



**Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних
технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної
інженерії та електротехніки**

СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ БІООБ'ЄКТІВ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ на тему:**

**«ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ГАЛЬВАНІЗАЦІЇ ТА АНАЛІЗУ
ВПЛИВУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ»**

для студентів першого рівня вищої освіти «бакалавр»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної
форми навчання

ЗАТВЕРДЖЕНО
рішенням Науково-методичної
ради факультету енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій
Протокол №1 від 31 жовтня 2023 р.

Харків, 2024

УДК 538.8(075.8)

Схвалено на засіданні кафедри ЕРБМІЕ
№2 від 31 вересня 2023 р.

Системи біомедичної реабілітації біооб'єктів: Методичні вказівки до виконання практичної роботи на тему: «Використання апаратів для гальванізації та аналізу впливу постійного струму на організм людини». Для студентів першого рівня вищої освіти «БАКАЛАВР», спеціальності 163 «Біомедична інженерія», освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної форми навчання / уклад. Косуліна Н. Г., Шигимага В. О., Чорна М. О., Сухін В. В., Ляшенко Г. А., Коршунов К. С. – Харків: ДБТУ, 2024. – 54 с.

Методичні вказівки підготовлено згідно з навчальною програмою дисципліни «Системи біомедичної реабілітації біооб'єктів». Систематизовано матеріал для практичної роботи. Приведені загальні поняття електрофорезу та гальванізації. Представлено методику лікування з використанням безперервного постійного електричного струму та апарати для гальванізації та електрофорезу. Надано завдання з практичної роботи та контрольні запитання.

Рецензенти:

Мороз О. М. – доктор технічних наук проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державного біотехнологічного університету;

Аврунін О. Г. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки.

© ДБТУ 2024 рік
© Косуліна Н. Г., Шигимага
В. О., Чорна М. О., Сухін
В. В., Ляшенко Г. А.,
Коршунов К. С 2024 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. МЕТОДИКА ЛІКУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПЕРЕРВНОГО ПОСТІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ.....	4
1.1. Загальні відомості електрофорезу та гальванізації.....	4
1.2. Фізіологічна дія гальванізації.....	7
1.3. Техніка процедур та правила з техніки безпеки при гальванізації.....	12
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	17
2.1. Історичні дані.....	17
2.2. Дослідження електричного кола Закони Ома і Кірхгофа.....	22
2.3. Загальні відомості.....	25
2.4. Електрофорез.....	30
РОЗДІЛ 3. АПАРАТИ ДЛЯ ГАЛЬВАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОФОРЕЗУ.....	34
3.1. Гальванізація. Теорія та практика.....	34
3.2. Лікарський електрофорез. Теорія та практика.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	52
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	53

ВСТУП

Під впливом постійного струму в тканинах наступають деякі фізіологічні зміни.

Перш за все відбувається подразнення рецепторів шкіри, що супроводжується відчуттям поколювання, пощипування, легкого печіння, більш вираженими під катодом. Подразнення шкіри струмом викликає під електродами її гіперемію, яка після закінчення дії струму тримається до 60 хвилин і більше, потім поступово зникає. Подразнення по відповідних нервових шляхах швидко доходить до кори головного мозку.

Постійний електричний струм надає загальний вплив на людський організм, сегментарно (в органах і тканинах, що інвертуються відповідним сегментом спинного мозку) і місцеві. Відзначається вторинну гуморальну дію, як наслідок подразнення ендокринної системи. Дія постійного струму залежить також від розташування електродів.

Гальванізація

Гальванізація – це застосування з лікувальною метою безперервного постійного струму малої сили (до 50 мА) і низької напруги (30-80 В), які пропускаються через певні ділянки тіла. У стоматології застосовується гальванізація комірної зони, впливаючи на кровообіг, лімфообіг, обмінні процеси в тканинах голови. Гальванічний струм є фактором, стимулюючим кровообіг, покращує трофіку тканин, сприяє видаленню продуктів метаболізму з вогнища запалення, розсмоктуванню інфільтратів і рубців на місці впливу, сприяє відновленню провідності нервових елементів, підвищення ефективності тканинного обміну речовин, що пов'язано з посиленням крово-і лімфообігу в шкірі, слизових оболонках, тканинах внаслідок розширення судин, появи гіперемії, зі збільшенням проникності стінки, з підвищенням місцевої температури. Це сприяє всмоктуванню введених в шкіру за допомогою постійного струму лікарських речовин.

Гальванічний струм надає стимулюючу дію на нервову, ендокринну систему, стимулює трофічні енергетичні процеси в організмі, сприяє нормалізації функцій травного тракту.

У стоматологічній практиці зоною впливу є найчастіше голова, але крім місцевих реакцій, завжди треба враховувати і загальні рефлекторні зрушення, можливі при гальванізації.

Лікарський електрофорез

Лікарський електрофорез – це введення за допомогою постійного струму в організм через шкіру або слизові оболонки лікарських речовин.

РОЗДІЛ 1. МЕТОДИКА ЛІКУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПЕРЕРВНОГО ПОСТІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

1.1. Загальні відомості електрофорезу та гальванізації

Електрофорез. До терміну «електрофорез» попереду додається назва лікарської речовини (наприклад, йод-електрофорез, кальцій, електрофорез і т.і.). Метод електрофорезу дозволяє сконцентрувати дію лікарської речовини на обмеженій ділянці тіла. Цей метод пов'язаний із здатністю речовин дисоціювати в розчиннику на позитивні і негативні іони, що дозволяє при застосуванні розчину на електроді ввести заряджені частинки. Для цього прокладки змочують розчином лікарської речовини. Якщо вводяться позитивні іони, то відповідним водним розчином змочують прокладку електрода, з'єднаного з анодом, якщо вводяться негативні іони, то змочують прокладку електрода, з'єднаного з катодом. Так як однойменні заряди відштовхуються, а різнойменні притягуються, то ті, що знаходяться на прокладці позитивні іони перемістяться в бік катода, а негативні - в бік анода. При цьому лікарські частки, іони почнуть надходити в шкіру або слизові оболонки.

Проникаючи в шкіру, іони (в основному через отвори вивідних проток потових залоз) скупчуються в ній під електродом, утворюючи «шкірне депо» іонів, з якого поступово вимивається струмом лімфи і надходять у загальний струм кровообігу шляхом дифузії і осмосу. Так, наприклад, при електрофорезі йоду вже через 15...20 хвилин від початку процедури його можна виявити в слині або сечі.

Крім шкірного депо може утворюватися тканинне депо. Кількість, що надходить у кров, лікарських речовин при цьому методі невелика, однак висока локальна концентрація, підвищена електрична активність іонів, біофізичні, біохімічні зміни в тканинах, викликані постійним струмом, сприяють лікувальному ефекту.

За допомогою постійного струму можна вводити різні лікарські речовини: антибіотики, вітаміни, ферменти і т.і.

Крім параметрів постійного струму, в лікувальній дії електрофорезу мають значення місце розташування електродів, площі впливу, стан організму, фармакологічні властивості лікарської речовини, її концентрація, індивідуальна чутливість до електричного струму і препарату. Для лікарського електрофорезу рекомендують застосовувати 2...6% розчини лікарських речовин.

Для сильнодіючих речовин (атропін, адреналін і т.д.) – 0,1% розчини. На процедуру застосовують максимально дозвану одноразову дозу.

Антибіотики вводять з розрахунку в середньому 500...1000 ОД на 1 см² площі прокладки.

Електрофорез має ряд переваг перед другими способами введення лікарських речовин:

- поєднане дію постійного електричного струму і лікарської речовини;
- відсутність загального токсичної дії лікарської речовини;
- можливість вводити вибірково той чи інший іон залежно від його полярності в тканини, малодоступні для інших способів введення лікарських речовин.

вказані Показання для використання постійного електричного струму (гальванізація, електрофорез):

1. Хронічні запальні процеси.
2. Гінгівіти.
3. Пародонтити.
4. Пародонтоз.
5. Артоз, артрит (тризм).
6. Рубці.
7. Посттравматичні стани.
8. Глосалгія.
9. Невралгія трійчастого нерву, неврити лицевого нерву.
10. Захворювання зубів (карієс, некаріозних уражень, пульпіту, періодонтиту).
11. Захворювання слинних залоз.

Гальванізація – це застосування з лікувальною метою безперервного постійного електричного струму малої сили (до 50 мА) і низької напруги (30-80 В).

При повільному і постійному збільшенні сили струму під електродами спочатку з'являється відчуття легкого поколювання, припікання, слабкого тепла. Із посиленням струму ці відчуття наростають, з'являється біль, нестерпне почуття «здавлювання». Спостерігається почервоніння шкіри, гіперемія наростає дуже швидко і після закінчення гальванізації тримається від однієї до кількох годин. Температура шкіри дещо підвищується. Сильний струм може викликати опіки, які дуже болючі і повільно загоюються.

Щоб уникнути опіків при гальванізації, звичайно між шкірою й електродом кладуть гідрофільний прошарок, змочений водопровідною водою або фізіологічним розчином. Завдяки вологому прошарку між тілом і рідиною відбувається обмін іонів. Продукти електролізу, що утворюються біля електродів, безпосередньо із шкірою не стикаються.

АПАРАТИ ДЛЯ ГАЛЬВАНІЗАЦІЇ

«Поток-1», АГН-1, АГН-2, АГП-33, ГР-2, «ЕЛФОР-К» та ін. Провідники повинні бути покритими хорошою ізоляцією, довжиною 1,5...2 м. До кінців провідників прикріплюються затискачі з під'єднаними електродами. Призначення затискача – створення контакту між проводом і електродом. Електроди – це свинцеві пластинки товщиною 0,25...0,5 мм, форма і величина

яких залежить від ділянки, що піддається гальванізації. Більший із них називають індиферентним, або пасивним, а менший – активним. Така назва зумовлена нерівномірним розподілом силових ліній у ділянці обох електродів. При одній і тій же силі струму в ланцюгу щільність струму в ділянці великого електрода буде менша, ніж у ділянці малого електрода.

Електродні прокладки виготовляють із нефарбованої гідрофільної бавовняної тканини. Для видалення із нової тканини апретуючих речовин прокладку треба кип'ятити протягом 20...30 хв. у дистильованій воді. Щоб уникнути контакту з тілом металевого електрода, прокладки виготовляють так, щоб вони виступали на 1 – 2 – 3 см за краї електрода. Розрізняють місцеву і загальну дію гальванізації.

