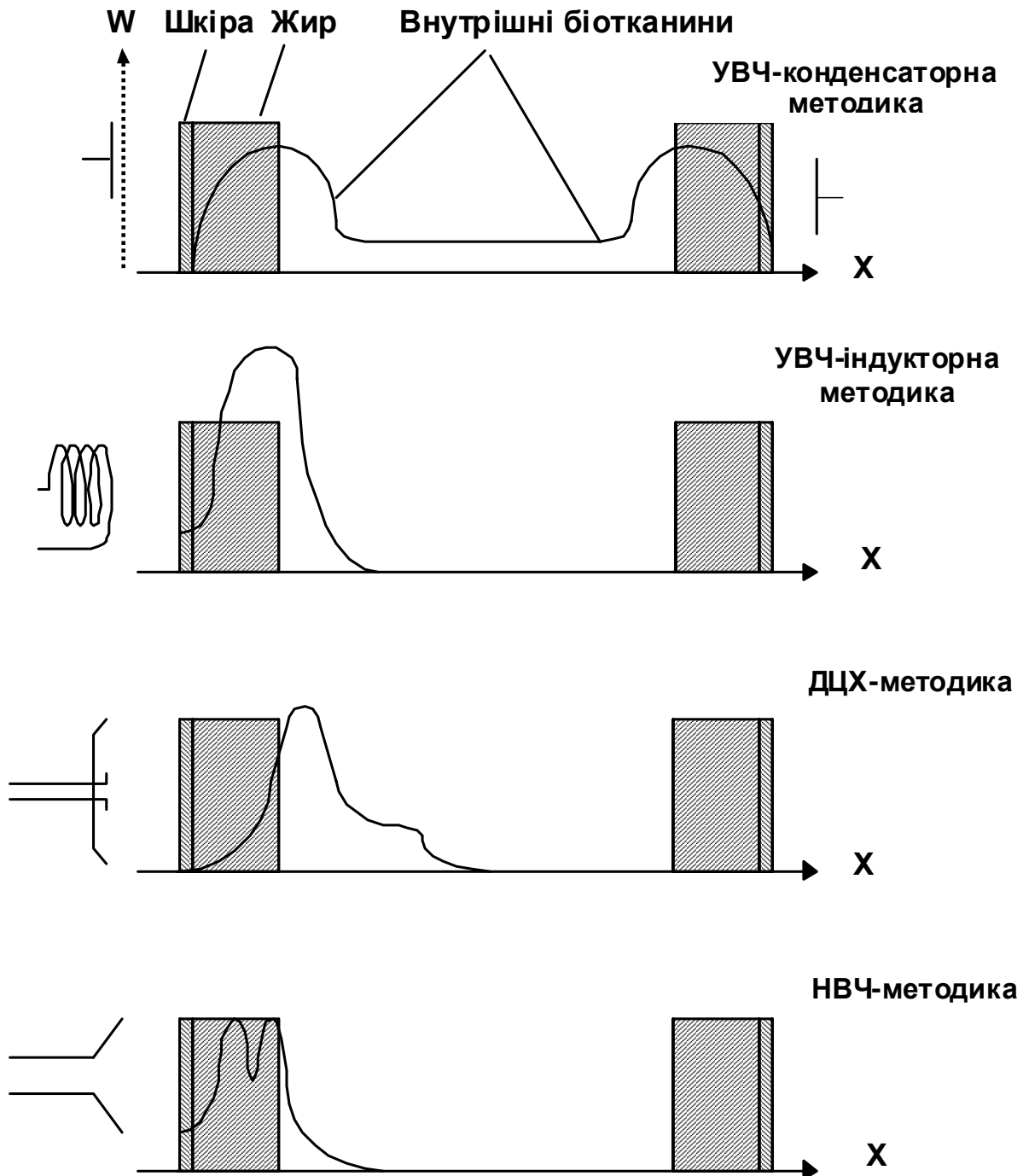


Рис. 2.46. Епюри розподілу тепла при різних формах впливу електромагнітних полів

Апарати для ДЦХ-терапії працюють на таких частотах: 460 МГц (Україна), 433 МГц (Європа) і 915 МГц (США). Вихідна потужність зазвичай не перевищує 100 Вт. Так, наприклад, апарати для ДЦХ-терапії серії «Хвиля» мають максимальну потужність 20 Вт.

До останніх розробок ДЦХ-терапії належить пристрій АМВТ-50 «Радмір», який має такі технічні характеристики:

- робоча частота (434±0,7) МГц;
- п'ять діапазонів вихідної потужності 1...5, 5...15, 15...25, 25...35, 35...50 Вт;
- плавне регулювання вихідної потужності в діапазонах;
- безперервний та імпульсний режими випромінювання НВЧ-потужності;
- параметри імпульсного режиму роботи: період проходження пачок імпульсів (1250±10) мс; тривалість пачки імпульсів 100...1000 мс; тривалість імпульсу в пачці 1,25 мс; період проходження імпульсів у пачці (2,5±0,1) мс; пікова вихідна потужність не менше 50 Вт;
- вимкнення вихідної потужності після закінчення встановленого часу процедури (1...30 хв);
- цифрова індикація рівня вихідної потужності, коефіцієнта стоячої хвилі напруги вихідного НВЧ-тракту, часу до закінчення сеансу лікування;
- світлова індикація ввімкнення мережі живлення й випромінювання, типу аплікатора;
- максимальна глибина прогрівання тканини пацієнта (9...12 см).

До складу АМВТ-50 входять два циліндричних аплікатори діаметрами 40 і 100 мм, аплікатор зовнішній прямокутний з робочою поверхнею розміром 160x120 мм, аплікатор внутрішньопорожнинний завдовжки 160 мм.

## 2.4. Мікрохвильова резонансна терапія

Мікрохвильова резонансна (інформаційно-хвильова) терапія – метод лікування, що ґрунтується на властивості організму вибірково реагувати на вплив електромагнітного поля надвисокої частоти (НВЧ).

Фізичний механізм: резонансне поглинання енергії атомарними й молекулярними компонентами біоструктур унаслідок квантових явищ, а також ефектів Зеємана і Штарка. Вплив поля наднизької інтенсивності НВЧ-діапазону на точки акупунктури спричиняє специфічний інформаційний відгук.

Розроблено апарат мікрохвильової резонансної терапії типу АМРТ-02. Діапазон частот впливу – 52...60 ГГц (дискретність зміни частоти 10 МГц), потужність випромінювання – до 100 мкВт (дискретність регулювання 10 мкВт). Апарат рекомендовано для лікування широкого спектра захворювань, тривалість процедури – від одиниць до десятків хвилин.

Протипоказань до застосування методу мікрохвильової резонансної терапії не виявлено.

## 2.5. Апарати для магнітотерапії

Магнітотерапія – сукупність методів лікування, фактором впливу яких є постійні, змінні та імпульсні магнітні поля.

**Магнітотерапія з використанням постійних магнітів і магнітних аплікаторів.** Основний фізичний механізм дії пов'язаний з силовою характеристикою магнітного поля, а саме з силою, що діє на рухому йонну компоненту біосередовищ.

Унаслідок кругового руху зарядів у постійному магнітному полі інтенсифікуються обмінні процеси (особливо за допомогою крово- і лімфоток), руйнуються склеротичні утворення, нівелюються наслідки тромбофлебіту. Наслідком перелічених процесів є нормалізація роботи багатьох функціональних систем організму.

**Магнітофорез ліків** – метод уведення лікарських препаратів без порушення цілісності біоструктур під дією зовнішнього магнітного поля (рис. 2.47). Обов'язкова вимога до розчину лікарської форми – дисоціація на йони. Унаслідок теплового руху йонів у магнітному полі виникає додаткова силова компонента, що сприяє підвищенню проникності шкірного покриву або слизових. В іншому лікувальний механізм магнітофорезу збігається з механізмом електрофорезу.

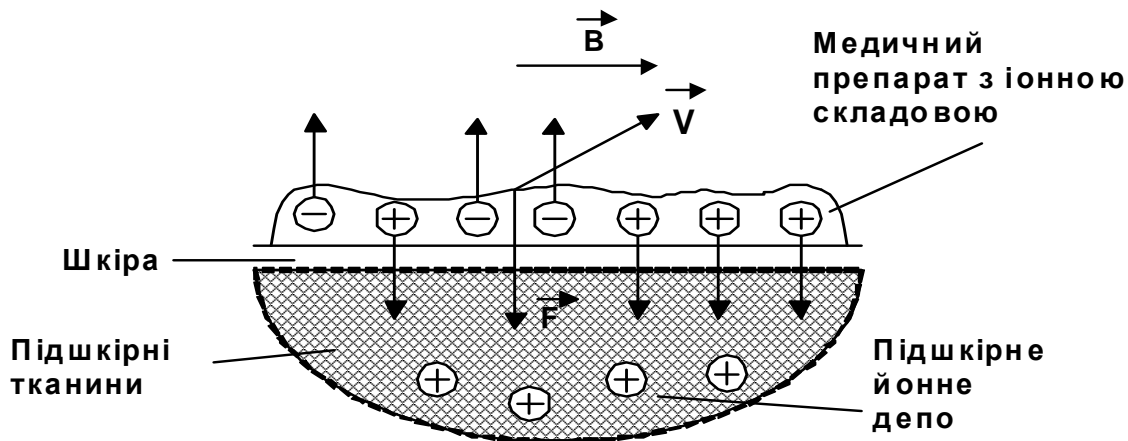


Рис. 2.47. Методика проведення магнітофорезу

Для проведення магнітофорезу використовуються постійні магніти. Випускаються спеціальні магнітні аплікатори для закріплення на тілі пацієнта.

Перевага магнітофорезу перед електрофорезом полягає в його безконтактності.

**Низькочастотна магнітотерапія** – застосування з лікувальною метою змінних і переривчастих магнітних полів низької частоти. В апаратній реалізації найбільш часто використовуються магнітні поля частотою 50 і 100 Гц та індукцією до 50 мТл (наприклад, моделі серії «Полюс-1 (3)», рис. 2.48).

Магнітні поля з такими параметрами належать до фізичних факторів, що діють слабо. Кількість тепла, що виділяється при низькочастотній магнітотерапії в багато разів є меншою порівняно з енергетичними характеристиками обмінних процесів, тому основний лікувальний ефект зумовлюється рефлексним механізмом. Клінічний успіх методу спостерігається при лікуванні порушень кровообігу, ішемічної хвороби серця, виразкової хвороби.

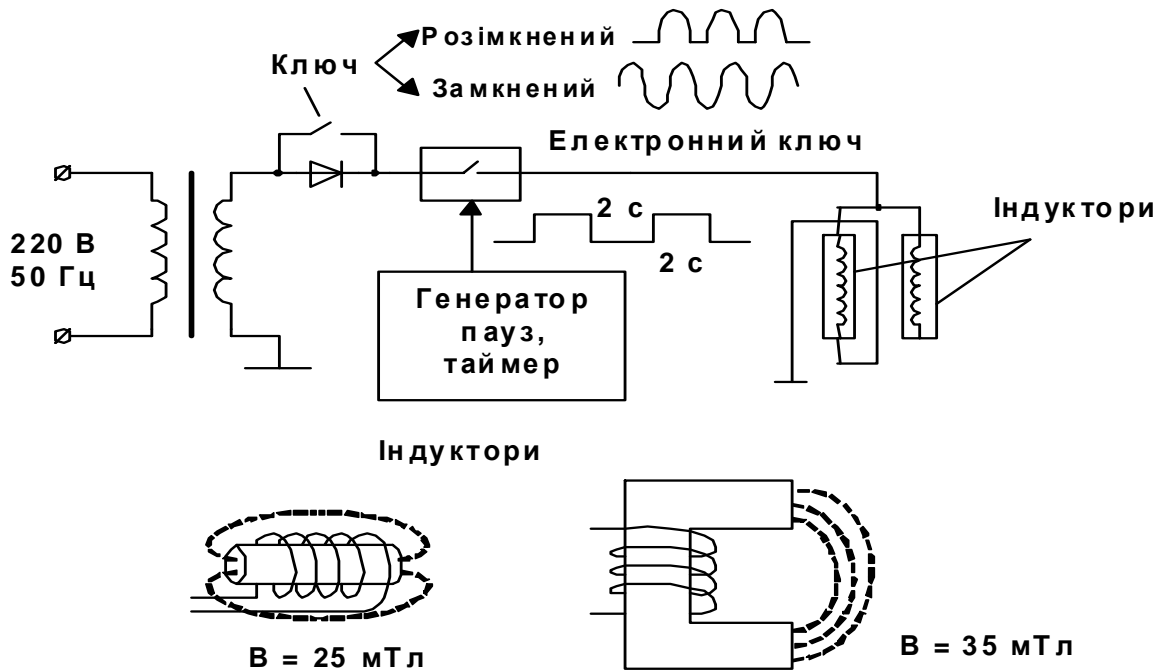


Рис. 2.48. Функціональна схема магнітотерапевтичного апарата «Полюс-1»

Для лікування деяких видів захворювань (хронічної венозної недостатності, тромбозу, трофічної виразки) найбільш ефективним є застосування імпульсних магнітних полів частотою 700...1000 Гц. З цією метою розроблено апарат «Полюс-101» (рис. 2.49), де використовуються частоти, кратні часткам 700 і 1000 Гц, а магнітне поле індукцією 1,5...2,5 мТл створюється циліндричними індукторами.