СХЕМА ПАНЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ГАЛЬВАНІЗАЦІЇ

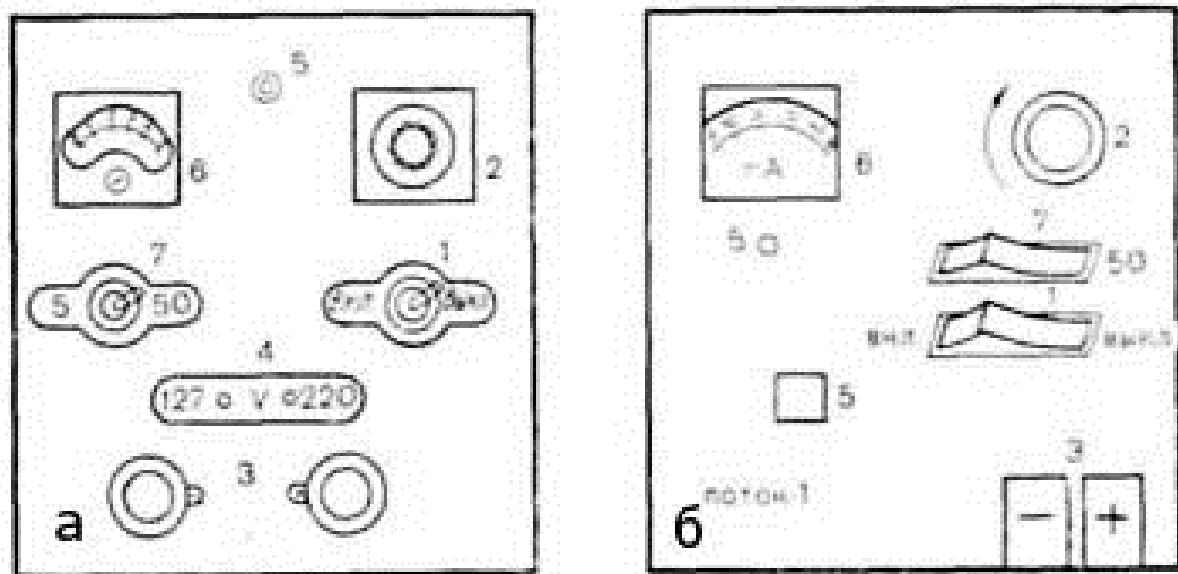


Рисунок 1.1 – Схема панелей управління апаратів для гальванізації:

а – АГН-1; б – Поток-1.

1 – вимикач мережевого струму; 2 – потенціометр; 3 – клемми для електродів; 4 – перемикач напруги міської мережі; 5 – сигнальна лампочка; 6 – міліамперметр; 7 – перемикач чутливості приладу.

На апараті є перемикач чутливості приладу (7). При положенні перемикача на «5» вся шкала приладу відповідає 5 мА, а відстань між великими поділками шкали – 1 мА; при положенні перемикача на «50» вся шкала відповідає 50 мА, а відстань між великими поділками – 10 мА. При лікуванні дітей до 6 – 8-річного віку гальванізацію в основному проводять при положенні перемикача на «5», хоча залежно від виду процедури її можна проводити і при положенні перемикача на «50».

1.2. Фізіологічна дія гальванізації

Дія постійного струму на живий організм зумовлена тими фізико-хімічними змінами, які він викликає в тканинах. В основі цих змін лежать процеси перенесення іонів, частинок води і колоїдних частинок.

Під впливом електричного поля позитивно заряджені іони направляються до катода, негативно заряджені – до анода. У ділянці, розміщеній під катодом, відбувається нагромадження водневих іонів, а в ділянці, розміщеній під анодом, — гідроксильних іонів. Зміни рН значно впливають на агрегатний стан колоїдів, який тісно пов'язаний із функцією клітини.

Поряд з H^+ -іонами до катода прямують і інші катіони. Зважаючи на неоднакову рухомість одновалентних і двовалентних металевих катіонів, у ділянці катода скупчуються у великій кількості більш швидкі одновалентні іони (K^+ , Na^+). Біля анода спостерігається протилежне явище: в результаті швидкого "відтікання" одновалентних іонів нормальне співвідношення одно- і двовалентних іонів зміщується в бік переважання останніх (Ca^{++} , Mg^{++}). Ця зміна співвідношення концентрації іонів у ділянці обох полюсів має істотне значення, бо дисперсність колоїдів залежить не лише від знака заряду, але й від валентності іона.

Нагромадження в ділянці катода на поверхні клітинних оболонок металевих одновалентних іонів викликає розпушення цих оболонок, збільшення їх проникності, внаслідок чого через клітинні мембрани полегшується перехід речовин, які звичайно через напівпроникні поверхні клітини пройти не можуть. Проникнення в клітину водневих іонів та інших речовин призводить до зміни в стані білків, яка фізіологічне проявляється підвищенням збудливості, а при відповідних умовах — збудженням. Під анодом у результаті збільшення проти норми концентрації двовалентних іонів відбувається ущільнення клітинних мембран, внаслідок чого спостерігається зниження збудливості.

Функціональні зміни в ділянці катода називаються кателектротонном, а в ділянці анода — анелектротонном. Проте, функціональні зрушення в тканинах залежать не тільки від характеру самого подразника, не менше значення має і функціональний стан самої тканини. Один і той же агент може стимулювати і пригнічувати, залежно від того, в якому стані перебуває жива тканина.

Так, наприклад, катод при певній силі струму підвищує збудливість нормально функціонуючого нерва і, навпаки, пригнічує збудливість нерва, який перед тим зазнав впливу якого-небудь парабіотичного фактора. Причому, зміна збудливості під впливом анода або катода постійного струму спостерігається не тільки в периферичній, але й у центральній нервовій системі. Треба запам'ятати: катод – це збуджуючий (білого (чорного) кольору «-»), анод – гальмуючий електрод (червоного кольору «+»).

Таблиця 1.1 – Фізіологічні ефекти катода та анода

КАТОД	АНОД
збуджуючий, тонізуючий (застосовують при парезах, паралічах); секреторний, стимулюючий (виділення гормонів); міотонізуючий; гідратуючий; активуючий метаболізм; вазодилатуючий.	гальмівний, анельгізуючий (застосовують при спазмах, гіпертонусі); гіпосекретуючий; міореклаксууючий; дегідратуючий; дегідратуючий; активуючий метаболізм; вазодилатуючий.
Кислі реакції шкіри	Лужні реакції шкіри
Закриває пори	Відкриває пори
Звужує кровоносні судини	Розширює кровоносні судини
Всмоктування кислих розчинів	Всмоктування лужних розчинів
Заспокоює нервову систему	Стимулює нервову систему

Терапевтичне застосування постійного струму ґрунтується на його фізіологічній дії. При зниженні функціональної діяльності тканин пропускання через неї постійного струму невеликої інтенсивності викликає підвищення збудливості під катодом. Навпаки, під анодом при невеликій інтенсивності струму збудливість тканин падає, що можна використати у тих випадках, де ми маємо справу з подразненням тканини, викликаним яким-небудь патологічним процесом (наприклад, при болю). Під впливом постійного струму відбувається посилення обміну речовин (азотистого обміну в ділянці катода і вуглеводного обміну в ділянці анода); зміна активної реакції. Цим значною мірою зумовлений вплив струму на розв'язання запальних процесів, прискорення регенерації, розм'якшення і розсмоктування рубців. Гальванічний струм широко застосовується в тих випадках, коли треба викликати подразнення нервів і м'язів. У цих випадках користуються короткочасним замиканням струму.

За допомогою постійного струму можна впливати на будь-яку тканину тіла, як безпосередньо, так і рефлекторно діяти на ряд тканин і органів.

При протіканні електричного струму анод і катод викликають різні реакції організму. Електрод, яким впливають на шкіру, є активним. Пасивний електрод знаходиться в руці пацієнта або закріплюється на тілі. Для проведення деяких процедур використовують кілька електродів, можливе приєднання декількох електродів до однієї клеми. У косметології використовуються електроди різних форм – овальні, сферичні, конусоподібні та ін., що дозволяють обробляти всі ділянки обличчя. Залежно від типу шкіри

і наявних проблем один електрод (пасивний) накладають на плече або дають в руку клієнтові, другим, активним, працюють по обличчю. Іноді для гальванізації використовують маску Бергоньє. Маска або електроди не повинні закривати отворів носа і рота.

ПОКАЗАННЯ:

- хвороби периферичної нервової системи (невралгії, радикуліт);
- функціональні й органічні захворювання ЦНС;
- хронічні запальні процеси;
- травми та механічні зміни периферичних нервів;
- гастрити,
- коліти;
- дискінезії жовчного міхура;
- мігрень;
- бронхіальна астма;
- вазомоторний риніт;
- виразкова хвороба;
- гіпертонічна хвороба I і II ст.
-

ПРОТИПОКАЗАННЯ (ЗАГАЛЬНІ):

- новоутворення та підозра на них;
- системні захворювання крові;
- поширений атеросклероз;
- нестабільна ІХС;
- гіпертонічна хвороба II-III ст.;
- серцева недостатність II-III ст.;
- активний туберкульоз;
- схильність до кровотеч.
-

ЧАСТКОВІ (СПЕЦІАЛЬНІ) ПРОТИПОКАЗАННЯ:

- індивідуальну підвищену чутливість до струму;
 - пошкодження та хвороби шкіри в місцях накладання електродів;
 - наявність гострих гнійних запальних процесів.

Спеціальні методики гальванізації

За розміщенням електродів розрізняють поздовжню і поперечну гальванізацію. Для дії постійним струмом на внутрішні органи доцільно застосовувати поперечну гальванізацію, розміщуючи електроди так, щоб відповідний орган був максимальної концентрації силових ліній.

Із лікувальною метою застосовують як неперервний постійний струм – стабільна гальванізація, так і переривчастий струм – переривчаста гальванізація. Таблиця 1.2.

Таблиця 1.2 – Методика проведення

№	НАЗВА ПРОЦЕДУРИ	МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕДУРИ
1	Загальна гальванізація за методом Вермеля (рис. №1)	Один електрод розміром 300 см ² накладають в між лопатковій ділянці і приєднують до одного із полюсів апарата, другий роздвоєний електрод розміром по 150 см ² кожний розташовують на зовнішній поверхні литки і з'єднують з другим полюсом. Сила струму 0,02 – 0,1 мА/см ² , час дії – 20...40 хв, процедури проводять щоденно або через день; на курс лікування 12...20 процедур.
2	Гальванізація хребта	Один електрод накладають на ділянку нижньошийного відділу хребта: катод (висхідна методика: підвищується рефлекторна збудливість спинного мозку); анод (низхідна методика: знижується тонус ЦНС, зменшується рефлекторна збудливість спинного мозку). Інший електрод накладають на ділянку попереково-крижового відділу хребта. Розміри прокладок – 150 см ² . Сила струму — близько 15 мА. Тривалість процедури – 10...20 хв. Курс лікування – 12...15 процедур.
3	Гальванічний комір за методом Щербака (рис. №2).	Один електрод (анод) округлої форми у вигляді коміра розміщують у ділянці плечового поясу. Розмір прокладки 1000...1200 см ² . Інший електрод (катод) розміщують у ділянці попереково-крижового відділу хребта. Розмір прокладки — 400...600 см ² . Першу процедуру виконують, застосовуючи силу струму 6 мА. Через кожні дві процедури силу струму збільшують на 2 мА, доводячи її до 16 мА, а з 11-ї процедури вона залишається постійною. Перша процедура триває 6 хв. Через кожні дві процедури тривалість дії збільшується на 2 хв. Аз 11-ї процедури тривалість не змінюють. Курс лікування – 20...30 процедур.
4	Гальванізація шлунка (при хронічному гастриті зі зниженою секреторною функцією)	Один електрод площею 300 см ² (15*20 см) накладають на проекцію шлунка (катод), інший площею 300 см ² (15 x 20 см) – у ділянці нижньогрудного відділу хребта (анод). Сила струму – близько 20 мА. Тривалість процедури – близько 30 хв. Курс лікування – 10...15 процедур щоденно.