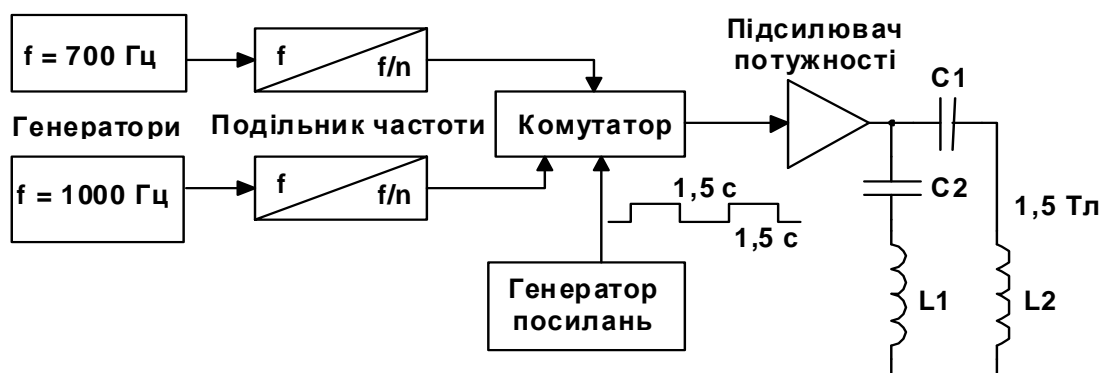


Рис. 2.49. Функціональна схема апарата «Полюс-101»



Застосування низькочастотної терапії не рекомендується при підвищеній температурі тіла пацієнта.

### 3. АЕРОІОНОТЕРАПІЯ

*Аероіонотерапія* – метод фізіотерапії, фактором впливу якого переважно є уніполярно заряджені аероіони.

Прагнення людини сформувати для себе раціобіосферу приводить до істотного змінення деяких екологічних параметрів. Як впливає з табл. 3.1, є істотні відмінності в концентрації аероіонів у житлових приміщеннях і в природних умовах.

Таблиця 3.1

Місце вимірювання	Концентрація аероіонів
Кімната	25 1/см <sup>3</sup>
Вулиця	500...700 1/см <sup>3</sup>
Природні умови (море, річка, ліс)	1500...20000 1/см <sup>3</sup>

Розрізняють природну (гірське й лісове повітря) і штучну (із застосуванням спеціальних генераторів аероіонів) аероіонотерапію.

Уважають, що стимулювальну дію чинять негативні йони кисню, які в процесі дихання інтенсифікують обмінні процеси в організмі. Позитивні аероіони, переважно CO<sub>2</sub>, створюють гальмівний ефект, що уповільнює обмінні процеси. Практичного застосування в медицині набули негативні аероіони.

Основним процесом, що приводить до утворення аероіонів, є іонізація газів, що входять до складу атмосфери (рис. 3.1). Для штучної іонізації повітря може бути використаний той чи інший фізичний процес.

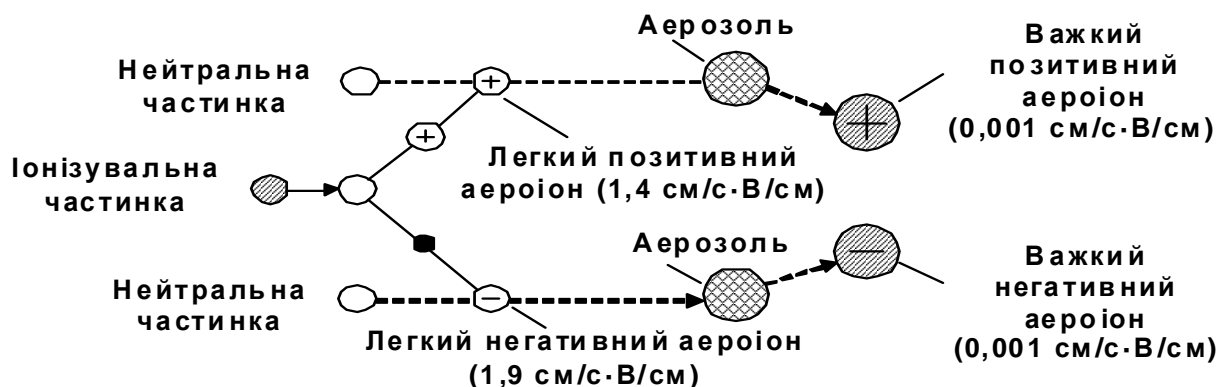


Рис. 3.1. Схема виникнення аероіонів

Основним елементом апаратури для аероіонотерапії є іонізатор повітря або генератор аероіонів.

### 3.1. Генератори аероіонів

Генератори аероіонів – це апарати та пристрої для отримання лікувальних концентрацій аероіонів заданої полярності.

**Електрофлювіальні (коронні) іонізатори повітря.** Уточнимо, що ефлювій – це коронний розряд біля вістря електрода. При негативній полярності електрода з кожної пари йонів, що утворюються в сильно неоднорідному електричному полі, позитивні йони прямують до електрода, а негативні з прискоренням рухаються в протилежному напрямку, як показано на рис. 3.2. Електрони й негативні йони, що утворилися біля вістря електродів мають достатню швидкість для йонізації молекул повітря при зіткненні. На деякій відстані від активного електрода біполярна йонізація перетворюється на уніполярну.

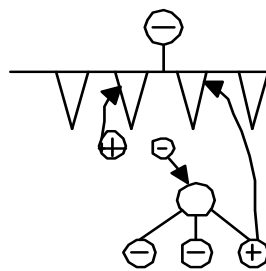


Рис. 3.2. Принцип утворення йонів у коронному розряді

Перші йонізаційні установки для терапії являли собою розрядник (наприклад, «люстра Чижевського» – металева сітка опуклої форми з напаяними голками), з'єднаний з відповідним полюсом джерела високої напруги (70...100 кВ). Другий полюс джерела живлення заземлювався. Елементи сучасної установки такого типу показано на рис. 3.3.

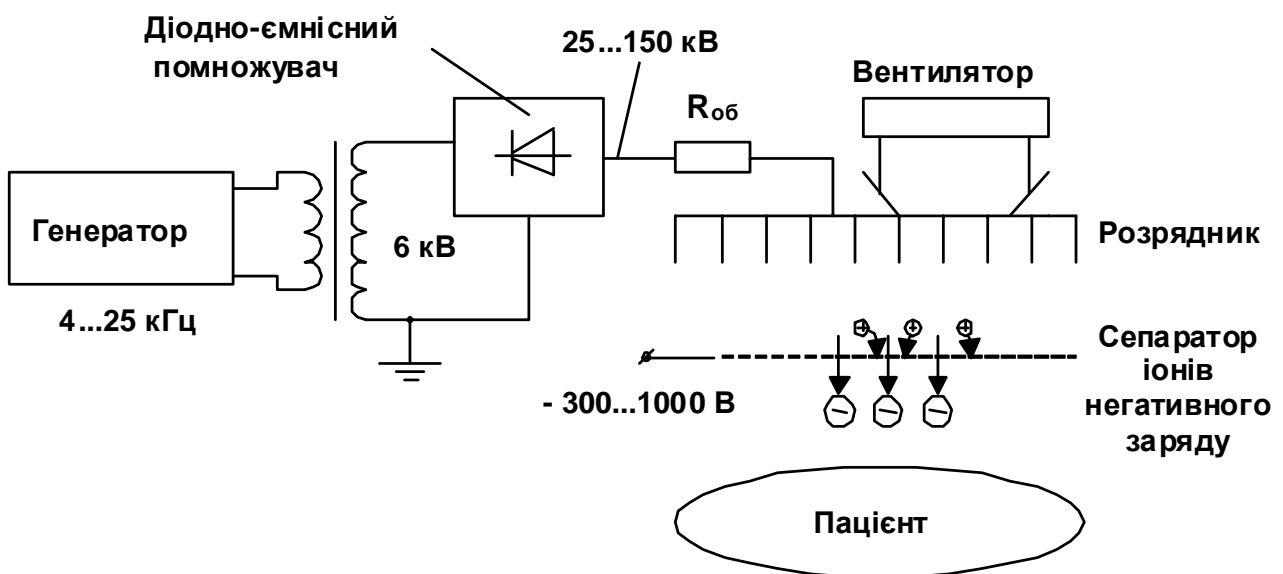


Рис. 3.3. Функціональна схема ефлювіального генератора аероіонів

Незважаючи на можливість отримання великих концентрацій легких аероіонів ( $10^6 \dots 10^7$   $1/\text{см}^3$ ), генератори на основі коронного розряду мають такі недоліки:

- виникнення побічних фізіологічно активних газів – озону, оксидів азоту (усунути цей недолік можна шляхом зниження напруги на активному електроді);

- недостатня уніполярність іонів (частково вирішити цю проблему можна за допомогою електричної сепарації негативних компонентів).

Іонізатори для індивідуальної аероіонотерапії не мають таких недоліків.

Показання до застосування: захворювання верхніх дихальних шляхів; порушення метаболізму; серцево-судинні захворювання.

Протипоказання: гострі запальні процеси; онкологічні захворювання.

**Термоелектронні іонізатори повітря** – це генератори аероіонів, принцип роботи яких базується на термоелектронній емісії розжарених металів. У сучасних термоіонізаторах для отримання термоелектронної емісії використовуються платинові або ніхромові нитки розжарювання. На рис. 3.4 зображено схему найпростішого термоіонізатора з електростатичною сепарацією іонів негативної полярності.

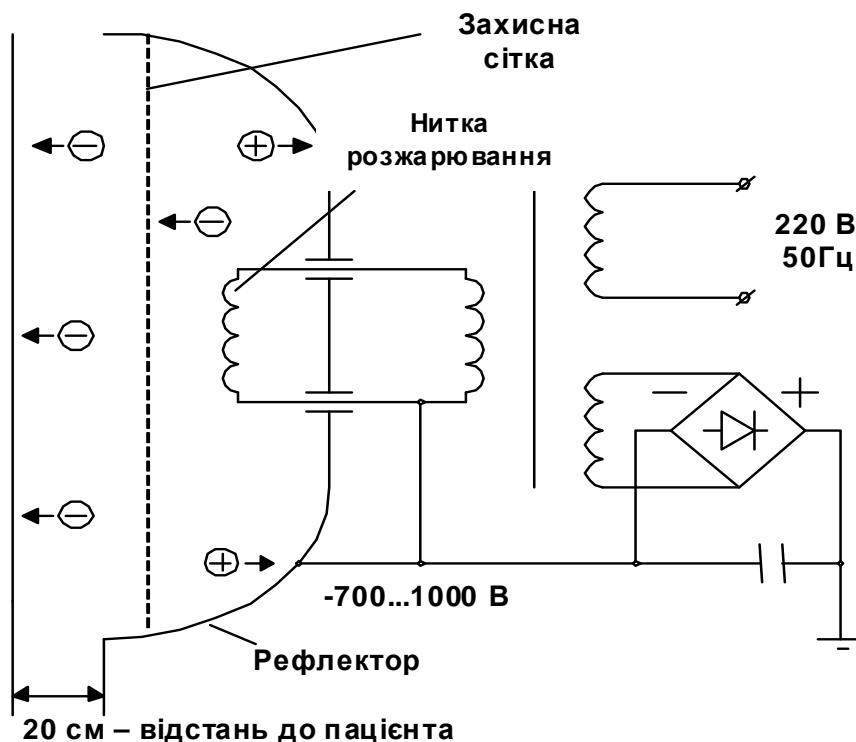


Рис. 3.4. Схема термоіонізатора

Характерною особливістю генераторів цього типу є майже повна уніполярність аероіонів.

Застосування термоіонізаторів є найбільш ефективним у випадках, коли необхідно поєднати аероіонотерапію з тепловою дією.

Принцип роботи **ультрафіолетових генераторів аерофонів** ґрунтується на йонізуючій дії випромінювання ультрафіолетового (УФ) діапазону.

У конструкціях іонізаторів цього типу (як показано на рис. 3.5) використовується УФ-випромінювання ртутно-кварцової лампи, а формування спрямованого уніполярного потоку аероіонів відбувається внаслідок вентиляторного наддування йонізованого повітря з подальшим електростатичним відбиттям і сепарацією.

Широкого застосування для аероіонотерапії ці генератори не набули через велику кількість біологічно шкідливих активних газів, що утворюються.

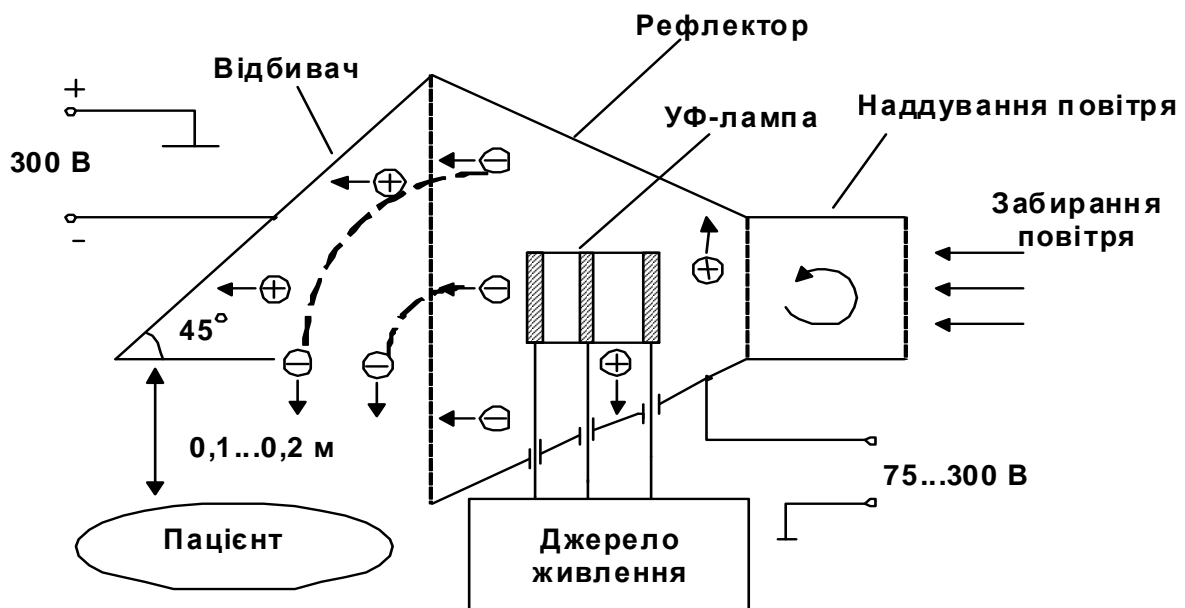


Рис. 3.5. Конструкція ультрафіолетового іонізатора

Така апаратура широко застосовується для бактерицидного оброблення лікарняних палат (за відсутності пацієнтів) і медичного допоміжного спорядження.