5	Гальванізація шлунка (при хронічному гастриті з підвищеною секреторною функцією)	Один електрод площею 300 см ² (15*20 см) накладають на проекцію шлунка (анод), інший площею 300 см ² (15 і 20 см) — у ділянці нижньогрудного відділу хребта (катод). Сила струму – близько 20 мА. Тривалість процедури – 30 хв. Курс лікування — 10 – 15 процедур щоденно.
6	Гальванізація нирок	Трьохелектродна методика: два однакових електрода площею 150 см ² накладають у поперековій ділянці в проекції кожної нирки 1 (анод-катод; катод-анод), третій електрод площею 150 см ² – у надчеревній ділянці (катод-анод). Сила струму – близько 15 мА. Тривалість процедури – близько 30 хв. Курс лікування – 10...15 процедур щоденно. Двохелектродна методика: два однакових електрода площею 150 см ² накладають у поперековій ділянці в проекції кожної нирки (анод-катод; катод-анод). Сила струму – близько 15 мА. Тривалість процедури – близько 30 хв. Курс лікування – 10...15 процедур щоденно.
7	Чотирикамерна гальванічна ванна	У ванночки для рук і ніг наливають прісну воду температурою 37°С з таким розрахунком, щоб 1 руки пацієнта були занурені до нижньої третини плеча, а ноги – до середини гомілки. У кожній ванночці містяться закриті від прямого контакту з тілом пацієнта вугільні електроди. Ручні ванночки з'єднують з катодом, ножні — з анодом (висхідна методика). Сила струму – близько 20...30 мА. Тривалість процедури – 20...25 хв. Курс лікування – 10...15 процедур.

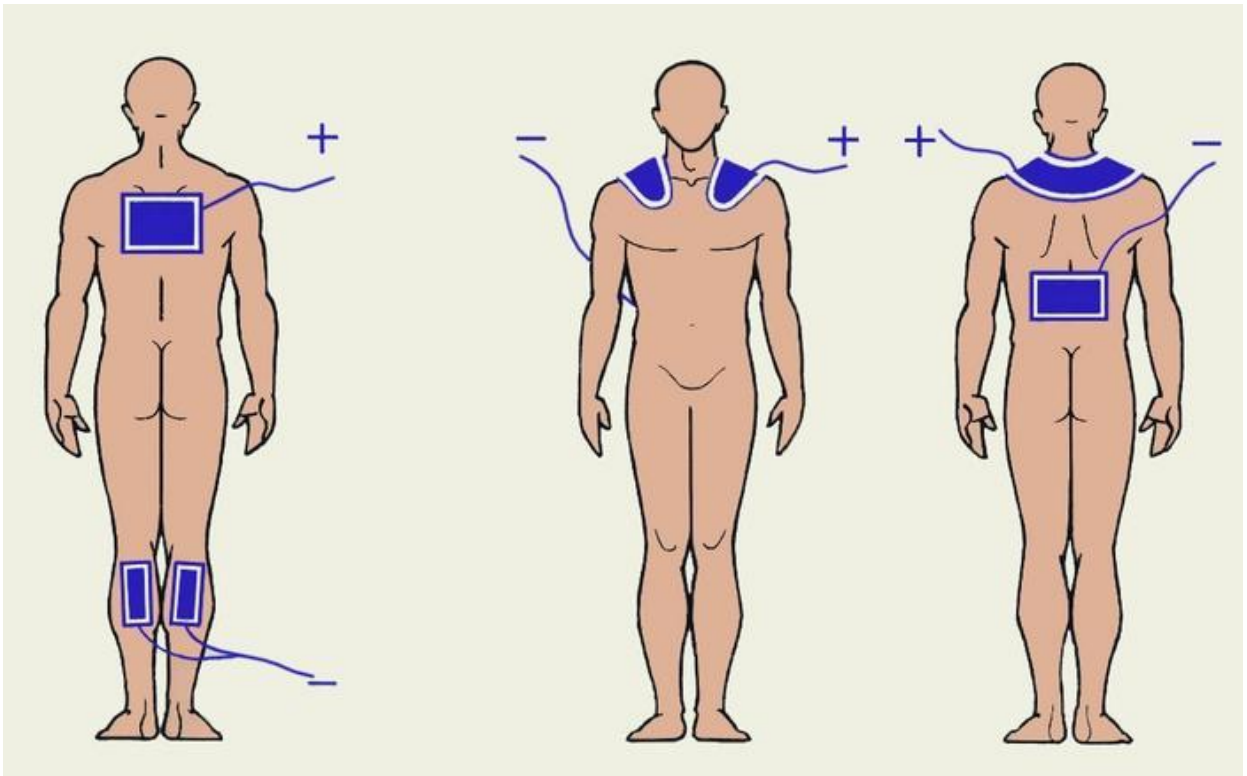


Рисунок 1.1 – Загальна гальванізація методом

Рисунок 1.2 – Гальванічний комір за

Щербака

1.3. Техніка процедур та правила з техніки безпеки при гальванізації

Перш ніж розпочати гальванізацію, необхідно перевірити, чи стоїть ручка потенціометра в нульовому положенні, пересвідчитися в надійності всіх контактів. На ділянку шкіри, що підлягає гальванізації, накладають електродні прокладки, змочені теплою водопровідною водою або підігрітим фізіологічним розчином. Поверх прокладок накладають металеві електроди і все це фіксують бинтом, мішечками з піском або вагою тіла пацієнта.

Велике значення має рівномірне прилягання електрода і прокладки до тіла. При нерівномірному контакті щільність струму не скрізь буде однаковою, що може стати причиною опіку. Зважаючи на це, на прокладках не повинно бути складок. Електрод перед застосуванням потрібно старанно розгладити. Під затискач у місці стикання його з прокладкою підкладають шматок клейонки.

Для забезпечення стерильності прокладки перед застосуванням потрібно прокип'ятити у водопровідній воді. Крім того, при кип'ятінні з них видаляється жир, що потрапляє на прокладку, відлущений епітелій, утворювані в результаті явищ електролізу деякі шкідливі продукти. Часте прання прокладок є необхідною умовою видалення шкідливих іонів з

прошарку. Прокладка повинна завжди прилягати однією і тією ж поверхнею до електрода, для чого до відповідної поверхні прокладки пришивають кишеньку, куди вміщують електрод.

Силу струму при стабільній гальванізації треба збільшувати повільно і поступово. Хворий повинен відчувати рівномірне (під усією прокладкою) легке поколювання і припікання (відчуття гірчичника). Поява болю в обмежених ділянках свідчить про нерівномірний контакт або про порушення цілості шкіри, що може призвести до опіку. Тому перед лікуванням треба старанно оглянути ділянку шкіри, що підлягає гальванізації, і всі наявні пошкодження ізолювати, прикривши їх ватним тампоном, змазаним вазеліном, або шматком клейонки. При гальванізації нерівних ділянок усі заглиблення заповнюють ватою, змоченою у воді або в розчині NaCl.

Часто при незмінній напрузі сила струму, внаслідок зменшення опору, може досягати значної величини, що загрожує хворому опіком. Ось чому при гальванізації треба весь час стежити за відчуттями хворого й одночасно за стрілкою гальванометра, змінюючи в міру потреби силу струму в той чи інший бік.

Вимикати струм потрібно так само повільно і поступово, як і вмикати. Тривалість стабільної гальванізації – 2...30 хв. Лікування проводиться щодня або через день. Курс лікування – 10...20 сеансів. При необхідності продовжити гальванізацію, слід зробити перерву на 20...30 днів, після чого знову розпочати лікування.

Правила з техніки безпеки при гальванізації

При гальванізації особливо ретельно слід виконувати правила з техніки безпеки, щоб не допустити дотику хворого до заземлених предметів - батареям опалення, водопровідним або каналізаційних трубах і т. д.

Процедуру гальванізації проводить медична сестра відповідно до призначення лікаря в процедурній картці. В останній вказані методика процедури (показана і на контурах людського тіла на процедурній картці), локалізація електродів, розміри прокладок, полярність електродів, початкова та кінцева сила струму, тривалість процедури, порядок проведення процедур (щодня або через день) і число процедур до наступного огляду лікарем. Якщо призначають кілька різних процедур, то вказують черговість їх проведення. На зворотному боці картки в спеціальних графах медична сестра робить відмітки про проведене лікування.

Перед кожною процедурою необхідно перевірити, чи знаходяться ручка потенціометра в крайньому лівому положенні (нульовому), а стрілка міліамперметра на нулі. Після включення мережевої напруги загоряється сигнальна лампочка.

Поки прогрівається апарат (близько 3 хв), приступають до накладання та фіксації електродів.

Насамперед оглядають ділянки шкіри, де будуть поміщені електроди. Тут не повинно бути ніяких ушкоджень; якщо ж є окремі роздратування або подряпини і садна, то це місце покривають шматочком гуми, клейонки або просоченої вазеліном вати. Потім накладають електроди і фіксують їх

еластичним або гумовим бинтом.

Іноді для кращого прилягання електродів поверх них поміщають мішечки з піском. Після фіксації електродів дроти від них від'єднують до апарата, а потім плавним і дуже повільним поворотом ручки потенціометра зліва направо поступово збільшують силу струму. Стрілка міліамперметра при цьому повинна плавно, без стрибків відхилятися за годинниковою стрілкою. Якщо ж при плавному обертанні ручки потенціометра стрілка переміщається стрибками, то слід негайно припинити процедуру, повернувши ручку потенціометра в крайнє ліве положення, від'єднати дроти від апарату і тільки після цього з'ясувати причину неполадки. Стрибокподібні руху стрілки міліамперметра можуть бути або внаслідок несправності потенціометра, або внаслідок поломки дроти всередині ізоляції, або внаслідок поганого контакту на клемах.

На початок впливу силу струму встановлюють на 2 – 3 мА менше призначеної, Остаточну силу його встановлюють після 2 – 3 хв впливу. Щільність струму, тобто кількість міліампер, що припадає на 1 см² прокладки електрода, залежно від віку дитини зазвичай дорівнює 0,02 – 0,05 мА/см².

Якщо хворий заявляє, що він відчуває під електродом сильне печіння, необхідно негайно (але плавно) вимкнути струм і перевірити, чи правильно накладені електроди, чи немає дотику електродної платівки з тілом або раніше не помічених ушкоджень шкіри.

Залежно від віку гальванізація може тривати 5 – 10 – 20 – 30 хв. Після закінчення процедури плавним обертанням потенціометра проти годинникової стрілки вимикають струм, потім знімають електроди і оглядають шкіру. На місці розташування електродів повинно бути суцільне рівномірне легке почервоніння, якщо ж воно не суцільне - це означає, що електроди прилягали нерівномірно.

Виражене почервоніння шкіри, та ще з синюшним відтінком, вказує на застосування занадто великої сили струму або на наявність підвищеної чутливості хворого до струму. І в тому, і іншому випадку слід застосовувати меншу силу струму. Якщо на шкірі з'являються симптоми подразнення у вигляді почервоніння і дрібних пухирців, то необхідно на 2 - 3 дні перервати лікування, а потім застосовувати меншу силу струму.

З огляду на те що під впливом гальванічного струму шкіра на місці розташування електродів грубіє, стає сухою, на ній з'являється лущення і можуть утворитися тріщини, після кожної процедури її слід змащувати якимось живильним кремом або гліцерином, розведеним наполовину водою. Перед наступною процедурою цю ділянку шкіри слід промити теплою водою з милом.

Якщо внаслідок зіткнення металевої частини електрода з шкірою з'явиться опік, то місце опіку змазують 10% спиртовим розчином таніну або 5 % розчином перманганату калію.

Процедури гальванізації проводять щодня або через день, на курс лікування призначають від 10 до 20 процедур.

Таблиця 1.3 – Алгоритм проведення гальванізації

Обладнання: Апарат «Поток – 1», електроди з проводами, гідрофільні прокладки, еластичний бинт, мішечки з піском, процедурний годинник.