**Радіоактивні генератори аероіонів** – це іонізатори на основі йонізуючого випромінювання радіоактивних речовин.

Гамма- і бета-компоненти розпаду мають велику проникну здатність і є неоптимальними для йонізації повітря. Для штучної аероіонізації найбільш прийнятним є альфа-випромінювання з енергією частинок 4...9 MeV і довжиною пробігу в повітрі  $d = 2,5...9$  см (що відповідає максимуму ймовірності йонізації  $W$ , рис. 3.6).

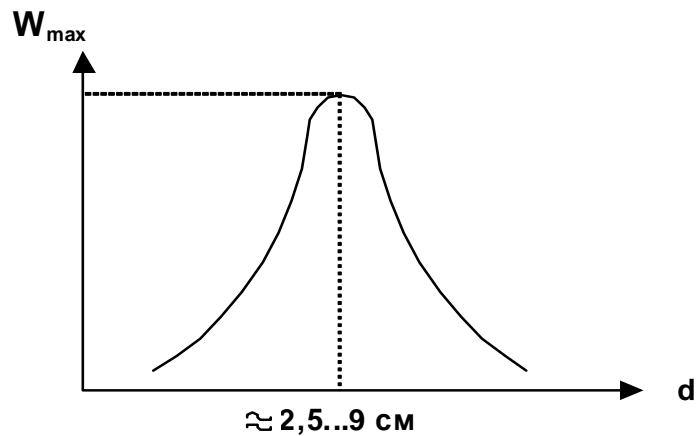


Рис. 3.6. Залежність імовірності йонізації від довжини пробігу

Будь-яка радіація зумовлює симетричну біполярну йонізацію, тому для сепарації негативних іонів застосовується електростатичне поле.

Значного застосування генератори такого виду в медичній практиці не набули.

### 3.2. Аерозольотерапія

Аерозольотерапія – вдихання з лікувальною метою лікарських і біологічно активних речовин, розпоршених у повітрі у вигляді аерозолію.

*Аерозолі* – дисперсні системи, у яких дисперсною фазою є мікроскопічні частинки твердої або рідкої речовини, а дисперсним середовищем – газ або суміш газів. Площа поверхні речовини при розпилюванні істотно збільшується. Якщо, наприклад, 1 мл рідини перетворити на аерозоль з розміром частинок 2 мкм, їх кількість становитиме  $240 \times 10^6$ , а площа поверхні –  $30 \times 10^3 \text{ см}^2$ .

Збільшення загальної поверхні частинок при зменшенні їх розмірів сприяє підвищенню хімічної і біологічної активності цих частинок, особливо в процесі дихання. Цей механізм є основою аерозольотерапії.

*Електроаерозольотерапія* – лікувальне застосування аерозолів, частинки яких мають заряд.

В апаратах для гідроаерозольотерапії використовується балоелектричний ефект, суть якого полягає в тому, що при розбризкуванні рідини відбувається розрив дипольних молекул крапель води і в повітрі поряд з аеріонами виникають гідроіони (гідроксил, гідроксоній). За лікувальним ефектом гідроаерозольотерапія не відрізняється від аеріонотерапії.

Апарати для гідроаерозольотерапії:

1. Механічні апарати, робота яких базується на принципі відцентрового розпилення. Основою апарата є кругове дискове сопло (рис. 3.7), що обертається. По щілинних зазорах, як по капілярах, рідина піднімається з

накопичувальної посудини і під дією інерційних сил розпоршується в навколишній простір.

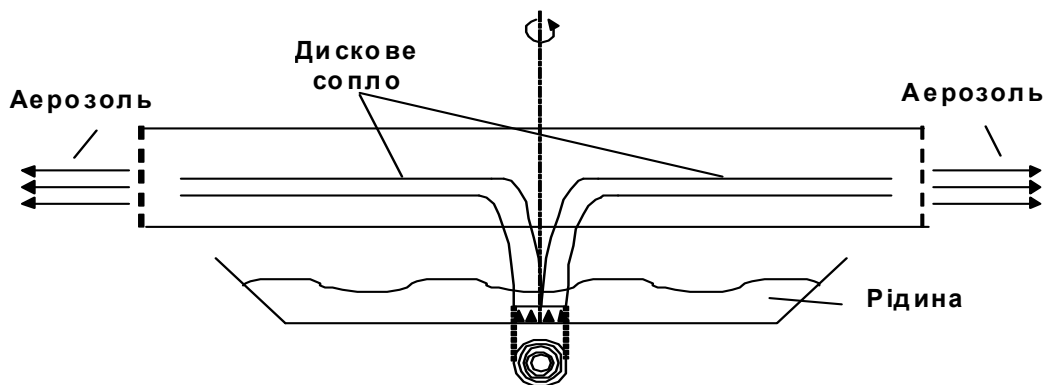


Рис. 3.7. Пристрій відцентрового аерозольгенератора

Апарати цього типу застосовуються для колективних сеансів гідроаерозольтерапії. Основним їх недоліком можна вважати одночасну дію позитивних і негативних гідроаероіонів.

2. Пневматичні генератори гідроаероіонів:

а) розпилювачі прямої дії (рис. 3.8), що застосовуються для індивідуальних процедур; їх недолік – наявність біполярних гідроаероіонів;

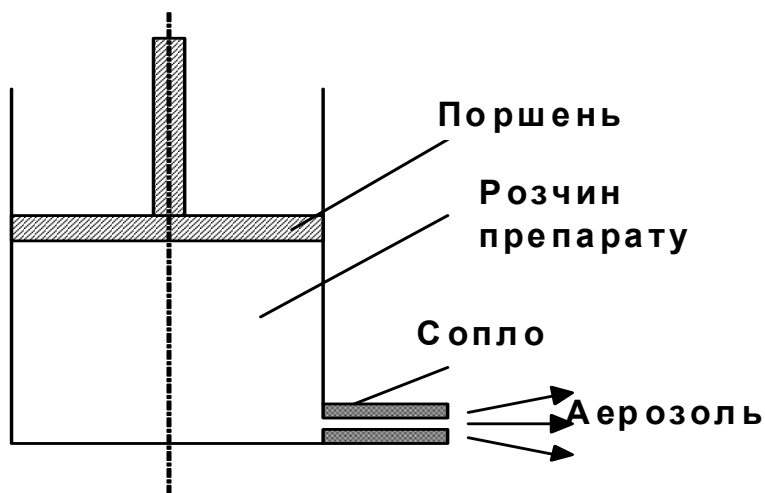


Рис. 3.8. Поршневий розпилювач

б) найпростіші пневмогенератори гідроаероіонів (рис. 3.9), що дають змогу регулювати інтенсивність впливу під час процедури;

в) електрогідроаерозольний пневмогенератор (рис. 3.10), у якому використовується електростатична сепарація гідроіонів, що дає змогу впливати на пацієнта переважно уніполярною компонентою.

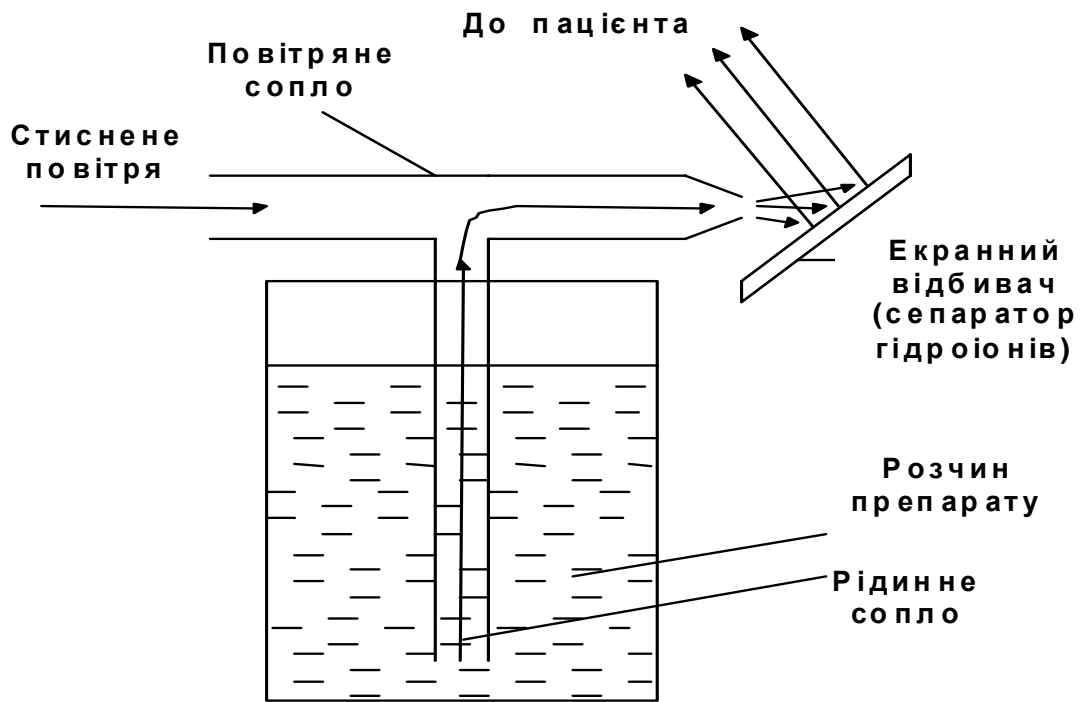


Рис. 3.9. Пневмоаерозольгенератор

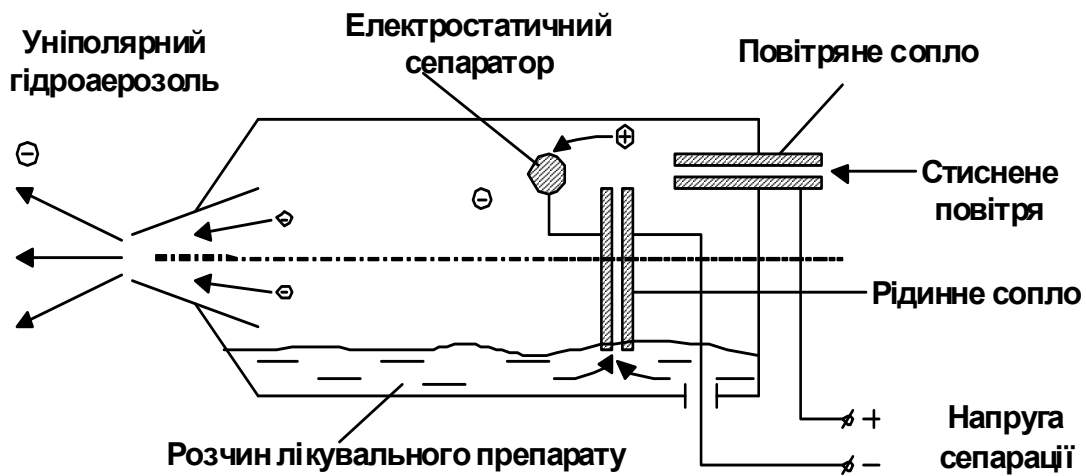


Рис. 3.10. Пневмоаерозольгенератор з електростатичною сепарацією

3. Ультразвукові генератори аерозолів (рис. 3.11). Принцип роботи: енергія ультразвукових коливань фокусується на поверхні розпилюваної рідини, унаслідок чого частина рідини переходить в аерозольний стан і концентрується в розпилювальній камері. Пацієнт через дихальний розтруб вдихає аерозоль. Апарат застосовується для індивідуальних сеансів терапії.

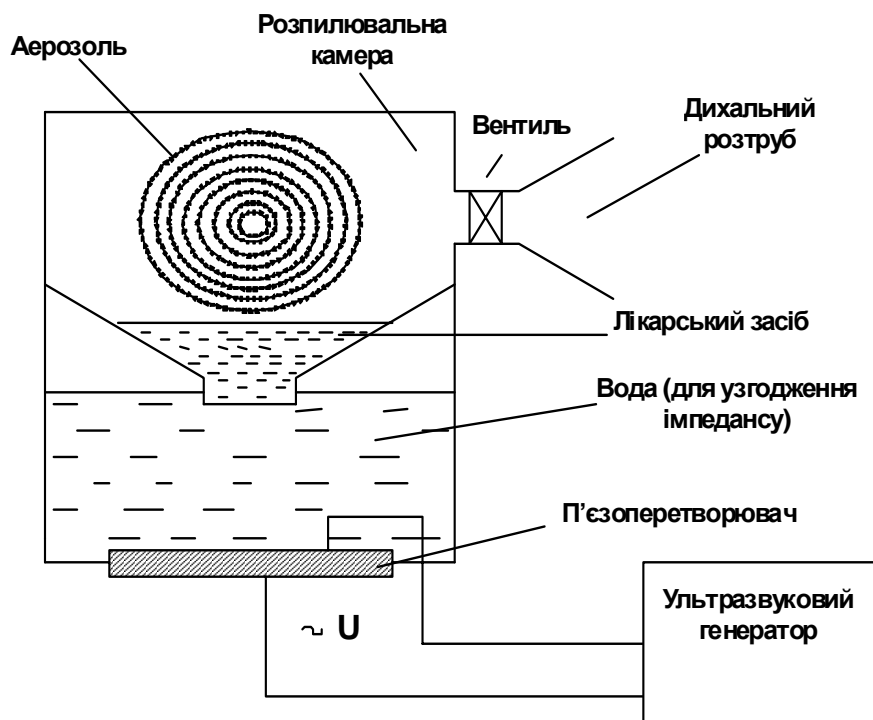


Рис. 3.11. Ультразвуковий генератор аерозолів

## 4. СВІТЛОЛІКУВАННЯ

Світлолікування (фототерапія) – це застосування з лікувальною метою енергії випромінювання інфрачервоного (ІЧ), видимого й ультрафіолетового (УФ) діапазонів оптичного спектра.

Геліотерапія – природний варіант світлолікування з використанням випромінювання Сонця.

### 4.1. Застосування інфрачервоного випромінювання у фізіотерапії

Основна дія інфрачервоного випромінювання на людину зумовлена тепловим ефектом. Підвищення температури біотканин унаслідок поглинання ІЧ-випромінювання спричиняє реакції місцевого (гіперемію, збільшення проникності судин) і загального (інтенсифікацію обмінних процесів, терморегуляцію) характеру. Реакція організму на дію ІЧ-випромінювання залежить від потужності джерела випромінювання, часу експозиції, площі поверхні, локалізації опромінення (у тому числі опромінення рефлексогенних зон).

Апаратна реалізація ІЧ-терапії:

1. ІЧ-випромінювач (рис. 4.1), у якому джерелом випромінювання є ніхромова спіраль, намотана на керамічну основу. Найчастіше цей випромінювач поміщають у фокус параболічного рефлектора.



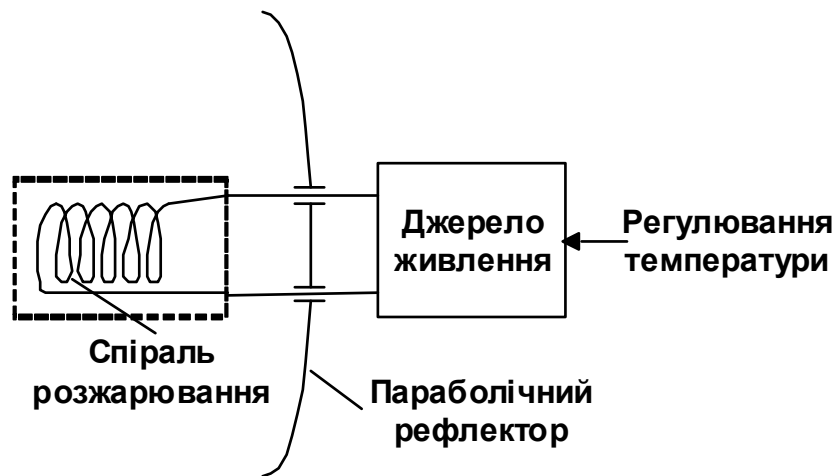


Рис. 4.1. Інфрачервоний випромінювач

Недоліки пристрою: відкрита спіраль, випалюється кисень навколишнього повітря.

2. Лампа солюкс (переносна або стаціонарна) – випромінювач, у якому 88...90 % енергії випромінювання припадає на ІЧ-діапазон. За своєю конструкцією вона є вакуумною лампою розжарювання (рис. 4.2).

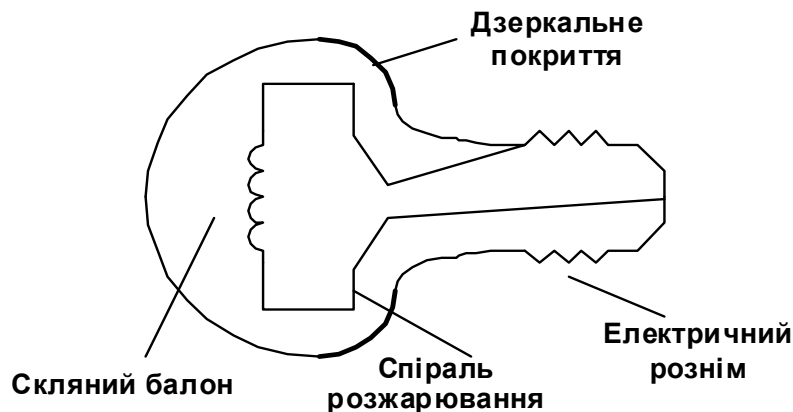


Рис. 4.2. Лампа солюкс

3. Лампа Мініна – випромінювач у вигляді звичайної електричної лампи розжарювання потужністю 40...80 Вт, яку вмонтовано в параболічний рефлектор.

4. Електроосвітлювальна ванна (рис. 4.3) – закритий каркас, на внутрішній поверхні якого розміщують 8 – 16 звичайних ламп розжарювання потужністю до 100 Вт. У цьому випадку на пацієнта діє кілька факторів: видиме випромінювання; ІЧ-випромінювання; повітря, нагріте до 70 °С. Середня тривалість процедури – 20...30 хв.

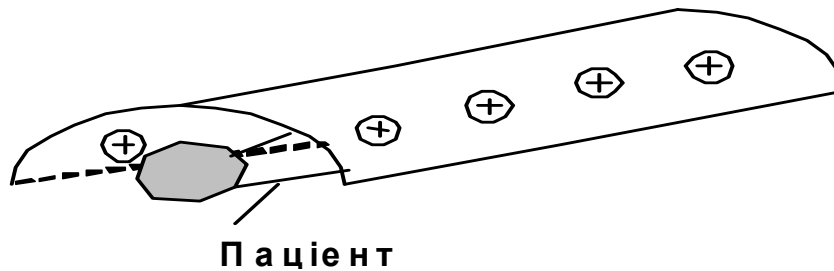


Рис. 4.3. Конструкція електроосвітлювальної ванни

Показання до застосування ІЧ-терапії: хронічні запальні захворювання носоглотки, верхніх дихальних шляхів, шкіри та підшкірної клітковини, внутрішніх органів, суглобів, хребта, м'язів.

Протипоказання: гострі і гнійні запальні процеси, онкологічні захворювання, серцево-судинна недостатність.

#### 4.2. Апарати для ультрафіолетової терапії

Для фізіотерапії застосовується ультрафіолетове випромінювання (УФВ) в інтервалі довжин хвиль 180...400 нм.

Механізм і ступінь лікувальної дії УФВ істотно залежать від довжини хвилі, інтенсивності, експозиції, локалізації області опромінення і реактивності (сприйнятливості) організму.

УФВ поглинається епідермісом неушкодженої шкіри (середня глибина проникнення – до 1 мм).

Виокремлюють такі діапазони випромінювання:

- А-діапазон – 400...320 нм – довгохвильове УФВ (ДУФ);
- В-діапазон – 300...275 нм – середньохвильове УФВ;
- С-діапазон – 275...180 нм – короткохвильове УФВ (КУФ).

Джерелами УФВ є електричні розряди в інертних газах – ксеноні, криптоні, аргоні та парах металів (ртуті). Таке випромінювання має характеристичний лінійчастий спектр в УФ-діапазоні.

Спектр випромінювання газорозрядних ламп залежить не тільки від складу газонаповнювача, але й від його тиску, складу люмінофору і властивостей скла колби.

За застосуванням лампи УФВ поділяються на лікувальні (терапевтичні); для дезінфекції повітря приміщень; для діагностики.

Апарати для УФВ-терапії складаються з джерела випромінювання, відбивача, що забезпечує просторовий розподіл випромінювання, блоків живлення й комутації. Іноді конструкція містить додаткові світлофільтри, люмінофори.

До складу ультрафіолетових опромінювачів широкого застосування входять ртутні трубчасті лампи високого тиску типу ДРТ потужністю 400...1000 Вт. До таких пристроїв належать опромінювачі типу УГД-2 (3,4,5) з радіусом ефективної дії 2...3 м.

В опромінювачі ЕГД-5 джерелами УФ-випромінювання є дев'ять еритемних ламп типу ЛЕ-30 потужністю 30 Вт і дві лампи розжарювання потужністю 300 Вт, що розширюють спектр випромінювання в довгохвильову область.

Особливістю еритемних ламп є використання спеціального люмінофору, при якому немає випромінювання коротше 280 нм, що наближає спектр їх випромінювання до спектра Сонця біля поверхні Землі.

У ДУФ-опромінювачах як елементи випромінювання використовуються лампи типу ЛУФ 80-2 з алюмінієвими відбивачами і максимумом спектра випромінювання в інтервалі 315...400 нм. Застосовуються ці опромінювачі для індивідуальної ДУФ-терапії.

У КУФ-опромінювачах використовуються спеціальні (у тому числі й безелектродні) ртутні лампи типу ВРМ-2, що працюють у режимі низького тиску. Локалізація опромінення забезпечується за допомогою тубусів.

До складу бактерицидних опромінювачів входять ртутні лампи низького тиску типу БУВ або ДБ. Максимуми потужності випромінювання припадають на довжину хвилі 254 нм.

Показання до застосування УФ-терапії: захворювання периферичної нервової системи, дезінфекція й лікування відкритих ран, лікування органів дихання, профілактика сонячної недостатності, грипу та інших інфекційних захворювань.

Протипоказання: онкологічні захворювання, туберкульоз, гіпертонія, захворювання крові.

### **4.3. Пристрої лазерної терапії**

Лазерна терапія – це світлолікування з використанням квантових генераторів оптичного випромінювання (лазерів). Характерними рисами цих джерел випромінювання є висока густина випромінювання ( $10^4 \dots 10^{13}$  Вт/см<sup>2</sup>), когерентність, монохроматичність, мала розбіжність.

Механізм дії лазерного випромінювання на біологічні тканини при потужностях джерел від 5 Вт і вище в основному пов'язують з енергетичним або тепловим ефектом. Нетеплові, інформаційні, осциляторні впливи виникають при потужності випромінювання, меншій за 1 мВт.

Узагальнену структуру лазерної установки показано на рис. 4.4.

У медичній практиці застосовуються такі схеми опромінення: прямої дії; через світловоди; через світловодні катетери; через світловодні ендос-

копи, через струмені води. Джерелами випромінювання є газові (атомарні, молекулярні, іонні), напівпровідникові і рідше твердотільні лазери.

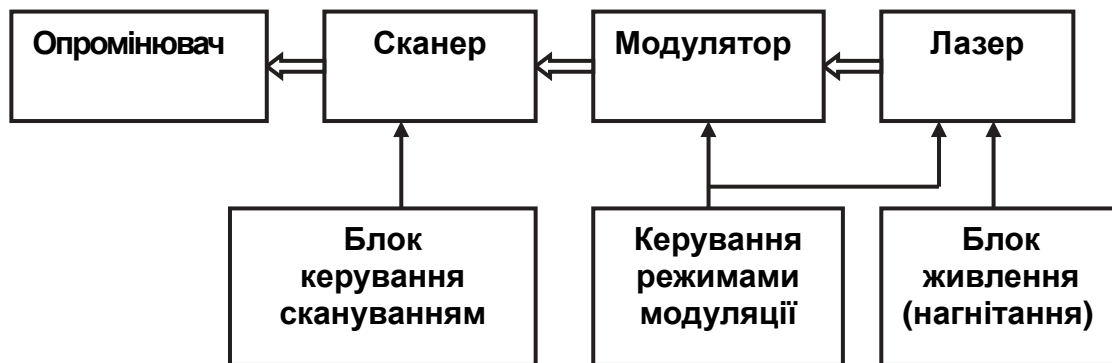


Рис. 4.4. Структурна схема лазерної терапевтичної установки

Лазерне випромінювання застосовується в хірургії для розтину тканин. Розроблено установки «Скальпель», «Пульсар». Переваги лазерної хірургії полягають в абсолютній стерильності «скальпеля», бактерицидному ефекті й коагуляції тканин розтину. Остання властивість лазерного скальпеля дає можливість хірургічного лікування гемофілії, захворювань кишково-шлункового тракту.

В онкології лазерне випромінювання застосовується для лікування доброякісних і злоякісних пухлин, передпухлинних станів. Пухлини з метою їх подальшої некротизації опромінюються малими потужностями (при цьому мінімально ушкоджуються сусідні тканини). Висікання пухлини здійснюють великими дозами опромінення ( $300...500 \text{ Вт/см}^2$ ), при цьому відбувається тотальна загибель пухлини.

В офтальмології використання лазерного випромінювання пов'язане з видаленням катаракт, припіканням на очному дні відшарувань сітківки. Розроблено методики лазерного лікування судинних захворювань очей, запальних процесів, глаукоми. Серійно випущено установку «Ятаган» на основі рубінового лазера з пасивною модуляцією добротності.

Застосування лазерних технологій у стоматології: профілактика карієсу, екстрене розкриття порожнини зуба при пульпітах, хірургічне втручання в щелепній хірургії.

У рефлексотерапії для отримання стимулювального і протизапального ефекту передбачається вплив мікропотужними дозами випромінювання. До пристроїв такого роду належать: апарат «Пульсар» (потужність  $25...500 \text{ мВт}$ , довжина хвиль  $0,81...0,89 \text{ мкм}$ ), апарат лазерний універсальний «Ліка-03» (потужність  $0...20 \text{ мВт}$ , довжина хвиль  $0,81...0,89 \text{ мкм}$ ); аналогічні лазерні апарати «Спектр-02», «Алоу-2», АКЛР-01М, АФДЛ та ін.

## 5. ПРОМЕНЕВА ТЕРАПІЯ

Променева терапія – це вплив на організм з лікувальною метою йонізувального випромінювання. Призначена для лікування злоякісних утворень шляхом пригнічення репродуктивної здатності й руйнування структури пухлини.

Фізичний механізм променевої терапії полягає в змінах у клітинах унаслідок іонізації і пошкодження молекул життєво важливих речовин під дією йонізувальних випромінювань. Біологічна дія залежить від величини поглиненої дози.

Практика медичного застосування променевої терапії базується на понятті радіотерапевтичного інтервалу, тобто відмінності у вихідній радіаційній чутливості пухлин і здорових тканин, що їх оточують. При великому радіотерапевтичному інтервалі патологічний осередок має високу радіаційну чутливість, і під час опромінення дія йонізувального випромінювання не супроводжується істотним зміненням навколишніх тканин. При малому радіотерапевтичному інтервалі для пошкодження патологічних утворень потрібні великі дози опромінення, що призводять до ураження здорових тканин.

Під час променевої терапії застосовуються різні методи опромінення: близько- і далекодістанційне, поверхневе, внутрішньопорожнинне, внутрішньотканинне. Кожен зі способів опромінення має багато варіантів з різними поєднаннями геометричних, механічних і фізичних умов при певному взаємному розташуванні джерела випромінювання і пацієнта.