ЕТАПИ ВИКОНАННЯ	ПОСЛІДОВНІСТЬ ДІЙ	ПРИМІТКИ
Підготовка пацієнта до процедури	Ознайомитися з направленням, станом пацієнта.	Зареєструвати в журналі.
	Пояснити пацієнтові суть процедури і повідомити про відчуття, які він матиме при цьому, отримати згоду на її проведення.	Під електродами відчуття - поколювання.
	Надати пацієнтові зручне положення.	
	Оголити потрібну ділянку тіла пацієнта та оглянути шкірний покрив.	Якщо є дефект шкіри, закрити це місце шматочками клейонки.
Підготовка апарата до роботи	Перевірити справність апарата, проводів.	Апарат заземленню не підлягає.
	Вибрати необхідного розміру електроди, гідрофільні прокладки.	
	Проводи увімкнути в гнізда апарата.	
	Прокладки змочити теплою водою і викрутити їх.	
	Прокладки накласти на тіло за обраною методикою (поздовжньо, поперечно, косо).	Залежно від ділянки тіла.
	Зафіксувати прокладки з електродами еластичними бинтами або мішечками з піском.	
Проведення процедури	Увімкнути апарат, натиснути клавішу «ВКЛ».	Засвітиться сигнальна

		червона лампочка.
	Установити шунт міліампера на позначці «5» або «50».	При проведенні процедури дітям і дорослим на голову – поставити на позначці «5» мА, а у всіх інших випадках – на «50» мА.
	Повертати поволі ручку потенціометра за годинниковою стрілкою і встановити необхідну силу струму, орієнтуватися на відчуття пацієнта.	Під електродами відчуття поколювання.
	Зафіксувати тривалість процедури на процедурному годиннику.	Дорослим – 15...30 хв., дітям – 5...10 хв.
	Контролювати стан пацієнта під час процедури.	
Закінчення процедури.	Після закінчення процедури повернути плавно і повільно ручку потенціометра вліво, повільно вивести її на позначку «0».	
	Вимкнути апарат з електромережі, натиснути клавішу «ВИКЛ».	Сигнальна лампочка погасне.
	Зняти прокладки з електродами, витерти насухо шкіру пацієнта.	
	Відпустити пацієнта, зробити відмітку в процедурній карті та журналі.	Порекомендувати пацієнтові відпочити протягом 30 хв.
	Прокладки промити холодною проточною водою, прокип'ятити, висушити.	

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Історичні дані

Відкриттю електричного струму передували дослідження італійського анатома Луїджі Гальвані.

Працюючи в лабораторії, де проводилися дослідження з електрикою, Гальвані спостерігав явище, яке було відомо багатьом ще до нього. Воно полягало в тому, що якщо через нерв жаб'ячої ніжки, з'єднаної дротиком з землею, розряджати кондуктор електричної машини, то спостерігалися судомні скорочення її м'язів. Але одного разу Гальвані зауважив, що лапка прийшла в рух, коли з її нервом стикався тільки сталевий скальпель. Найдивніше було те, що між електричною машиною і скальпелем не було ніякого контакту.

Це вражаюче відкриття змусило Гальвані поставити ряд дослідів для виявлення причини спостережуваного явища. В один з осінніх днів 1780 року Гальвані провів експеримент з метою з'ясувати, чи викликає такі ж рухи в лапці електрика блискавки.

Для цього Гальвані підвісив на латунних гачках кілька жаб'ячих лапок у вікні, закритому залізними ґратами. І він виявив на противагу своїм очікуванням, що скорочення лапок відбуваються в будь-який час, поза всякою залежністю від стану погоди.

Присутність поруч електричної машини або іншого джерела електрики виявилось непотрібним. Гальвані встановив далі, що замість заліза і латуні можна використовувати будь-які два різномірних метали, причому комбінація міді і цинку викликала явище в найбільш виразному вигляді. Скло, гума, смола, камінь і сухе дерево взагалі не давали ніякого ефекту. На жаль, Гальвані прийшов до висновку, що в тканинах тіла жаби полягає «тваринна електрика». Тому при з'єднанні провідниками (мідь, залізо) нерва з м'язами відбувається розряд.

В результаті його сучасникам поняття «тваринної електрики» стало здаватися набагато більш реальним, ніж електрика будь-якого іншого походження. Виявлення електричного струму все ще залишалось таємницею. Де ж з'являється струм: тільки в тканинах тіла жаби, тільки в різномірних металах або ж в комбінації металів і тканин?



Рисунок 2.1 – Портрет Луїджи Гальвані

Луїджи Гальвані (1737-1798) - італійський лікар, анатом і фізіолог, один із засновників електрофізіології. Освіту здобув в Болонському університеті, там же викладав медицину.



Рисунок 2.1 – Портрет Алессандро Вольта

Алессандро Вольта (1745 – 1827) – італійський фізик і фізіолог, один з основоположників вчення про електрику. Встановив зв'язок між кількістю електрики, ємністю і напругою, винайшов перше хімічне джерело струму на мідно-цинкової парі («вольтів стовп», або «батарея Вольта»). У квітні 1800 року в Парижі Вольта був прийнятий Першим консулом Франції – Наполеоном. Наполеон цікавився науками, справедливо вважаючи, що сила держави в новому столітті немислима без процвітання освіти. Продемонструвавши захопленому Наполеону свої дослідження, Вольта став лицарем Почесного легіону, отримав звання сенатора і графа.

Вольта прожив довге і щасливе життя. На жаль, майже всі його особисті речі, прилади, а також 11 величезних папок його праць згоріли під час пожежі. Але Вольта вічний в вольті – одиниці електричної напруги.



Рисунок 2.3 – «Вольтів стовп»

На щастя, історія розпорядилася так, що результати дослідів Гальвані, викладені ним в його знаменитому «Трактаті про електричні сили при м'язовому русі», яке побачило світ у 1791 році, попалися на очі італійському вченому Алессандро Вольта. Вражений Вольта перечитує трактат і знаходить в ньому те, що пройшло повз увагу самого автора, – згадка про те, що ефект здригання лапок спостерігався лише тоді, коли лапок стосувалися двома різними металами. Вольта вирішує поставити інший дослід, не на жабі, а на самому собі.

Зізнаюся, – писав він, – я не вірив і з дуже малою надією на успіх приступив до перших дослідів: такими неймовірними здавалися вони мені, такими далекими від усього, що нам досі відомо було про електрику Нині я звернувся до дослідів, сам був очевидцем, сам виробляв чудну дію і від зневіри перейшов, може бути, до фанатизму!».

Тепер Вольту можна було побачити за дивним заняттям: він брав дві монети обов'язково з різних металів – і клав їх собі в рот – одну на язик, іншу – під язик. Якщо після цього монети або кружечки Вольта з'єднував дротиком, він відчував кислуватий смак, той самий смак, але набагато слабкіше, що ми можемо відчувати, лизнувши одночасно два контакти батарейки. З дослідів, проведених раніше з електрофором, Вольта знав, що такий смак викликається електрикою. Вольта припустив, що причиною явища, що спостерігав Гальвані, служило присутність двох різних металів. Керуючись цією думкою, він поставив багато дослідів і, нарешті, зробив важливе відкриття, про що повідомив в 1800 році Лондонському королівському суспільству. Вольта писав, що він знайшов нове джерело електрики, що діє подібно батареї слабо заряджених «лейденських банок». Однак на відміну від гальванічної батареї його прилад заряджається сам собою і розряджається безперервно. При цьому він дав і опис свого приладу.



Рисунок 2.4 – А. Вольта демонструє дію збудованої ним гальванічної батареї Першому консулу Франції, майбутньому імператору Наполеону Бонапарту

15 червня 1802 році у Франції, в той час однією з найбільш передових в науковому відношенні країн, засновується державна премія у вигляді золотої медалі і солідної грошової суми «тому, хто своїми відкриттями, подібно Вольту і Франкліну, просуне вперед науку про електрику і магнетизм». Віддавши це розпорядження Перший консул, майбутній імператор Наполеон I, закінчує свою вказівку пророчими словами: «Моя мета полягає в заохоченні, в залученні уваги фізиків до цього відділу фізики, який представляє, як мені відчувається, шлях до великих відкриттів». Першим цієї нагороди був удостоєний в 1806 р Гемфрі Деві.

До речі, французька премія була вручена англійцю саме в той момент, коли ці країни перебували в стані війни. Однак ніякого обурення громадськості не було. З боку Наполеона I це дійсно був вчинок, гідний наслідування.

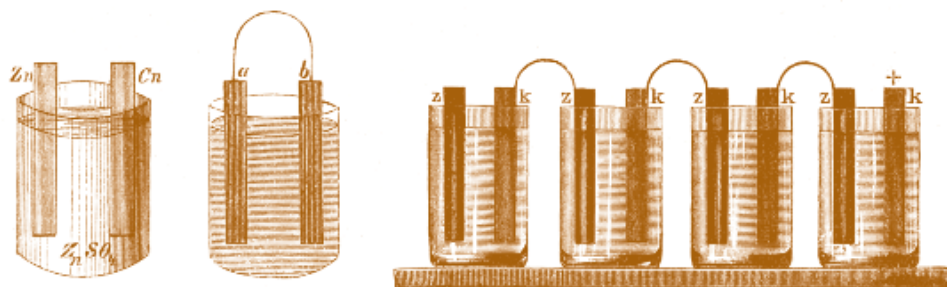


Рисунок 2.5 – Гальванічна батарея Вольта

Вольта влаштував свій прилад так. Він поставив один на одне кілька дюжин попарно зібраних цинкових і мідних гуртків, розділених папером, змоченою солоною водою. Коли експериментатор торкався однією рукою до

нижнього мідному, а іншою рукою – до верхнього цинковому гурткам, то відчував сильний електричний удар. При цьому пристрій не розряджався, і, скільки б раз він не торкався гуртків, удар повторювався, тобто заряд електрики виникав безперервно. Таким чином, Вольта отримав перший досить потужне джерело електрики – знаменитий «вольтів стовп».

Так було відкрито нове явище – безперервний рух електрики в провіднику, або електричний струм. Створення першого джерела електричного струму зіграло величезну роль у розвитку науки про електрику і магнетизм. Сучасник Вольта французький вчений Араго вважав вольтів стовп «самим чудовим приладом, коли-небудь винайденим людьми, не виключаючи телескопа і парової машини».

Відразу слідом за цим Вольта зробив ще один великий винахід: він винайшов гальванічну батарею, пишно названу «короною судин» яка складалася з багатьох послідовно з'єднаних цинкових і мідних пластин, опущених попарно в посудини з розведеною кислотою, - вже досить солідне джерело електричної енергії. Можна вважати, що з того дня джерела постійного електричного струму вольтів стовп і гальванічна батарея – стали відомі багатьом фізикам і знайшли широке застосування в подальших дослідженнях.

Прилад Вольта спонукав вчених до роботи над винаходом подібних джерел струму. Зокрема, гальванічний елемент був влаштований англійським хіміком Джоном Даніелем (1790 – 1845). В елементі Даніеля циліндрична вигнута мідна пластинка занурена в розчин мідного купоросу. Цинкова пластинка знаходиться в пористій глиняній посудині, наповненій розбавленою сірчаною кислотою. По провіднику, що з'єднує мідну пластинку з цинкової, тече електричний струм.

У 1839 році німецький фізик Роберт Бунзен (1811 – 1899) замінив мідну пластинку вугільним циліндриком, зануреним в азотну кислоту. Нарешті, паризький хімік Лекланше створив дуже дешевий і зручний елемент, який знайшов широке застосування. У його елементі також є циліндрична вигнута цинкова пластинка і вугільний циліндрик, але вони обидва занурені в розчин нашатирю.