За тривалістю впливу розрізняють такі методи опромінення: одномоментний, дробовий, безперервний. Одномоментний (одноразовий) метод застосовується рідко. Найбільш поширеним є дробовий (декількома окремими дозами) метод, при якому одноразово поглинена доза становить від 250 до кількох тисяч рад. Цикл опромінення – п'ять разів. Безперервний метод використовується при внутрішньотканинному введенні джерела випромінювання, яке діє на область патології і навколишні тканини тривалий час.

За видом використовуваного випромінювання розрізняють фотонну й корпускулярну променеву терапію. У фотонній (квантовій) променевій терапії застосовується рентгенівське і гамма-випромінювання, а в корпускулярній – використовується вплив потоків електронів, протонів, позитронів, нейтронів, альфа-частинок та інших елементарних частинок.

### 5.1. Рентгенотерапевтичні апарати

Рентгенотерапевтичні апарати застосовуються для лікування захворювань гальмівним рентгенівським випромінюванням. За призначенням

вони поділяються на апарати для поверхневої терапії (анодна напруга на рентгенівській трубці  $U_a = 10 \dots 60$  кВ), внутрішньотканинної терапії ( $U_a = 60 \dots 100$  кВ), глибокої терапії ( $U_a = 100 \dots 300$  кВ).

За способом руху опромінювача розрізняють установки для статичного й рухомого опромінення. Будова рентгенотерапевтичних апаратів (рис. 5.1) є аналогічною до будови діагностичних, але без приймачів випромінювання.

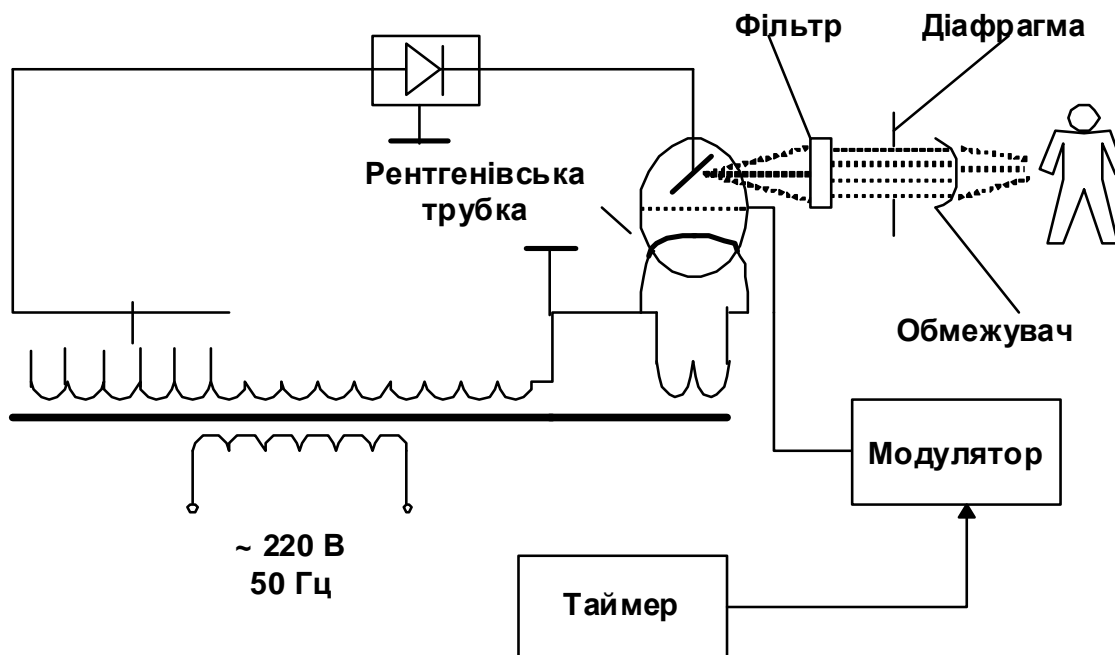


Рис. 5.1. Структурна схема рентгенотерапевтичного апарата

## 5.2. Гамма-апарати

Гамма-апарати – стаціонарні установки для променевої терапії, основним елементом яких є радіаційна головка з джерелом гамма-випромінювання. Радіаційна головка (рис. 5.2), що виготовляється з важкого металу (свинцю, вольфраму), ефективно послаблює гамма-випромінювання. Для перекриття пучка випромінювання в конструкції передбачено затвор і транспортер, що переміщує джерело випромінювання з положення активної дії в положення зберігання. Радіаційну головку розміщують на спеціальному штативі, що дає змогу концентрувати випромінювання на області патології.

Для лікування пухлин на глибині понад 10 см застосовують далеко-дистанційні апарати з радіаційною активністю від 800 до кількох тисяч кюрі (установки «РОКУС-М», «АГАТ-Р», «АГАТ-С»). Експозиційна доза опромінення при цьому становить  $60 \dots 90$  Р/хв з відстані 1 м до пацієнта.

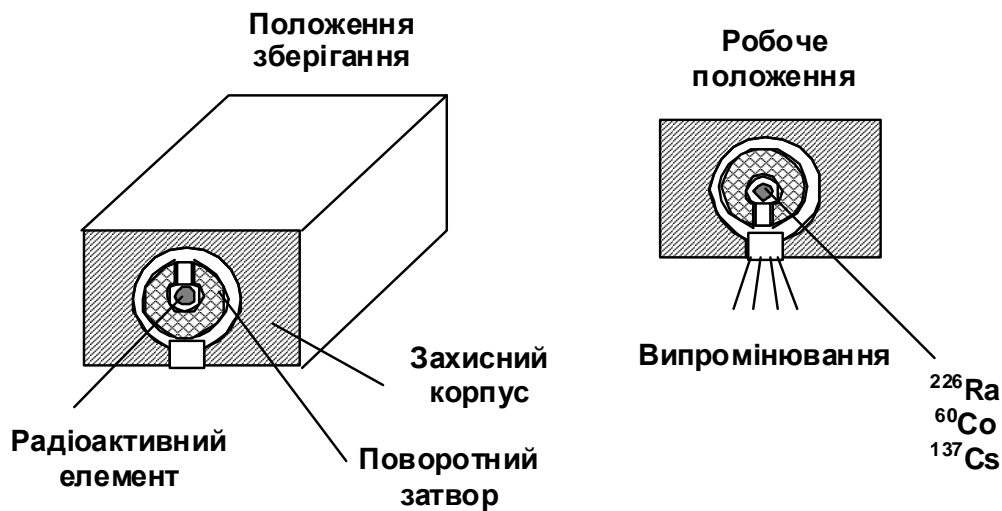


Рис. 5.2. Будова радіаційної головки

Близькодистанційні гамма-апарати (установки РІТС) розраховані на глибину впливу 2...5 см. Активність джерела випромінювання – до 200 Ки, опромінення проводять з відстані 5...15 см.

Для внутрішньопорожнинної гамма-терапії використовують установку «АГАТ-В», що містить сім джерел випромінювання з активністю 1...5 Ки. Джерела випромінювання мають такі розміри, що можна їх поміщати в порожнині ендостатів.

### 5.3. Засоби корпускулярної терапії

*Альфа-терапія.* До особливостей альфа-терапії належать мала проникна здатність, значна лінійна густина йонізації (багато більша, ніж при гамма- або бета-випромінюванні), виникнення в тканинах вільного кисню та деяких інших сильних окиснювачів. Тому цей вид променевої терапії використовується в поверхневих аплікаційних методиках, водних і повітряних процедурах, у внутрішньотканинних препаратах.

*Бета-терапія* – вид променевої терапії з використанням електронної компоненти радіоактивного розпаду. Особливостями є більша, ніж для альфа-частинок, глибина проникнення в біотканини від 1 мм до 1 см, а також можливість ефективного керування скануванням.

*Нейтронна терапія* – вид променевої терапії з використанням потоків нейтронів з енергією 7,15 МеВ. Особливостями впливу є велика глибина проникнення нейтронів і можливість подальшої ядерної реакції з радіоактивною речовиною, попередньо введеною в пухлину.

У медицині також набули поширення методики опромінення потоками протонів, мезонів та інших елементарних частинок.

## 6. ЗАСОБИ АКУСТИЧНОЇ ТЕРАПІЇ

До акустичної терапії належать усі види лікувального масажу, а також вібро-, баро- та ультразвукової терапії.

### 6.1. Апаратура для масажу та вібротерапії

Вібротерапія – це метод лікування з використанням механічних коливань низької частоти й малої амплітуди для впливу на різні частини тіла пацієнта.

Фізичний механізм вібротерапії полягає у створенні механічних періодичних деформацій біосередовищ.

Біологічний механізм: зміна концентрацій, інтенсифікація біохімічних процесів, подразнювальна дія на рецепторний механізм.

Апарати для контактного вібромасажу підрозділяють на апарати для загальної вібротерапії (вібростілець, віброліжка, віброплатформа, рис. 6.1) та апарати місцевого вібраційного впливу (рис. 6.2 і 6.3).

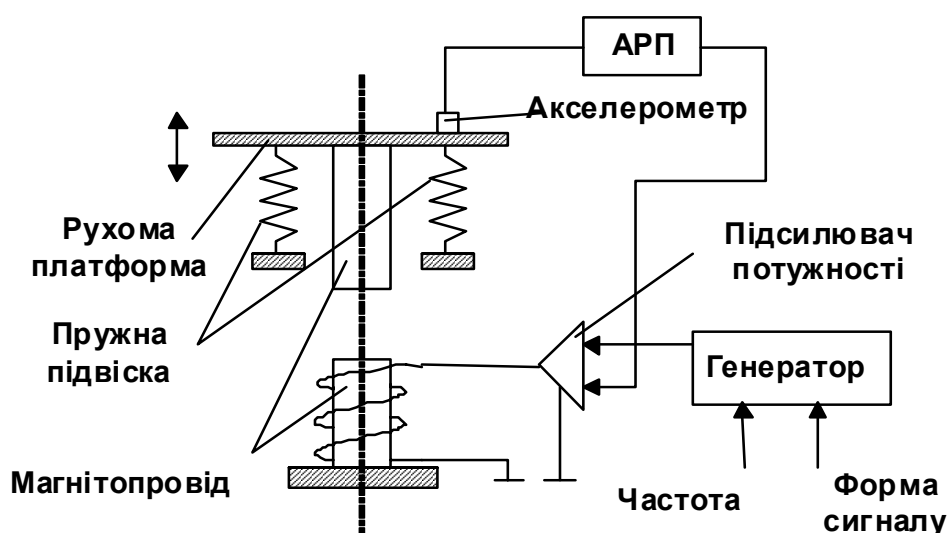


Рис. 6.1. Структурна схема пристрою для загальної вібротерапії



Рис. 6.2. Апарат для місцевого вібромасажу



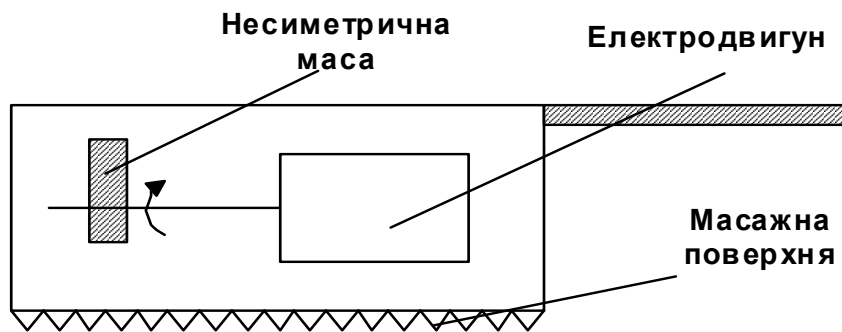


Рис. 6.3. Вібротерапевтична щітка

Апаратура для вакуумного масажу використовується для впливу шляхом чергування зниженого й підвищеного тиску (рис. 6.4). Тиск повітря формується в спеціальних аспіраторах (масажних дзвонах), які прикладають до тіла пацієнта.

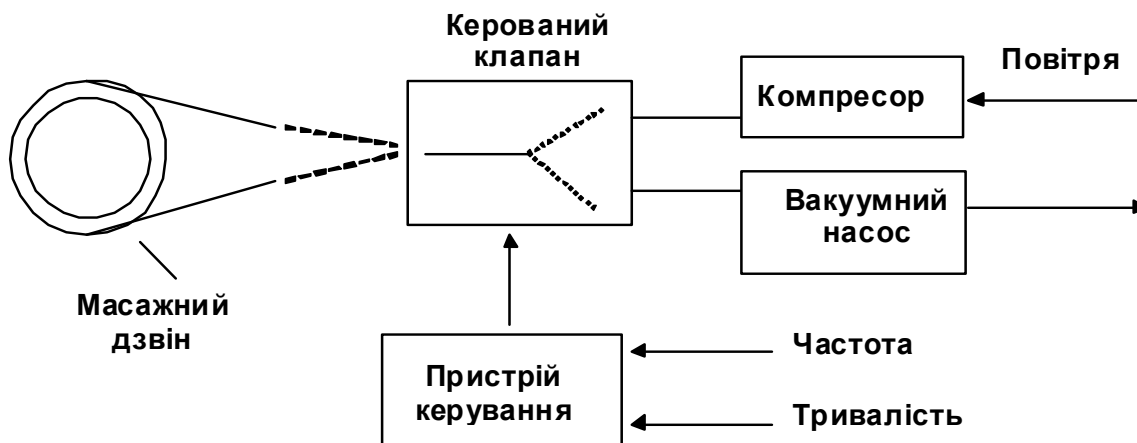


Рис. 6.4. Структурна схема вакуумного масажу

В апаратах для синкардіального масажу синхронізують ритм імпульсів тиску в масажній камері з ритмом скорочення серця. Так звані апарати Кулаженка використовують для вакуумного масажу ясен при лікуванні пародонтозу.

*Гідромасаж* – комбінований вплив струменями води й масажними маніпуляціями (душ Шарко, підводний душ, вихровий підводний душ).

*Апарати для комбінованого вібромасажу.* У цих апаратах коливання від джерела вібрацій до пацієнта передаються через водне середовище (апарати типу «Хвиля», рис. 6.5).

У гідролазерній терапевтичній системі використовується вібромасаж струменями води, по яких поширюється (як по світловодах) лазерне проміння.



Рис. 6.5. Комбінований гідромасаж

Показання до вібротерапії: пролежні, радикуліти, невралгії, гастрити, цистити та інші захворювання.

Протипоказання: травми головного мозку, захитування, тромбофлебіт, гострі гнійні процеси.

## 6.2. Баротерапія

Баротерапія – метод лікування пацієнтів зниженим або підвищеним тиском повітряного середовища відносно атмосферного.

Лікувальний механізм полягає у впливі зміненого зовнішнього тиску повітря на барорецептори й судинно-капілярну сітку шкірних покривів, внутрішніх органів і тканин. Якщо зовнішній тиск нижче внутрішньотканинного, виникає гіперемія, у протилежному випадку – анемія.

Баротерапію проводять за допомогою герметичних камер (барокамер), капсул або посудин, сполучених із вакуумними й нагнітальними насосами. Загальна баротерапія застосовується для довготривалого лікування й проводиться в спеціальних барокамерах (рис. 6.6).

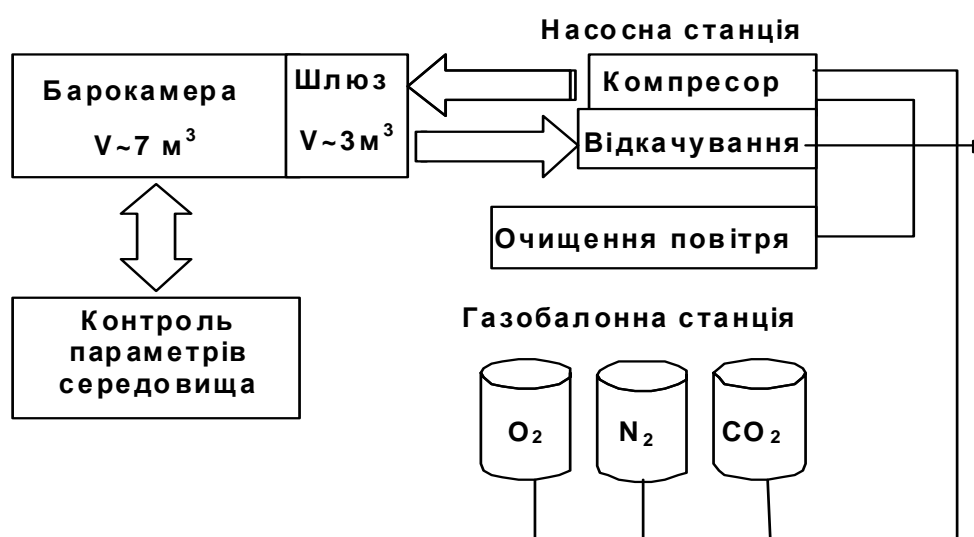


Рис. 6.6. Будова барокамери

*Аспіраційні апарати* – пристрої для вакуумного видалення біологічних рідин і м'яких біоструктур. Наприклад, офтальмологічний хірургічний апарат «Аспіратор-01» призначено для видалення м'яких катаракт шляхом відсмоктування аспіраційним наконечником при одночасній іригації лікувальним розчином.

### 6.3. Апаратура для ультразвукової терапії

Лікувальну дію ультразвуку (УЗ) пов'язують з тепловою, механічною, хімічною й електрофізичною складовими. Пороговою інтенсивністю біологічної дії ультразвуку є величина  $0,01 \text{ Вт/см}^2$ , нижче якої проникність клітинних мембран не змінюється, а отже, не запускаються регуляційні процеси. Виокремлюють такі інтервали інтенсивностей впливу: до  $0,4 \text{ Вт/см}^2$  (інформаційна терапія з низькоенергетичним впливом);  $0,5 \dots 0,8 \text{ Вт/см}^2$  (вплив, не здатний створити деструктивні прояви);  $1 \text{ Вт/см}^2$  і більше (високоенергетичний вплив з вираженими тепловими проявами). Узагальнену структуру апарата для ультразвукової терапії показано на рис. 6.7.

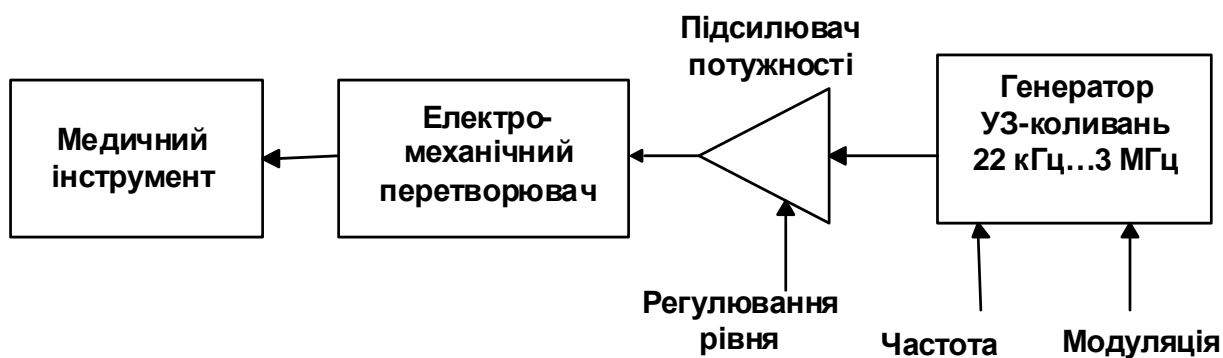


Рис. 6.7. Функціональна схема апарата для УЗ-терапії

Як електромеханічні перетворювачі для низькочастотної області УЗ-коливань застосовуються магнітострикційні випромінювачі (вібратори), робота яких базується на механічних деформаціях, що виникають у феромагнетиках при їх намагнічуванні в магнітному полі, яке періодично змінюється. Магнітострикційні перетворювачі застосовуються в діапазоні частот до 200 кГц з великими потужностями впливу.

Принцип роботи *п'єзоелектричних випромінювачів (вібраторів)* ґрунтується на явищі зворотного п'єзоелектричного ефекту. Як матеріал п'єзоелемента зазвичай використовується цирконат-титанат свинцю. П'єзоелектричні перетворювачі особливо ефективно працюють у високочастотній області УЗ-діапазону та в імпульсному режимі.

В апаратах ультразвукової терапії широкого застосування реалізується інтенсивність впливу до  $1 \text{ Вт/см}^2$  у діапазоні частот  $800 \dots 3000 \text{ кГц}$ .

Промисловістю випускається номенклатура апаратів типу УЗТ для лікувально-орієнтованого застосування, наприклад:

- УЗТ-101 – для лікування захворювань внутрішніх органів та опорно-рухового апарату (робоча частота 880 кГц);
- УЗТ-102 – для стоматології;
- УЗТ-103 – для урології;
- УЗТ-104 – для офтальмології;
- УЗТ-31 – для гінекології (робоча частота 2,64 МГц).

Для узгодження акустичних імпедансів ультразвукового випромінювача і біоструктури місце впливу покривають спеціальним гелем, водним розчином або лікарським препаратом.

**Фонофорез** – уведення в організм препаратів ліків під дією ультразвукового випромінювання (рис. 6.8).

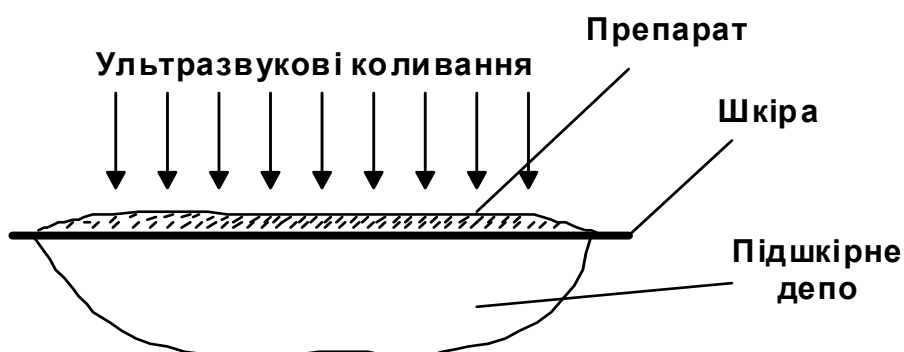


Рис. 6.8. Фонофорез ліків

Під дією ультразвуку лікарський препарат проникає в епідерміс, звідки дифундує в кров і лімфу, а потім поширюється по всьому організму. Для фонофорезу рекомендовано застосовувати розчини гідрокортизону, анальгін, антибіотиків, емульсії ампіциліну, тетрацикліну тощо.

У роботі апаратів для *ультразвукової стерилізації та знезаражування* використовуються бактерицидні властивості ультразвукових коливань.

*Апарати для ультразвукової хірургії* застосовуються для розтину і з'єднання живих біологічних тканин (м'яких і кісткових структур), їх робоча частота становить 20...100 кГц. Для хірургічного інструменту використовують спеціальні конічні насадки, які показано на рис. 6.9 (зліва направо: скальпель, пилка, лопатка для дроблення кісток, трепан, голка для дроблення тромбів).

*Ультразвук у безкровній хірургії* застосовується в спеціалізованих діагностично-лікувальних установках для подрібнення каменів у нирках, печінці, сечовому міхурі, для впливу на пухлини з підвищеною щільністю новоутворень.

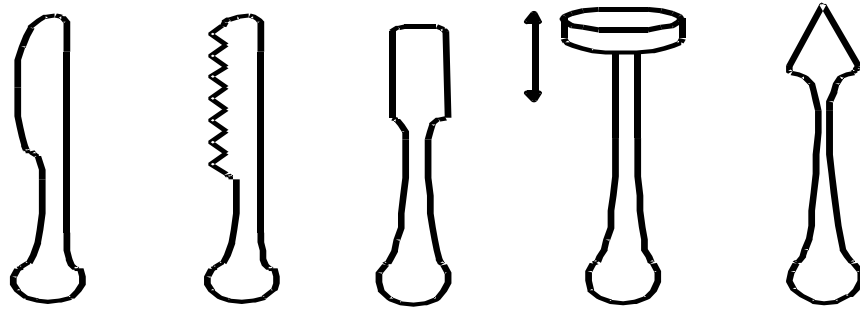


Рис. 6.9. Ультразвуковий хірургічний інструмент

## 7. КРІОТЕРАПЕВТИЧНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

Кріотерапія – метод лікування із застосуванням низьких температур для охолодження тканин, органів (у тому числі ізольованих) або всього організму при патологічних процесах.

### 7.1. Апарати для штучної гіпотермії

Гіпотермія штучна – це штучне охолодження тіла пацієнта з метою зниження інтенсивності метаболічних процесів в організмі й підвищення стійкості до гіпоксії (кисневого голодування) і травмування. Розрізняють помірну (зниження температури тіла до 32...28 °С) і глибоку (зниження температури до 20...15 °С) гіпотермію.

*Апарати для штучної гіпотермії* – пристрої, призначені для вимірювання, контролю й автоматичного підтримання заданої температури тіла, окремих органів при проведенні лікувальної процедури.

За способом здійснення та апаратної реалізації гіпотермію штучну поділяють на контактну й перфузійну.

*Контактна методика гіпотермії* базується на властивостях теплопровідності біотканин і біосередовищ. При контактній методиці теплоносій контактує з охолоджуваною ділянкою тіла безпосередньо (охолоджувальні ванни, компреси, лід) або теплоносій циркулює в манжеті, розміщеній на тілі або всередині порожнини організму пацієнта. Як теплоносії використовуються рідини (вода, водно-спиртовий розчин, фурацилін, розчин хлористого кальцію), гази (повітря, пари азоту) або безпосередньо джерела холоду (лід, сухий лід, термоелектричні перетворювачі).

Найпростішими засобами для локальної гіпотермії є пакети з охолодженою водою або льодом. Під час загальної гіпотермії найбільш просто застосовувати водні ванни з регулюванням температури води. Для керованої локальної гіпотермії використовуються апарати, де теплоносій у процесі циркуляції контактує, з одного боку, з охолоджуваною поверхнею органі-

зму, а з іншого – з охолоджувальною системою. За таким принципом працюють установки для штучної гіпотермії типу «Холод-2Ф» (рис. 7.1).