2.2. Дослідження електричного кола. Закони Ома і Кірхгофа

Дослідженням електричних явищ на початку ХІХ століття займаються багато вчених. Експерименти з вольтовим стовпом вже протягом перших двох-трьох років після його створення привели до відкриття хімічного, теплового, світлової дії електричного струму. Намітився перехід від якісних спостережень явищ до встановлення кількісних співвідношень і основних закономірностей в електричному колі.

У 1801 році В. В. Петров встановив, що при збільшенні площі поперечного перерізу провідника струм в колі зростає, а англійський вчений Деві в 1821 році показав, що провідність залежить від матеріалу і температури провідників.

Дуже докладно електричні явища досліджувалися німецьким фізиком Георгом Омом. У 1826 році з'являється надрукована його знаменита стаття «Визначення закону, за яким метали проводять контактну електрику, разом з начерком теорії вольтаіческого апарату і мультиплікатора Швейггера», а в травні 1827 року Ом оприлюднив свій твір «Теоретичні дослідження електричних кіл» обсягом 245 сторінок, в якому вже містилися теоретичні міркування по електриці кола. Досліджуючи електричне коло, Ом вперше проводить аналогії між рухом електричності і тепловим або водяним потоками. При цьому різниця потенціалів грає роль падіння температур або різниць рівнів. Грунтуючись на цій аналогії, Ом встановив закон поширення електрики в провідниках. Всякий гальванічний елемент в неразгалуженому колі, замикає його електроди, може викликати безперервний перебіг електрики по провіднику. За позитивний напрямок гальванічного струму приймають напрям від місця вищого потенціалу до місця, де потенціал нижче (від позитивного до негативного електроду). При цьому сила струму I в такому колі буде дорівнює частині від ділення електрорушійної сили E джерела на опір R неразгалуженого замкненого кола:

$$I = E / R.$$

Це знамените співвідношення отримало назву закону Ома. У названій роботі вчений запропонував характеризувати електричні властивості провідника його опором і ввів цей термін в науковий обіг. Георг Ом знайшов більш просту формулу закону для ділянки електричного кола, що не містить електрорушійної сили E : «Величина струму в гальванічному колі прямо пропорційна сумі всіх напруг і обернено пропорційна сумі наведених довжин. При цьому загальна приведена довжина визначається як сума всіх окремих наведених довжин для однорідних ділянок, що мають різну провідність і різний поперечний переріз». У 1829 році з'являється його стаття «Експериментальне дослідження роботи електромагнітного мультиплікатора», в якій були закладені основи теорії приладів. Тут же Ом

запропонував одиницю опору. У 1908 році на Міжнародному з'їзді електриків за одиницю опору було прийнято опір ртутного стовпа довжиною 1,063 м і з поперечним перерізом в 1 мм^2 . На електротехнічному з'їзді в Парижі в 1881 році вчені одногосно затвердили назву одиниці опору в честь знаменитого вченого – 1 Ом. В системі СІ 1 Ом – це опір такого провідника, в якому встановлюється струм в 1 А при напрузі 1 В на його кінцях.



Рисунок 2.6 – Портрет Георг Сімон Ом

Георг Сімон Ом (1787....1854) – чудовий німецький фізик, чие ім'я носять знаменитий закон електротехніки та одиниця виміру.

Продовжуючи свої експерименти, Ом теж підтвердив, що опір зростає зі збільшенням довжини провідника і зменшується зі збільшенням площі поперечного перерізу, а також, що він залежить від природи провідного середовища. Математично залежність опору провідника R (Ом) постійного перетину виражається так:

$$R = \rho l / S,$$

де ρ – питомий опір, рівний опору провідника за одиницю довжини з поперечним перерізом в одиницю площі, $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

l – довжина провідника, м; S – площа поперечного перерізу, мм^2 .

Величина $\sigma = 1/\rho$ ($\text{Ом} \cdot \text{м}$) називається питомою провідністю провідника.

Закони протікання електричного струму в розгалуженому колі були встановлені через два десятиліття, в 1847 році, знаменитим німецьким фізиком і математиком Густавом Кірхгофа.

Перший закон Кірхгофа є наслідком закону збереження зарядів в електричному колі. У ньому розглядаються струми в вузлових точках кола. Якщо домовитися вважати струми, які напрувлені до вузла, позитивними, а струми, що течуть від вузла, негативними, то відповідно до першого закону Кірхгофа алгебраїчна сума струмів, що сходяться у вузлі розгалуженого електричного кола (рис. 2.8), дорівнює нулю.

$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 = 0.$$

Згідно з другим законом Кірхгофа алгебраїчна сума добутків сил струмів на відповідному опорі в замкнутому електричному контурі (рис. 2.9) дорівнює алгебраїчній сумі всіх електрорухомих сил в цьому контурі:

$$i_1 R_1 + i_2 R_2 - i_3 R_3 = E_1 + E_2 - E_3.$$

Знаки ЕРС визначаються наступним правилом: якщо ЕРС підвищує потенціал у напрямку обходу (обхід від «мінуса» до «плюса»), їй приписують знак «плюс», а якщо знижує – «мінус».



Рисунок 2.7 – Портрет Густава Роберта Кірхгофа

Густав Роберт Кірхгоф (1824 – 1887) – німецький фізик, один з творців спектрального аналізу, автор методів розрахунку струмів в розгалужених електричних колах, член Берлінської академії наук.

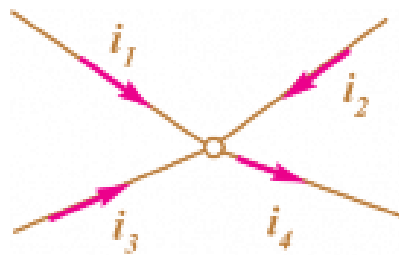


Рисунок 2.8 – Вузлики електричного кола



Рисунок 2.9 – Контур розгалуженого електричного кола

У 1827 році Ом, будучи в той час вчителем гімназії в Нюрнберзі, хотів скористатися як дисертацією при Берлінському університеті своїм твірком, в якому закон поширення електрики в провідниках, настільки важливий для всієї електротехніки, був їм математично обґрунтований. Однак Гегель відмовив йому в цьому.

2.3. Загальні відомості

Якщо в провіднику створити електричне поле, то носії зарядів почнуть рухатись упорядковано: носії позитивних зарядів у напрямі поля, негативних – у протилежний бік. Упорядкований рух зарядів називають електричним струмом. Його характеризують силою струму – скалярною величиною, що чисельно дорівнює електричному заряду, який проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу:

$$I = \frac{dq}{dt}.$$

де dq — електричний заряд, що проходить через переріз провідника за нескінченно малий проміжок часу dt .

У загальному випадку електричний струм може зумовлюватися рухом як позитивних, так і негативних зарядів. При цьому перенесення позитивного заряду в одному напрямі еквівалентне перенесенню такого самого за значенням негативного заряду в протилежному напрямі. Якщо за час dt через деякий переріз провідника позитивні носії переносять заряд dq_+ , а негативні в протилежному напрямі dq_- , то:

$$I = \frac{dq_+}{dt} + \frac{dq_-}{dt}.$$

За напрям струму беруть напрям руху позитивних зарядів. Електричний струм називають постійним, якщо з часом залишаються постійними сила струму та його напрям.

Одиниця сили струму в СІ – ампер (А) – визначається на основі електромагнітної взаємодії двох паралельних прямолінійних провідників, по яких проходить постійний струм.

Розрізняють струм провідності і конвекційний струм. Струм провідності зумовлюється напрямленим переміщенням заряджених частинок (електронів, іонів) усередині нерухомого провідника (твердого, рідкого чи газоподібного) за наявності в ньому електричного поля. Проте впорядкований рух електричних зарядів можна здійснити й іншим способом – переміщенням у просторі зарядженого макроскопічного тіла (провідника або діелектрика). Такий струм називають конвекційним. Прикладом конвекційного струму може бути орбітальний рух Землі, яка має надлишок негативних зарядів.

Обмежимося вивченням струму провідності, оскільки він найпростіший і має велике практичне значення. Для появи й існування струму провідності потрібні такі умови:

1) наявність у певному середовищі електричних зарядів, які б мали можливість у ньому рухатися. Такими зарядами у разі металевих провідників є вільні електрони, у напівпровідниках – електрони і «дірки», в електролітах позитивні й негативні іони, в газах – переважно позитивні іони і електрони;

2) наявність у певному середовищі електричного поля, енергія якого витрачається на переміщення зарядів. Отже, має бути різниця потенціалів між двома точками провідника. Для того щоб струм був тривалим, енергію електричного поля потрібно поповнювати, тобто підтримувати різницю потенціалів на кінцях провідника. Для цього до кінців провідника під'єднують спеціальний пристрій – джерело струму. Отже, для утворення неперервного електричного струму треба створити електричне коло.

Електричним колом називають сукупність джерел струму, споживача електричної енергії, вимірювальних і регулювальних приладів, вимикачів та інших елементів, з'єднаних провідниками. Найпростіше електричне коло складається з провідника, кінці якого під'єднано до джерела струму. В такому електричному колі струм проходить по зовнішній його частині – провіднику і внутрішній – джерелу струму. Джерело струму має два полюси: позитивний і негативний. При розімкненому зовнішньому колі на негативному полюсі джерела струму буде надлишок електронів, а на позитивному їх не вистачатиме. Зрозуміло, що таке розділення зарядів у межах джерела струму відбувається під дією сил, що мають некулонівську природу, оскільки під впливом кулонівської сили різнойменні заряди притягуються. Ці додаткові сили неелектричного походження, що діють у межах джерела струму,

називаються сторонніми. Природа сторонніх сил може бути хімічною (гальванічні елементи, акумулятори), тепловою (термоелементи) тощо.

Розділення і перенесення зарядів у межах джерела струму гальмується його внутрішнім електричним полем і опором з боку середовища джерела струму. Тому в разі замкненого електричного кола сторонні сили джерела струму виконуватимуть роботу A , яка складається з роботи A_1 , що виконується проти сил електричного поля джерела струму, і роботи A' , яка здійснюється проти механічних сил опору середовища цього джерела:

$$A = A_1 + A'$$

Роботу, яку виконують сторонні сили при переміщенні одиничного позитивного електричного заряду, називають електрорушійною силою (ЕРС) і визначають так:

$$I = \frac{A}{q} = \frac{A_1 + A'}{q}$$

Електрорушійна сила в одиницях СІ виражається у вольтах. Термін «електрорушійна сила» є невдалим, оскільки ЕРС характеризує джерело струму з енергетичного боку.

Якщо полюси джерела струму розімкнені, то $A' = 0$, бо при цьому стороння сила не переміщує зарядів, а тільки підтримує розподіл їх. Тоді

$$e = \frac{A_1}{q}$$

Проте, за визначенням, робота проти сил електричного поля буде:

$$\begin{aligned} A_1 &= q(\varphi_1 - \varphi_2) \\ e &= \varphi_1 - \varphi_2 \end{aligned}$$

Отже, електрорушійна сила дорівнює різниці потенціалів на полюсах розімкненого джерела струму.

У разі замкненого електричного кола на будь-якій ділянці його зовнішньої частини є деяка різниця потенціалів $\varphi' - \varphi'' = U$, її називають напругою, або спадом напруги, на цій ділянці кола.

У 1826 р. німецький фізик Г. Ом дослідно встановив, що сила струму в провіднику прямо пропорційна напрузі на кінцях провідника і обернено пропорційна опором цього провідника:

$$I = \frac{U}{R}$$

Співвідношення (8.50) називають законом Ома для ділянки кола.

Користуючись ним, можна дістати одиницю опору. В СІ опір провідника виражається в омах. Ом – опір такого провідника, в якому виникає сила струму в один ампер, коли різниця потенціалів на його кінцях становить один вольт.

Якщо замкнене коло складається з джерела струму з ЕРС e і внутрішнім опором r і зовнішньої частини з опором R , то силу струму в колі визначають за співвідношенням:

$$I = \frac{e}{R + r}.$$

Співвідношення це називають законом Ома для повного кола.

Дослід засвідчує, що опір провідника залежить від його геометричних розмірів, матеріалу, зовнішніх умов (особливо температури). Згідно з експериментальними дослідженнями Г. Ома опір однорідного провідника прямо пропорційний його довжині й обернено пропорційний площі поперечного перерізу:

$$R = \rho \frac{l}{s}.$$

Коефіцієнт пропорційності ρ , що характеризує матеріал, з якого виготовлено провідник, називають питомим опором речовини провідника.

Питомий опір, а отже, і опір провідника залежать від температури. У загальному випадку така залежність досить складна. Проте для металевих провідників за невеликих інтервалів температур можна користуватися наближеними формулами:

$$\rho = \rho_0(1 + at);$$

$$R = R_0(1 + at).$$

де ρ_0 і R_0 – відповідно питомий опір за температури 0°C ;

a – температурний коефіцієнт опору;

t – температура, $^\circ\text{C}$.

При точних розрахунках треба враховувати залежність a від температури.

За дуже низьких температур, близьких до абсолютного нуля ($0,5...8\text{ K}$), опір деяких металів (алюміній, цинк, свинець та ін.) стрибкоподібно зменшується майже до нуля. Таке явище називають надпровідністю. Його відкрив 1911 р. Г. Камерлінг-Оннес. Природа явища надпровідності розкривається у квантовій теорії.

У 1986 і 1987 рр. було відкрито високотемпературні надпровідники – металооксидні сполуки з температурою надпровідного переходу близько 100 K , що значно вище від температури кипіння рідкого азоту (77 K) – дешевого і

доступного холодоагенте, що випускається промисловістю у великих кількостях.

У 1987 р. вийшла у світ стаття вчених із м. Цюріха І. Беднорца і К. Мюллера під назвою «Можливість високотемпературної надпровідності в системі Ва – La – Cu – O», в якій повідомлялось про виявлення різкого зменшення опору кераміки цього типу за температур 30...35 К. Досліджена кераміка була сумішшю кількох фаз. Було встановлено, що зменшення опору супроводжується діамагнітною аномалією і відповідає надпровідному переходу.

У січні 1987 р. були опубліковані повідомлення з Хьюстонського університету і лабораторії Белла, в яких уже називалася фаза, відповідальна за надпровідність. Ця фаза описується хімічними формулами $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ для барієвої кераміки і $\text{La}_{2-x}\text{SrCuO}_4$ для стронцієвої. Важливо, що для кераміки $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_{0,2}\text{CuO}_4$ спостерігається дуже вузький надпровідний перехід за $T_c = 36$ К, що на 13 градусів вище від попереднього рекорду за T_c (23,2 К для Nb_3G).

Після цього успіху всі провідні лабораторії світу, які вивчали надпровідність, розпочали пошук і дослідження нових металооксидних надпровідників. У березні 1987 р. зроблено нове відкриття в Алабамському і Хьюстонському університетах на кераміці Y – Ва – Cu – O, де була досягнута температура надпровідного переходу $T_c = 92$ К. Так було подолано азотний бар'єр за T_c на шляху широкого практичного використання надпровідників, і це ще більше привернуло увагу дослідників до нових високотемпературних надпровідників.

Отже, фізика високотемпературної надпровідності перебуває на початковій стадії. Нині в ній інтенсивно накопичуються експериментальні дані, що характеризують властивості металооксидних сполук у нормальній і надпровідній фазах.

Проходження струму через провідник, якщо він не перебуває в стані надпровідності, супроводжується його нагріванням. Це пояснюється тим, що електричні заряди, рухаючись напрямлено, зазнають опору в середовищі провідника. Вивчаючи теплову дію струму, англійський фізик Дж. Джоуль (1818 – 1889) і російський фізик Е. Х. Ленц (1804 – 1865) незалежно один від одного дійшли такого висновку: кількість теплоти Q , що виділяється на певній ділянці провідника, прямо пропорційна силі струму I , що проходить через провідник, напрузі на його кінцях U і часу t проходження струму:

$$Q=UIt.$$

Цей висновок називається законом Джоуля – Ленца. Якщо силу струму взято в амперах, напругу у вольтах, а час у секундах, то кількість теплоти, що виділяється, виражається у джоулях.

Крім нагрівання провідників енергія електричного струму може зазнавати найрізноманітніших перетворень. Так, за наявності у зовнішньому колі електродвигуна частина електричної енергії джерела струму перетворюється в механічну енергію. Проходження електричного струму

через провідник другого роду – електроліт – супроводжується перетворенням частини енергії джерела в хімічну. Якщо зовнішня частина електричного кола складається лише з металевих провідників, то за великих температур енергія електричного струму частково витрачатиметься на випромінювання.

2.4. Електрофорез

Термін "електрофорез" складається з двох частин - "електро" і "форез", де "електро" означає електричний струм, а "форез" перекладається з грецької як перенесення. Електрофорез являє собою рух заряджених частинок (іонів) в електричному полі, створюваному зовнішнім джерелом. Фізичний процес електрофорезу сьогодні має широке застосування в різних галузях. Найчастіше його застосовують в якості процедури фізіотерапії, і в дослідницьких методах для поділу біологічних речовин.

Медична процедура – лікарський електрофорез, як медична процедура, також називається іонофорез, іонотерапія, іоногальванізація або гальваноіонотерапія, причому всі ці терміни означають один і той же процес. Стосовно до медичної практики, електрофорез являє собою метод електротерапії, який заснований на ефектах постійного струму і дії лікарських препаратів, що доставляються за допомогою того ж струму. Доставка різних медичних препаратів за допомогою даного методу називається лікарським електрофорезом. Сьогодні в лікувальній практиці застосовується кілька видів електрофорезу, в яких використовують різні електричні струми.

Для доставки лікарських препаратів методом електрофорезу використовують такі струми: 1. Постійний (гальванічний) струм. 2. Діадинамічні струми. 3. Синусоїдальні модульовані струми. 4. флюктуруючі струми. 5. Випрямлений струм.

Принцип дії лікарського електрофорезу.

В основі електрофорезу лежить процес електролітичної дисоціації. Хімічні речовини, що є ліками, розпадається на іони у водному розчині. При пропусканні електричного струму через розчин з медичним препаратом іони ліки починають переміщатися, проникають через шкіру, слизові оболонки, і потрапляють в організм людини.

Іони лікарської речовини проникають в тканини здебільшого через потові залози, але невеликий обсяг здатний проходити і через сальні залози. Лікарська речовина після проникнення в тканини через шкіру рівномірно розподіляється в клітинах і міжклітинної рідини. Електрофорез дозволяє

доставити лікарський препарат в неглибокі шари шкіри – епідерміс і дерму, звідки він здатний всмоктуватися в кров і лімфу через мікросудини. Потрапивши в кровотік і лімфоток, медичний препарат доставляється до всіх органів і тканин, але максимальна концентрація зберігається в області введення ліків.

Кількість лікарської речовини, яке може всмоктатися в тканини з розчину при проведенні процедури електрофорезу, залежить від безлічі факторів. Основні фактори, що впливають на ступінь всмоктування ліки при доставці його електрофорезом: ступінь дисоціації; розмір і заряд іона; властивості розчинника; концентрація речовини в розчині; щільність електричного струму; тривалість процедури; вік людини; стан шкірних покривів; загальний стан організму.

Лікувальні ефекти лікарського електрофорезу.

Лікарський препарат, доставлений в організм за допомогою електрофорезу, впливає декількома механізмами:

1. Рефлекторний механізм (іонні рефлекси).
2. Гуморальний (системний) механізм.
3. Місцевий механізм.

Рефлекторний компонент терапевтичної дії лік формується за рахунок опосередкованих впливів. Гуморальний компонент надає системний вплив за рахунок проникнення лікарської речовини в кровотік і лімфоток, і впливу на багато органів і тканини. Місцева дія електрофорезу обумовлено високою концентрацією ліки в місці введення.

Електрофорез надає наступні терапевтичні ефекти: протизапальний – анод; зневоднюваний (сприяє виходу рідини з тканин і відразу набряків) – анод; знеболюючий – анод; заспокійливий – анод; судинорозширювальний – катод; розслаблюючий (особливо щодо м'язів) – катод; нормалізація обміну речовин, харчування органів і тканин – катод; секреторний (вироблення і викид в кров біологічно активних речовин) – катод.

Переваги електрофорезу перед методами введення ліків через рот, внутрішньовенно або внутрішньом'язово Електричний струм дозволяє активізувати фізико-хімічні та обмінні процеси, а також клітинні взаємодії в тканинах організму. Введення лікарського препарату за допомогою електрофорезу має наступні переваги перед доставкою речовини через рот, внутрішньовенно або внутрішньом'язово: пролонгований ефект ліків за рахунок створення в шкірі «депо», і повільного визволення засобів в кровотік; повільне виведення ліків із організму; зниження ефективної терапевтичної дози; можливість доставити ліки в потрібну область організму; низький ризик розвитку побічних ефектів; доставка лікарського препарату відразу в активованій формі; безболісна доставка ліків в потрібну область тіла; збереження нормальної структури тканин при введенні ліків. Поєднання дії електричного струму і ліки дозволяє значно знизити дозу медичного препарату, оскільки навіть невисокі концентрації речовини мають терапевтичний ефект. Якщо ліки вводити в таких низьких дозах через рот (у

вигляді таблеток), внутрішньовенно або внутрішньом'язово, то воно не буде надавати більш-менш значимого терапевтичного ефекту.

Електричний струм дозволяє збільшити активність препарату, що вводиться за допомогою електрофорезу, що дозволяє застосовувати більш низькі дози.

Сфера застосування електрофорезу.



Рисунок 2.10 – Загальний вигляд

Сфера застосування лікарського електрофорезу дуже широка. Метод використовується не тільки в якості лікувальної процедури, але і профілактичною. Захворювання нервової, дихальної систем, хірургічні, гінекологічні, вуха, очей, носа та інші, піддаються лікуванню при використанні комплексного лікування з включенням в нього процедури електрофорезу.

Основні показання до застосування електрофорезу: патологія серцево-судинної системи (розчини кальцію); атеросклероз (розчини йоду, новокаїну); гіпертонія (розчини бромю, кофеїну, магnezії, калію, йоду, новокаїну); гіпотонія; рубці, що сформувалися після хірургічних втручань, травм або запалень (розчини йоду, лідази, ронідаза); себорея; купероз; тяжі зі сполучної тканини, в тому числі спайки (розчини йоду, лідази, ронідаза); келоїдні рубці (розчини йоду, лідази, ронідаза); контрактура Дюпютрієна (розчини йоду, лідази, ронідаза); опіки (розчини йоду, лідази, ронідаза); патологія суглобів і кісток – артрити, поліартрити, остеохондроз хребта, хвороба Бехтерева (розчини саліцилатів); патологія очей; патологія ЛОР-органів (тонзиліт, гайморит, отит і т.д.); хронічні уповільнені запалення жіночих статевих органів – ендocerвіцит, ендометріоз, кольпіт, ендометрит, ерозія шийки матки (розчини антибіотиків, наприклад, тетрацикліну); запальні захворювання

сечостатевих органів - простатит, цистит, пієлонефрит і т.д.; хронічний бронхіт (розчини антибіотиків); патологія нервової системи – неврити, радикуліти, плексити, невралгії (новокаїн); травми спинного або головного мозку; порушення сну; патологія травної системи (гастрит, виразка шлунка і дванадцятипалої кишки, холецистит, гепатит, коліт); неврози; мігрень; запальні захворювання порожнини рота і зубів – стоматити.