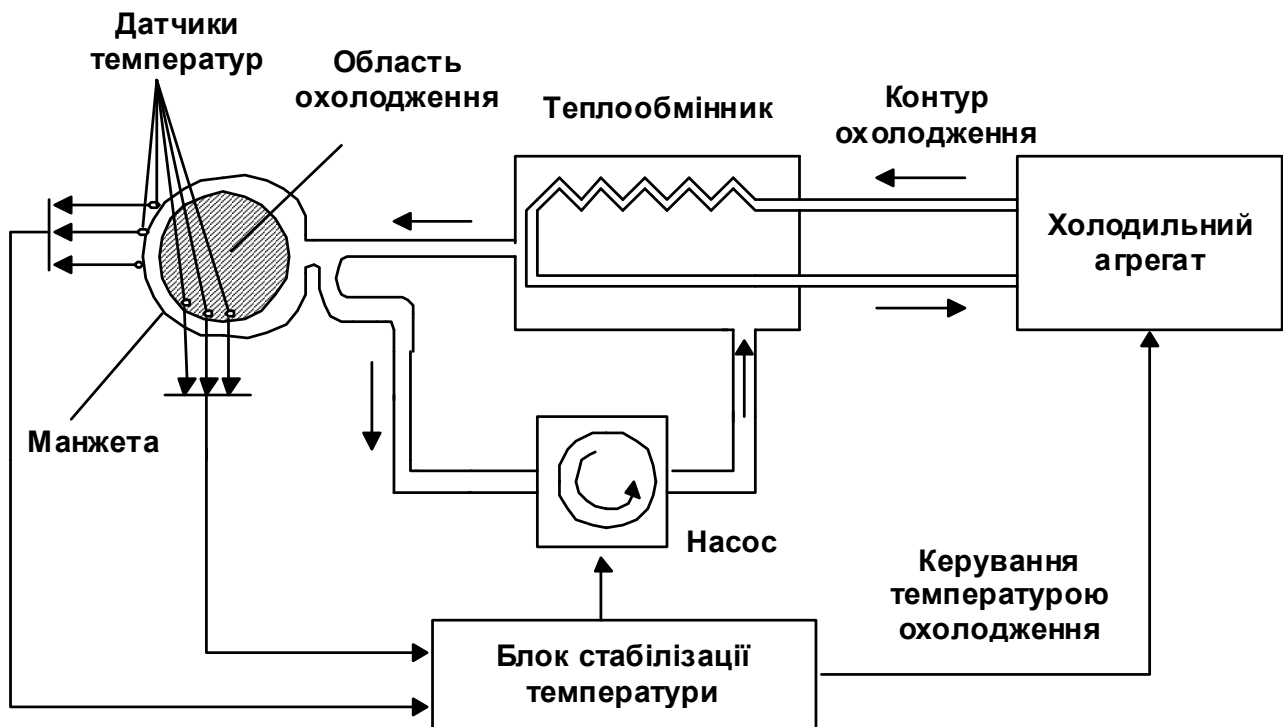


Рис. 7.1. Структурна схема апаратів для гіпотермії типу «Холод»

Залежно від області впливу розрізняють такі види гіпотермії:

- *краніоцеребральна гіпотермія* – охолодження кори головного мозку через зовнішні покриви голови;
- *штучна гіпотермія серця* – охолодження контактним методом серця через грудну стінку або при відкритому серці;
- *гіпотермія шлунка* – уведення в порожнину шлунка латексного балона, який заповнюється охолодженою рідиною, що циркулює;
- *гіпотермія нирки* – аналогічна гіпотермії серця.

*Перфузійна методика гіпотермії* базується на використанні як теплоносія крові, що циркулює в організмі (рис. 7.2). Для реалізації цієї методики застосовують апарат штучного кровообігу.

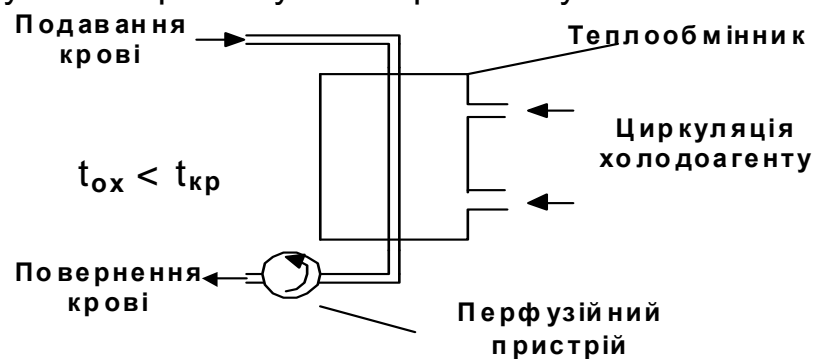


Рис. 7.2. Принцип проведення перфузійної гіпотермії

Перевага перфузійної методики полягає в швидкому зниженні температури організму пацієнта.

## 7.2. Кріохірургічна апаратура

Кріохірургія об'єднує хірургічні методи місцевого лікування холодом, що ґрунтуються на кріодеструктивній дії та знеболювальному ефекті.

*Апарати для кріохірургії* – пристрої, що містять охолоджені різними холодоагентами наконечники (рис. 7.3) або елементи спрямованої та обмеженої дії на органи і тканини пацієнта.

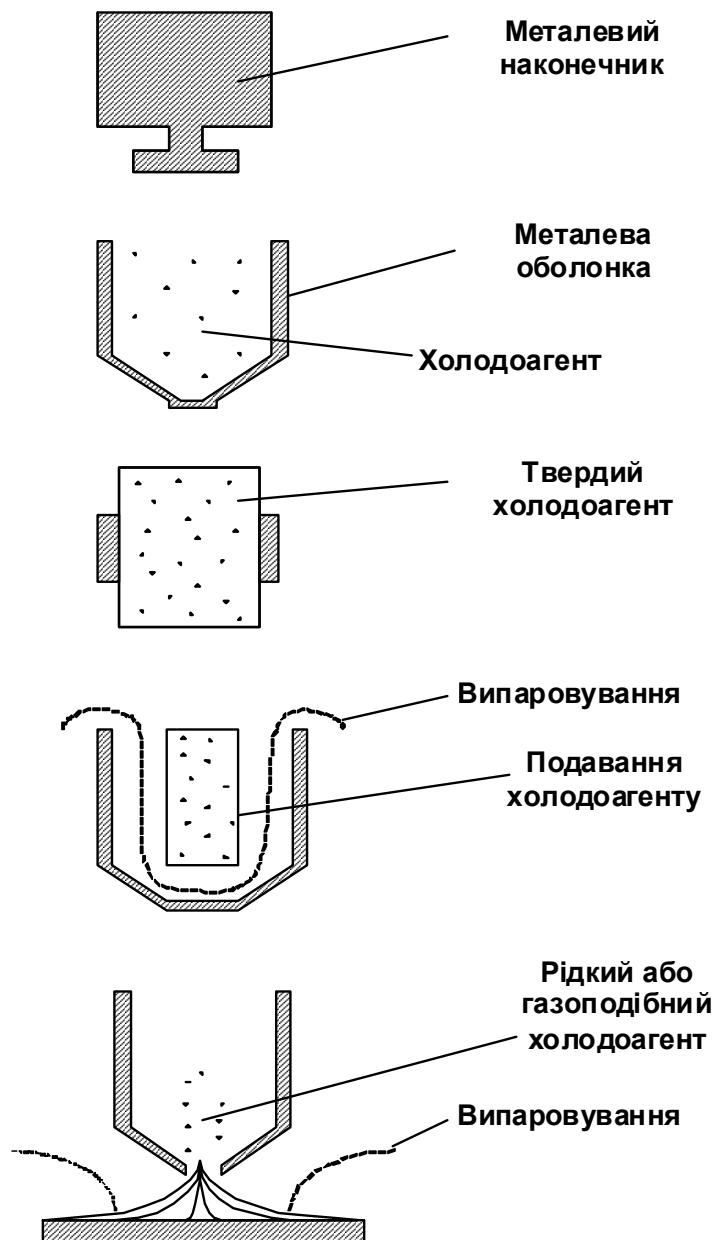


Рис. 7.3. Види активної частини (наконечників) для кріохірургії

Як холодоагенти застосовуються:

- фреон з температурою кипіння  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- двоокис вуглецю у вигляді сухого льоду ( $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- оксид азоту ( $-89\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- рідкий азот ( $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Апарати для локального кріовпливу – кріоаплікатори (кріодеструктори, кріокаутори, кріоманіпулятори, кріофаки, кріоекстрактори).

Найпростіші кріоаплікатори складаються з мініпосуди Дьюара, магістралі для подавання холодоагенту, робочого наконечника, пристрою заправлення холодоагентом і відведення відпрацьованої речовини.

Характеристики кріоаплікаторів:

- характерний об'єм одноразового заправлення азотом –  $50\text{...}100\text{ мл}$ ;
- температура впливу –  $100\text{...}120\text{ К}$ ;
- об'єм зони заморожування –  $20\text{...}30\text{ см}^3$ ;
- час безперервної роботи –  $15\text{ хв}$ .

Недоліки кріоаплікаторів – граничний кут маніпуляції та обмежений час дії, викид в атмосферу великої кількості невикористаного холодоагенту. Таких недоліків не мають стаціонарні кріохірургічні установки (рис. 7.4).

Досить широкого застосування набули кріохірургічні установки типу «Мороз» та «Кріоелектроніка».

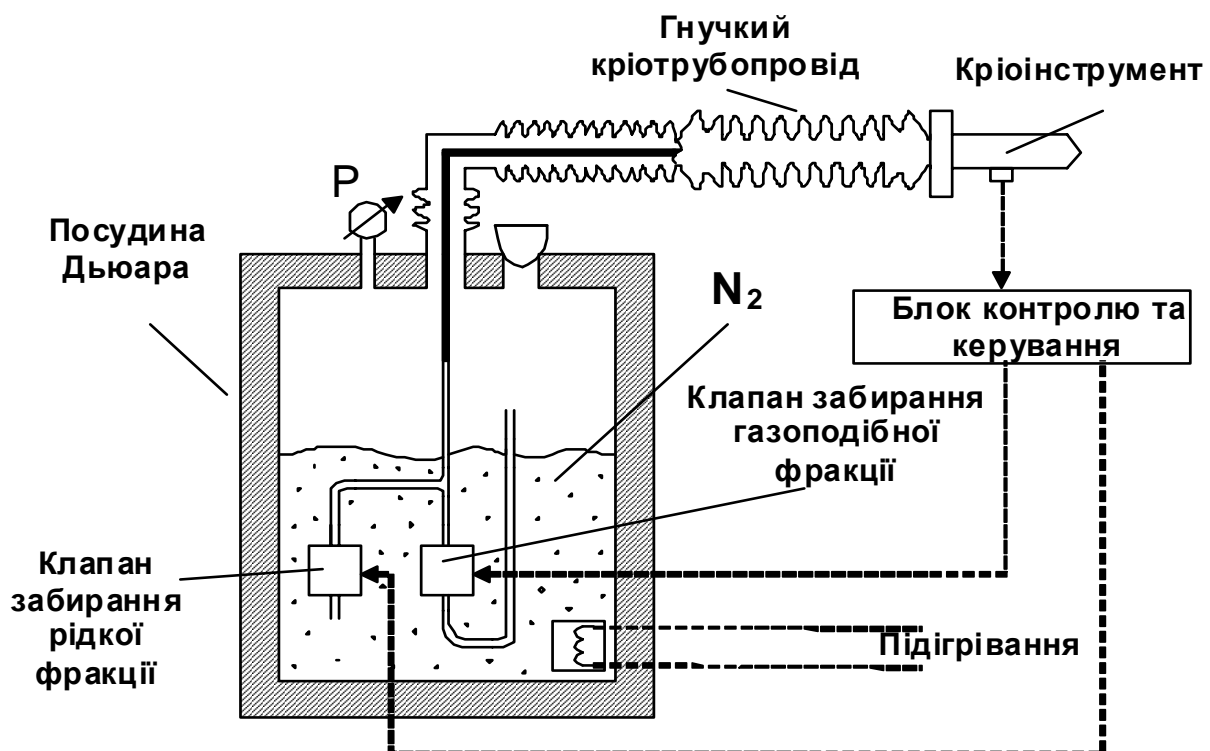


Рис. 7.4. Функціональна схема стаціонарної кріотерапевтичної установки



Робота *термоелектричних апаратів для кріотерапії* базується на охолодженні одного зі спаїв термоелемента при проходженні через нього постійного струму (ефект Пельтьє). Структурну схему апаратів, що працюють за цим принципом, зображено на рис. 7.5. Мінімальна температура охолодження, яку технічно можна досягти за допомогою цих апаратів, становить близько  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

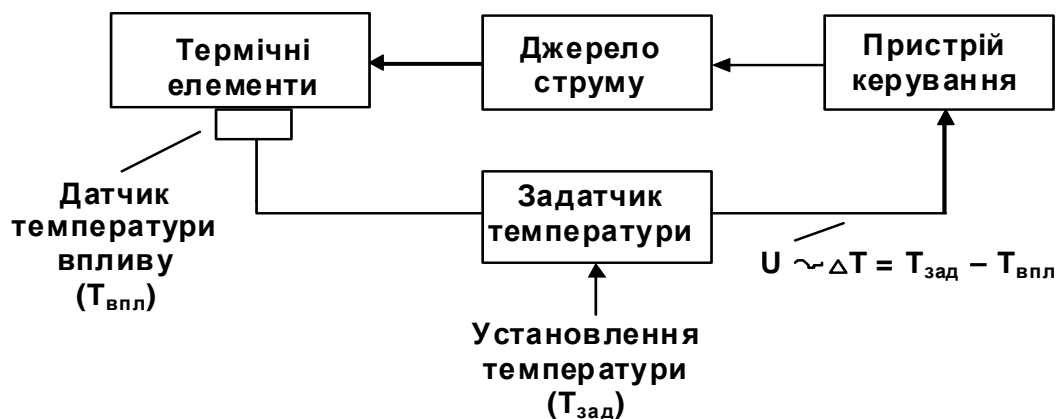


Рис. 7.5. Структура термоелектричного апарата для кріотерапії

Такі пристрої застосовуються для деструкції біотканин (наприклад, видалення кристалика ока), а також для локальної гіпотермії.

## 8. ФІЗІОТЕРАПЕВТИЧНИЙ КАБІНЕТ

Фізіотерапевтичний кабінет (ФК) – це структурний підрозділ лікувального закладу для проведення лікування фізіотерапевтичними методами.

Параметри приміщення:

- висота – не менше 3 м;
- відношення площі підлоги до площі вікон – 6:1...7:1.

Заборонено розміщувати ФК у підвальних, напівпідвальних і цокольних приміщеннях. Обов'язково має бути проточно-витяжна вентиляція.

Для організації місць електро- і світлолікування відводиться площа не менше  $6\text{ м}^2$ . Для мікрохвильової (НВЧ) терапії виділяється площа не менше  $9\text{ м}^2$ . Освітленість у кабінеті має становити 150 лк. Заборонено робити завіси із синтетичних матеріалів. Процедурні кабінети, кушетки встановлюють на відстані від водо- й газопровідних труб. Металеві корпуси, штативи апаратів заземляють відповідно до вимог техніки безпеки. Для захисту від побічних полів, що створюються НВЧ-апаратами, кабінети екранують металізованими тканинами. Для захисту очей використовують радіозахисні окуляри.

Для індикації УВЧ- і НВЧ-полів необхідною є наявність індикаторів, що спрацьовують на відстані 6...8 см від апарата.