При лікуванні забитих місць, розривів і розтягувань зв'язок, набряків, гнійних запалень, больового синдрому, виразок трофічного характеру, краще використовувати розчини лікарських препаратів, приготовані на аптечному Димексиду, а не на дистильованій воді. Терапію електрофорезом застосовують у складі комплексного лікування важких патологій з тривалим перебігом.

Електрофорез можна розглядати як панацеї або ізольованого методу, що гарантує повне лікування від хронічного патологічного процесу. Даний метод необхідно використовувати в поєднанні з іншими лікувальними маніпуляціями, в тому числі прийомом медикаментів. Лікарський електрофорез має різні дозування, які обумовлені тривалістю впливу (від 10 хвилин до півгодини) і щільністю струму (0,03 – 0,08 мА / см²). Діти і літні люди повинні отримувати електрофорез в меншій дозі, яка на третину або чверть нижче, ніж для дорослої людини.

РОЗДІЛ 3. АПАРАТИ ДЛЯ ГАЛЬВАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОФОРЕЗУ

3.1. Гальванізація. Теорія та практика

Тканини організму по електропровідним властивостям підрозділяються на діелектрики і електроліти. До діелектриків відносяться тверді тканини: зв'язки, сухожилля, роговий шар шкіри, кістка без окістя, клітинні мембрани. До електролітів - біологічні рідини: кров, лімфа, спинномозкова рідина і так далі. Електроліти містять велику кількість іонів, які беруть участь в різних обмінних процесах.

По тих ділянках, де є рідина (по кровоносним і лімфатичним судинах, м'язовим і нервових тканинах), може протікати електричний струм. При пропусканні постійного електричного струму і відповідно накладення електричного поля іони впорядковано переміщуються: позитивні в напрямку поля, негативні - проти.

Внаслідок цього відбувається поляризація тканин, змінюється концентрація іонів в клітинах і міжклітинних рідинах (перш за все іонів Na, K, Cl), кислотно-лужна рівновага, водний баланс, посилюється крово- та лімфообіг і т.і. Кількість переміщених іонів визначається величиною пропускаемого струму і створюваного електричного поля. Дозуючи величину струму (поля) і час впливу, можна домогтися бажаного лікувального ефекту.

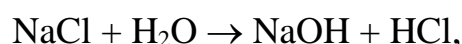
На цьому засновані дві лікувальні методики: гальванізація та лікарський (лікувальний) електрофорез.

Гальванізація – метод фізіотерапії, при якому використовується дія на тканини організму постійного електричного струму силою кілька міліампер і відповідно електричного поля напруженістю $E = 4 \dots 10 \text{ В/м}$.

Струм підводять за допомогою дротів і пластинчастих електродів, виготовлених з металу, мала хімічна активність яких не викликає появи на електродах ЕРС поляризації. Найчастіше використовується свинець.

При проходженні постійного струму через організм можливе виникнення хімічного і термічного опіків.

Хімічний опік викликають продукти електролізу розчину NaCl, що міститься в тканинах (тобто луги і кислоти):



Для усунення хімічного опіку між електродами і шкірою поміщають гідрофільні прокладки, змочені фізіологічним розчином або теплою водою. В цьому випадку кислоти і луги накопичуються в прокладках.

Термічний опік викликає струм, якщо він досягає значної величини. Це

можливо, тому що електропровідність тканин і перш за все шкіри залежить від вмісту поту і вологи, тому, навіть при невеликій напрузі на електродах, струм, що пропускається через організм, може бути значним.

Щоб уникнути термічного опіку не можна перевищувати допустиме значення щільності струму. Щільність струму визначається величиною сили струму і площею електродів (або прокладки):

$$j = I / S.$$

Залежно від площі електродів величина допустимої щільності струму може коливатися в межах від 0,01 до 0,2 мА/см². Щоб при контакті щільність струму була однаковою по всій площі прокладок, електроди і прокладки повинні бути щільно притиснуті до ділянки тіла. Для цього на електроди кладуть подушки з піском. За допустимим значенням щільності струму визначають максимальний струм, який можна пропустити через пацієнта:

$$I_{don} = j_{don} \cdot S.$$

Лікарський електрофорез – це введення за допомогою постійного електричного струму і поля лікарських речовин через шкіру і слизові оболонки. Розчинами цих речовин змочують прокладки під електродами. Речовина, яка утворює в розчині позитивні іони, вводиться з позитивного електрода, яка утворює негативні іони - з негативного електрода.

Частинки лікарської речовини під дією струму і поля проникають в товщу шкіри і утворюють в ній так зване "іонне депо", з якого вимиваються лімфою і кров'ю.

При цьому методі на організм діють одночасно постійний струм – активний біологічний фактор і лікарська речовина – фармакотерапевтичний фактор. Тривалість лікувальних процедур від 20 до 40 хвилин.

При даних методиках необхідно враховувати явище поляризації, що виникає при проходженні постійного струму через тканини організму.

Що виникає електричне поле поляризації направлено проти зовнішнього поля і протидіє йому. Внаслідок цього в тканинах струм не відразу досягає постійного значення, а через деякий час.

Тому на початку процедури необхідно стежити за показаннями міліамперметра.

Дані лікувальні методики забезпечують локальність дії на органи і тканини. Обидва методи можна здійснити за допомогою рідинних електродів у вигляді ванн, в які поміщаються кінцівки пацієнта.

Схема та принцип роботи апарата для гальванізації

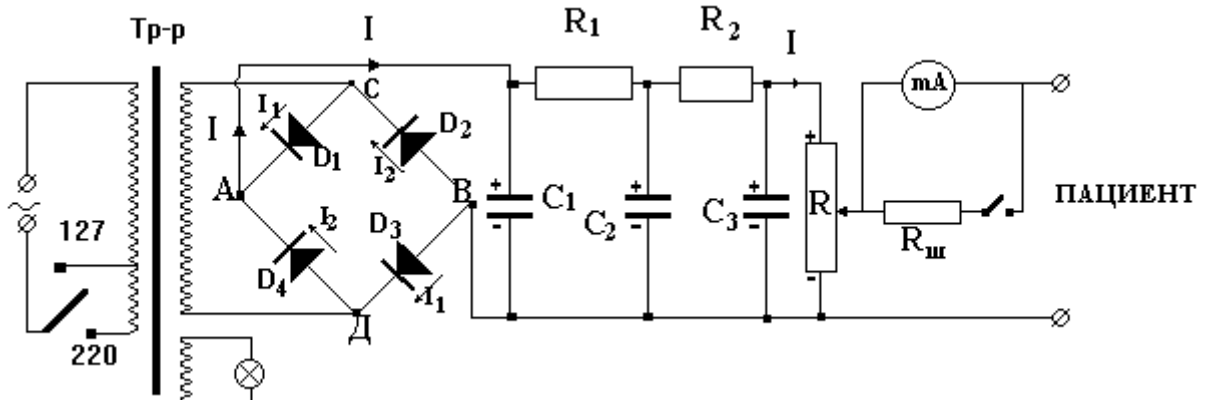


Рисунок 3.1 – Схема принципальна для гальванізації

Апарат для гальванізації складається з напівпровідникового випрямляча, згладжуючого фільтра, потенціометра, міліамперметра з шунтом (рис. 3.1). При включенні апарату в мережу змінної напруги, що подається на його вхід, в трансформаторі перетворюється напруга до напруги, необхідної для роботи випрямляча. За допомогою діодів змінний струм випрямляється, потім згладжується фільтром і надходить на потенціометр R . С потенціометра напруга подається на клєми пацієнта. Змінюючи величину напруги, що подається, регулюють силу струму в колі пацієнта.

Струм вимірюється міліамперметром, паралельно з яким підключається шунт ($R_{ш}$), що забезпечує достатню чутливість приладу при вимірюванні струмів значної величини.

Розглянемо роботу окремих вузлів апарату.

Випрямляч – це пристрій, що перетворює змінний струм у струм одного напрямку. Для цієї мети використовуються напівпровідникові діоди. У схемі, зображеної на рис. 3.1, двохнапівперіодний випрямляч складається із трансформатора і 4-х напівпровідникових діодів, включених по мостовій схемі. Кожен діод є "стороною" чотирикутника. В одну діагональ цього чотирикутника (СД) подається напруга з вторинної обмотки трансформатора, з іншої діагоналі (АВ) випрямлений струм подається на згладжуючий фільтр, а потім на потенціометр R .

Трансформатор – це пристрій для підвищення або зниження змінної напруги. Він складається з двох обмоток, одна з яких називається первинною, а інша – вторинною.

Обмотки трансформатора можуть бути намотані паралельно або розташовані на загальному сердечнику з магніто-м'якого заліза; зазвичай він виготовляється складальним для зменшення втрат на вихрові струми. У будь-якому випадку принцип дії трансформатора заснований на тому, що магнітний потік, створюваний струмом в первинній обмотці, повинен проходити через вторинну обмотку. При конструюванні трансформатора намагаються домогтися того, щоб весь або майже весь магнітний потік, створюваний первинною обмоткою, проходив через вторинну.

Надалі ми будемо вважати, що це дійсно так. Будемо також вважати

омічні втрати і втрати на гістерезис в осерді малі. Ці припущення цілком виправдані, так як в сучасних трансформаторах втрати зазвичай не перевищують 1%.

Коли на первинну обмотку подається змінна напруга, в результаті цього змінний магнітний потік збуджує у вторинній обмотці змінну напругу тієї ж частоти. Однак напруга на обмотках буде різної у залежності від числа витків в кожній з них.

Відповідно до закону Фарадея, в первинній обмотці виникає ЕРС, яка дорівнює:

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}, \text{ а во вторинній } e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}.$$

Напруга, прикладена до первинної обмотці, так само (без урахування омічних втрат):

$$U_1 = -e_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}, \text{ а для вторинної обмотки можна записати: } U_2 = e_2.$$

З огляду на це можна тепер отримати, так зване, рівняння трансформатора, що показує, як напруга на вторинній обмотці пов'язано з напругою на первинній:

$$\left| \frac{U_1}{U_2} \right| = \frac{N_1}{N_2}.$$

Якщо $N_2 > N_1$, то трансформатор називається підвищуючим, якщо ж $N_2 < N_1$, то трансформатор називається знижуючим. В апаратах для гальванізації виконується остання умова.

В апаратах для гальванізації трансформатор крім того, що перетворює напругу змінного струму, забезпечує електробезпеку хворого. Індуктивний зв'язок між обмотками виключає можливість безпосереднього з'єднання хворого з мережею змінної напруги в 220 В. В іншому випадку (наприклад, заземлення хворого) може відбутися електротравма.

Напівпровідниковий діод – прилад, основним елементом якого є контакт двох напівпровідників з різними типами провідності; "n" і "p". У напівпровідниках "n" – типу основні носії заряду - електрони, в "p" – типу – дірки. Контакт двох напівпровідників з різними типами носіїв заряду називають "n – p" переходом або електронно-дірковий. Контактний шар має гарну електропровідність тільки в одному напрямку і майже не пропускає струм в іншому напрямку. На цій властивості контактного шару заснована робота діода в якості випрямляча.