Для захисту від УФ-випромінювання слід користуватися захисними окулярами. Під час проведення УЗ-процедур медичний персонал повинен використовувати рукавички з вібропоглинальної тканини або гуми.

Персонал ФК має скорочений робочий день і повинен проходити медичний огляд один раз на рік.

## 9. ТЕСТОВІ ЗАПИТАННЯ

1. *Терапевтичні апарати та системи – це технічні засоби, які призначено:*

а) для проведення діагностики; б) для створення лікувального ефекту; в) для проведення профілактичних заходів із запобігання захворюванням.

2. *Функція головного елемента апарата «Штучне серце»:*

а) насосна з транспортування крові в організмі; б) регулювання теплового стану в організмі; в) регулювання обміну речовин в організмі.

3. *Перелік технічних засобів, що містить тільки перфузійні апарати:*

а) апарат штучного кровообігу, апарат штучної вентиляції легенів; б) апарат для гальванотерапії, апарат для ультрависокочастотної терапії; в) апарат «Штучна нирка», апарат штучного кровообігу.

4. *Основні функції апарата штучного кровообігу:*

а) підтримання кровообігу в організмі, окремому органі або окремій області організму штучним шляхом; б) оксигенація крові; в) підтримання теплового балансу в організмі.

5. *Оксигенатор – елемент апарата штучного кровообігу, що забезпечує такі функції:*

а) газообмін шляхом насичення венозної крові киснем і видалення вуглекислого газу; б) фільтрація плазми крові; в) охолодження крові.

6. *Перелік виключно основних технічних складових апарата «Штучна нирка»:*

а) блок НВЧ-магнетрона, електромагнітний витратомір, компресійна манжета; б) випаровувач, центрифуга, конденсор; в) блок підготовки і прокачування діалізувального розчину, діалізатор, перфузійний пристрій.

7. *В апараті «Штучна нирка» завдяки процесам гемодіалізу й ультрафільтрації відбуваються такі процеси:*

а) часткове видалення з крові плазми й уведення донорської крові; б) видалення з крові середньо- і низькомолекулярних сполук метаболізму, токсинів і відновлення електролітно-водного балансу в організмі; в) вида-

лення з крові високомолекулярних сполук (еритроцитів, тромбоцитів тощо) і поповнення організму водою.

8. *Основною функцією апаратів штучної вентиляції легенів є:*

а) обмін повітря в дихальних шляхах організму; б) аероіонізація дихальної повітряної суміші; в) синхронізація циклів дихання.

9. *Слухові апарати з акустичним відтворенням підсиленої звукової інформації призначено для усунення таких патологій:*

а) втрата чутливості слухового нерву; б) тільки захворювання зовнішнього вуха; в) захворювання зовнішнього й середнього вуха.

10. *Допустима величина електричного струму для медичних засобів гальванотерапії:*

а) до 5 мА; б) до 50 мА; в) до 100 мА.

11. *Частоти імпульсних електричних струмів, що використовуються в засобах діадинамотерапії:*

а) 50 і 100 Гц; б) 250 і 1000 Гц; в) 25 і 125 Гц.

12. *Особливості електричного струму в засобах ампліпульстерапії, що сприяють стимуляції внутрішніх біоструктур організму:*

а) частотна модуляція синусоїдального струму частотою 1...10 кГц низькочастотним сигналом 10...150 Гц; б) амплітудна модуляція синусоїдального струму частотою 1...10 кГц низькочастотним сигналом 10...150 Гц; в) фазова модуляція синусоїдального струму частотою 1...10 кГц низькочастотним сигналом 10...150 Гц.

13. *Електродефібрилятори – електронні пристрої, призначені для відновлення нормального серцевого ритму:*

а) шляхом черезшкірної стимуляції серцевого м'яза довготривалим імпульсом електричного струму малої сили; б) шляхом інвазивної стимуляції (уведенням електродів) серцевого м'яза імпульсом електричного струму великої тривалості і малої сили; в) шляхом черезшкірної стимуляції серцевого м'яза імпульсом електричного струму до 20 А і малої тривалості (~ 5 мс).

14. *У технічних засобах дарсонвалізації як лікувальні фактори впливу використовуються:*

а) імпульси синусоїдального струму частотою 100...400 кГц; б) імпульси тривалістю до 1 мс; в) частота повторення імпульсів 1...100 Гц.

15. *В апаратах франклінізації (електростатичний душ) до активного електрода присднують негативний потенціал джерела високої напруги з метою:*

а) створення додаткового фактора впливу негативними аероіонами кисню; б) локалізації області впливу електростатичним полем; в) запобігання ураженню пацієнта електричним розрядом.

16. *Забезпечення гальванічної розв'язки між електронним блоком та електродами, розташованими на голові пацієнта, в апаратах «Електросон» з мережним джерелом живлення:*

а) здійснюється за допомогою оптоелектронної пари; б) здійснюється за допомогою імпульсного трансформатора; в) ураження пацієнта електричним струмом є неможливим, тому гальванічна розв'язка не потрібна.

17. *Апарати ультрависокочастотної (УВЧ) терапії та індуктотермії працюють переважно на частотах 40,68 і 27,12 МГц, оскільки:*

а) на інших частотах неможливо побудувати генератори гармонічних коливань; б) ці частоти не використовуються в засобах державного радіомовлення та зв'язку; в) ці частоти є доцільними для створення теплового впливу переважно факторами змінного електричного й магнітного полів.

18. *Необхідність дисоціації препарату у водному розчині на йони при магнітофорезі ліків:*

а) дисоціація на йони є необхідною; б) дисоціація на йони не потребується; в) розчин ліків не потребує наявності йонної компоненти.

19. *Як фактор утворення аероіонів в ефлювіальних (коронних) медичних аероіонізаторах повітря використовується:*

а) іонізувальне випромінювання; б) балоелектричний ефект; в) електричний розряд у повітрі біля голчастого електрода.

20. *У засобах аероіонотерапії та аерозольтерапії застосовується сепарація частинок за знаком заряду для такого:*

а) забезпечення електробезпеки пацієнта; б) виділення аеронів і аерозольних частинок з негативним зарядом, які створюють лікувальний ефект; в) затримка аеронів та аерозольних частинок з позитивним зарядом, які створюють негативний ефект впливу.

21. *Джерела випромінювання, що застосовуються в апаратах ультрафіолетової терапії:*

а) електровакуумні лампи з ниткою розжарювання; б) газорозрядні лампи з балоном з кварцового скла, який заповнено газовою сумішшю з домішками; в) спеціальні світлодіоди.

22. *Перелік характеристик випромінювання, що використовується виключно в засобах лазерної терапії:*

а) висока густина випромінювання, когерентність, монохроматичність; б) некогерентність, широкий спектр, велика площа опромінення; в) велика глибина проникнення в м'які біотканини, немонохроматичність, відсутність енергетичного впливу.

23. *Відмінність між рентгенівськими й гамма-апаратами променевої терапії полягає в такому:*

а) у побудові джерел випромінювання; б) в енергії квантів іонізувального випромінювання; в) у використанні одиниць доз іонізувального випромінювання.

24. *Джерела вібрацій для засобів контактного вібромасажу – це:*

а) електронні генератори коливань з електромагнітними перетворювачами в механічні вібрації; б) електромеханічні перетворювачі; в) гідравлічні й пневматичні вібраційні пристрої.

25. Для ультразвукового фонофорезу умова дисоціації препарату ліків у водному розчині на йони:

а) є необов'язковою; б) є обов'язковою; в) є обов'язковою тільки дисоціація препарату ліків на йони з позитивним зарядом.

26. Змінити режим охолодження на режим нагрівання в області впливу без зміни положення маніпулятора (термоелемента) в термоелектричних апаратах кріотерапії можна таким чином:

а) зменшенням напруги живлення термоелемента; б) зміною полярності напруги живлення термоелемента на протилежну; в) підвищенням напруги живлення термоелемента.

Відповіді на тестові запитання для самоконтролю наведено в табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Номер запитання	Відповідь	Номер запитання	Відповідь
1	б, в	14	а, б, в
2	а	15	а
3	в	16	б
4	а, б, в	17	б, в
5	а	18	а
6	в	19	в
7	б	20	б, в
8	а, в	21	б
9	в	22	а
10	б	23	а, б
11	а	24	а, б, в
12	б	25	а
13	в	26	б

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- Апаратура для фізіотерапії та діагностики : навч. посіб. / С. М. Злепко, С. В. Павлов, В. Б. Василенко та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 212 с.
- Богомолів, М. Ф. Методи та засоби фізіотерапії : консп. лекцій / М. Ф. Богомолів, В. В. Шликов. – Київ : НТУУ «КПІ», 2020. – 75 с.
- Искусственные органы / А. А. Дмитриев, А. Л. Дробышев, В. М. Занко и др. – М. : Медицина, 1990. – 234 с.
- Куличенко, В. В. Электротерапевтическая апаратура / В. В. Куличенко, Р. С. Томашевский, В. А. Макаров. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2014. – 170 с.
- Куліш, С. М. Радіофізичні основи інформаційно-хвильових технологій у біомедичній інженерії : навч. посіб. / С. М. Куліш, В. П. Олійник, Ю. А. Волошин. – Харків : ХАІ, 2018. – 68 с.
- Медицинские приборы: Разработка и применение / Джон В. Кларк мл., Майкл Р. Ньюман, Валтер Х. Олсон и др. – Київ : Медторг, 2004. – 620 с.
- Мустецов, Т. М. Теорія біотехнічних систем : навч. посіб. / Т. М. Мустецов, А. С. Нечипоренко. – Харків : ХНУ ім. Каразіна, 2015. – 188 с.
- Олійник, В. П. Основи взаємодії фізичних полів з біологічними об'єктами : навч. посіб. / В. П. Олійник. – Харків : ХАІ, 2020. – 72 с.
- Олейник, В. П. Диагностические и терапевтические системы и аппараты : учеб. пособие по лаб. практикуму / В. П. Олейник, С. Н. Кулиш, М. А. Басараб. – Харьков : ХАИ, 1997. – 56 с.
- Олейник, В. П. Терапевтические аппараты и системы : учеб. пособие / В. П. Олейник. – Харьков : ХАИ, 2002. – 93 с.
- Основи біомедичного радіоелектронного апаратобудування : навч. посіб. / С. М. Злепко, С. В. Павлов, Л. Г. Коваль та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 134 с.
- Пилипенко, М. І. Вибрані лекції з радіології / М. І. Пилипенко. – Харків : ХНМУ, 2012. – 200 с.
- Портнов, Ф. Г. Электроаэрозольтерапия / Ф. Г. Портнов. – М. : Медицина, 1976. – 198 с.
- Соловьева, Г. Р. Магнитотерапевтическая апаратура / Г. Р. Соловьева. – М. : Медицина, 1991. – 176 с.
- Терновой, К. С. Низкие температуры в медицине / К. С. Терновой, Л. Г. Гассанов. – Киев : Наук. думка, 1988. – 280 с.
- Тимчик, Г. С. Польові структури біотехнічних систем : монографія / Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, Т. Р. Ключко. – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 384 с.
- Улащик, В. С. Теория и практика лекарственного электрофореза / В. С. Улащик. – Минск : Медицина, 1976. – 208 с.
- Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої : монографія / М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, М. В. Чухраєв та ін. – Київ : Політехніка, 2018. – 180 с.
- Ясногородский, В. Г. Электротерапия / В. Г. Ясногородский. – М. : Медицина, 1987. – 239 с.
- Эфрусси, М. М. Слуховые аппараты и аудиометры / М. М. Эфрусси. – М. : Энергия, 1975. – 96 с.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Технічні засоби функціональної підтримки	5
1.1. Апарат «Штучне серце».....	5
1.2. Перфузійні апарати.....	8
1.3. Апарати штучного кровообігу .....	8
1.4. Апарат «Штучна нирка» .....	13
1.5. Апарат «Допоміжна печінка» .....	20
1.6. Апарат «Штучна ендокринна підшлункова залоза».....	20
1.7. Апарати штучної вентиляції легенів .....	22
1.8. Слухові апарати .....	23
2. Апарати і пристрої для електролікування.....	25
2.1. Апарати для гальванотерапії й електрофорезу.....	25
2.2. Пристрої для електростимуляції.....	28
2.3. Апарати для електролікування з тепловою дією.....	45
2.4. Мікрохвильова резонансна терапія.....	54
2.5. Апарати для магнітотерапії.....	55
3. Аероіонотерапія.....	57
3.1. Генератори аероіонів.....	58
3.2. Аерозольотерапія.....	61
4. Світлолікування.....	64
4.1. Застосування інфрачервоного випромінювання у фізіоерапії .....	64
4.2. Апарати для ультрафіолетової терапії .....	66
4.3. Пристрої лазерної терапії .....	67
5. Променева терапія .....	69
5.1. Рентгенотерапевтичні апарати .....	69
5.2. Гамма-апарати .....	70
5.3. Засоби корпускулярної терапії .....	71
6. Засоби акустичної терапії .....	72
6.1. Апаратура для масажу та вібротерапії.....	72
6.2. Баротерапія.....	74
6.3. Апаратура для ультразвукової терапії.....	75
7. Кріотерапевтичні технічні засоби.....	77
7.1. Апарати для штучної гіпотермії.....	77
7.2. Кріохірургічна апаратура.....	79
8. Фізіотерапевтичний кабінет.....	81
9. Тестові запитання .....	82
Бібліографічний список .....	86

Навчальне видання

**Олійник Володимир Петрович  
Теличко Дар'я Вікторівна**

## **ТЕРАПЕВТИЧНІ АПАРАТИ І СИСТЕМИ**

Редактор Т. О. Іващенко

Зв. план, 2022

Підписано до друку 21.03.2023

Формат 60x84 1/16. Папір офс. Офс. друк

Ум. друк. арк. 4,9. Обл.-вид. арк. 5,50. Наклад 30 пр.

Замовлення 126. Ціна вільна

---

Видавець і виготовлювач  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
<http://www.khai.edu>  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
Видавничий центр «ХАІ»  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
[izdat@khai.edu](mailto:izdat@khai.edu)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001