Потенціали на кінцях вторинної обмотки змінюються кожену половину

періоду. Припустимо, в точці C (верхній кінець обмотки) потенціал позитивний, а в точці D – потенціал негативний. У цю половину періоду відкриті діоди D_1 і D_3 , через них тече струм I_1 . Діоди D_2 і D_4 закриті. У наступну половину періоду полярність потенціалів зміниться на протилежну: на нижньому кінці обмотки потенціал буде позитивним, а на верхньому – негативним. Відкрито діоди D_2 і D_4 , через них тече струм I_2 . Діоди D_1 і D_3 закриті.

В обидві половини періоду на вході в згладжуючий фільтр струми I_1 і I_2 приходять в одному напрямку, але мінливі за величиною (двохнапівперіодне випрямлення) і створюють сумарний пульсуючий струм, який представлений на рис. 3.2.

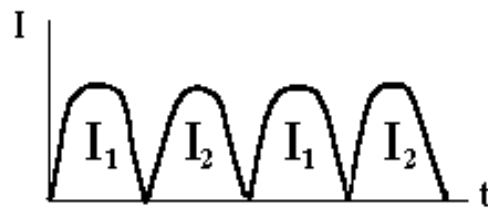


Рисунок. 3.2 – Сумарний пульсуючий струм

Згладжуючий фільтр

Випрямлений струм сильно пульсує. Згладжують пульсації за допомогою фільтра. У схемі, наведеній на рисунку 3.3 фільтр складається з трьох конденсаторів C_1 , C_2 , C_3 , включених паралельно навантаженні R , і двох резисторів R_1 і R_2 , включених послідовно з R . Конденсатори, які включені в фільтр, мають досить велику ємність.

При наростанні напруги на вторинній обмотці трансформатора конденсатори заряджаються через діоди: в розглянутому вище випадку вони заряджаються в першу чверть періоду через діоди D_1 і D_3 , в третю чверть періоду – через діоди D_2 і D_4 .

При зменшенні напруги на обмотці трансформатора конденсатори розряджаються через опір навантаження R (друга і четверта чверті періоду). Величина опору R значно більше опору діодів, тому розряд конденсатора відбувається значно повільніше його зарядки. Внаслідок цього за час зменшення напруги на обмотці до нуля конденсатори, не встигаючи розрядитися до кінця, заряджаються наступним наростаючим імпульсом напруги. В результаті пульсації струму стають набагато менше (рис. 3.3).

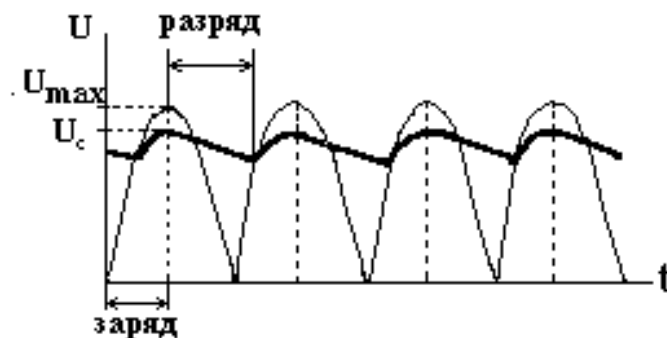


Рисунок 3.3 – Принцип роботи фільтра

Таким чином через навантажувальний опір буде протікати значно згладжений струм, показаний на рис. 3.3 жирнішою кривою. Залежно від величини C_1 , C_2 , C_3 , а також R_1 і R_2 можна домогтися такого стану, що через навантаження (в нашому випадку через R) піде практично постійний струм, графічне зображення якого наведено на рис. 3.4.

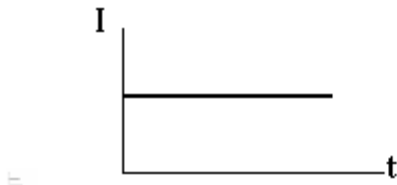


Рисунок 3.4 – Постійний струм

Процеси, що відбуваються в апаратах для гальванізації, можна описати і трохи інакше, не вдаючись у фізику явищ, а залишаючись на позиціях електротехніки. Пульсуючий струм, отриманий після випрямляча, потрапляє в електричний фільтр, що складається, в нашому випадку, з ємностей і опорів.

Дія фільтра заснована на тому, що через ємність не проходить постійна складова струму, тоді як через активний опір вона проходить. Звідси і назва: "ФІЛЬТР" - фільтрується змінна складова струму.

Пульсуючий струм можна розглядати як результат складання постійного I_0 і n змінного $I \sim$ струмів. Ці складові можна виділити за допомогою фільтра з двох паралельних кіл, що містять індуктивність і ємність або, якщо необхідний випрямлений струм малий і імовірний певний втрата постійної напруги, активний опір і ємність. При цьому постійна складова проходить через активний опір, а змінна – через ємність.

3.2. Лікарський електрофорез. Теорія та практика

Самим «старим» методом апаратної фізіотерапії, якому в 2013 р виповнилося би 211 років, є постійний струм, який використовується для цілей гальванізації, лікарського електрофорезу (іонофореза), електродрегінга, мікрострумової терапії, електроопіляції та пілінгу.

У 1800 році італійський фізик А. Вольта винайшов джерело постійного струму і назвав його на честь фізика Л. Гальвані гальванічним. Метод лікувального застосування безперервного постійного електричного струму низької напруги (до 80 В) і малої сили струму (до 50 мА) отримав назву гальванізації та до сих пір не втратив своєї актуальності.

Електричний струм – спрямований рух електрично заряджених частинок

в провіднику. Існує два роду провідників: метали – провідники першого роду і електроліти – провідники другого роду. В металах під дією різниці потенціалів переміщуються негативно заряджені електрони. При цьому перенесення речовини і хімічних процесів не відбувається. В електролітах і розчинах речовин, диссоціюючих на електрично заряджені частинки – іони, тобто в провідниках другого роду, електричний струм являє собою рух різноманітних заряджених іонів в протилежних напрямках.

Тканини організму людини відносяться до провідників другого роду, тому проходження через них електричного струму пов'язано з переміщенням позитивно заряджених частинок «катіонів» до негативного полюса – катода, а негативно заряджених частинок «аніонів» до позитивного полюса – анода.

Постійний струм – це електричний струм, що не змінюється з плином часу ні по силі, ні по напрямку. Як виникає постійний струм? Постійний струм виникає під дією постійної напруги і може існувати лише в замкнутому колі. У всіх перетинах нерозгалужене кола сила постійного струму однакова.

Амплітуда струму вимірюється в амперах (А) і міліампер (мА). У фізіотерапії використовується гальванічний струм, який вимірюється в міліампер (мА). Якщо використовується струм амплітуда якого в 1000 разів менше ампера (А) мікроампер (мкА), то такий струм називається мікрострумами. Метод лікувального застосування такого струму отримав назву «мікрострумової терапії».

Неушкоджена шкіра людини має високий омичний опір, тому в організм струм проникає в основному через вивідні протоки потових і сальних залоз, міжклітинні щілини.

Оскільки їх загальна площа не перевищує 1/200 частини поверхні шкіри, то на подолання епідермісу, що володіє найбільшим опором струмом витрачається основна частина енергії струму.

Тому тут розвиваються найбільш виражені первинні (фізико-хімічні) реакції на вплив постійним струмом, сильніше проявляється роздратування нервових рецепторів. Подолавши опір епідермісу і підшкірної жирової тканини, струм далі поширюється по шляху найменшого опору, переважно по міжклітинних просторах, кровоносних і лімфатичних судинах, оболонках нервів і м'язів.

Найбільш істотним фізико-хімічним процесом, обумовленим природою фактору і граючі важливу роль в механізмі дії постійного струму, вважається зміна іонної кон'юнктури, кількісного і якісного співвідношення іонів в тканинах. В результаті цього після гальванізації в тканинах організму виникає іонна асиметрія, що позначається на життєдіяльності клітин, швидкості протікання в них біофізичних, біохімічних і електрофізіологічних процесів.

Найбільш характерним проявом іонної асиметрії є відносна перевага у катода одновалентних катіонів, а у анода – двовалентних катіонів. Саме з цим явищем пов'язують загальновідоме подразнюючу (збудливу) дію катода і, навпаки, заспокійливу (гальмівну) – анода.

Істотну роль серед первинних механізмів дії постійного струму грає явище електричної поляризації – скупчення у мембран протилежно

заряджених іонів з утворенням електрорушійної сили, що має зворотний напрямок напрузі.

Поляризація призводить до зміни дисперсності колоїдів протоплазми, гідратації клітин, проникності мембран, впливає на процеси дифузії і осмосу. Поляризація загасає протягом декількох годин і визначає наслідки фактору.

Поляризація

Одним з фізико-хімічних ефектів при гальванізації вважається зміна кислотного-лужного стану в тканинах внаслідок переміщення позитивних іонів водню до катода, а негативних гідроксильних іонів до анода. Це відбувається на діяльності ферментів і тканинному диханні, стані біоколоїдів, служить джерелом роздратування шкірних рецепторів.

Поряд з рухом іонів при гальванізації відбувається рух рідини (води) в напрямку катода (електроосмос). Внаслідок цього під катодом спостерігається набряк і розпушення, а в області анода – зморщування і ущільнення тканин, що слід враховувати, особливо при лікуванні запальних процесів. Названі інші фізико-хімічні ефекти гальванічного струму які визначають його фізіологічну і терапевтичну дію.

Місцеві зміни виникають переважно в шкірі. У зоні впливу відзначається гіперемія, більш виражена в області катода, що сприяє поліпшенню обміну речовин і посиленню процесів репарації, надає розсмоктуючу дію. Крім того, під катодом збільшується вміст гістаміну, ацетилхоліну, адреналіну, гепарину, натрію, калію, знижується активність холінестерази і вміст хлору, що підвищує активність тканин (кателектротон). Під анодом відбуваються протилежні зрушення і збудливість тканин, навпаки, знижується (анелектротон).

Перерозподіл іонів, накопичення продуктів електролізу, утворення біологічно активних речовин, а також безпосередня дія струму на нервові кінцівки і рецептори ведуть до виникнення нервової аферентної імпульсації. При малоінтенсивних впливах в рефлекторну реакцію залучаються органи і системи, що належать до того ж сегменту спинного мозку, що і дратуєма шкірна поверхня.

Інтенсивне роздратування, вплив на великі рецепторні зони, а також проведення гальванізації з розташуванням електродів на голові призводять до виникнення аферентної імпульсації, що досягає центральну нервову систему - лімбіко-ретикулярного комплексу і кори головного мозку. В результаті аферентацій змінюється їх функціональний стан, активуються внутрікоркові індукційні відносини і ряд інших процесів.

Це проявляється посиленням регуляторної та трофічної функції нервової системи, поліпшенням кровопостачання і обміну речовин в мозку, прискоренням регенерації пошкоджених нервових структур.

У тканинах збільшується вміст АТФ і напруга кисню, активуються процеси окисного фосфорилування, зменшується вміст в крові холестерину і ін. Під впливом постійного струму зростає фагоцитарна активність лейкоцитів, стимулюється ретикулоендотеліальна система, підвищується активність гуморальних факторів неспецифічного імунітету, посилюється

вироблення антитіл.

Нормалізуюча і стимулююча дія гальванізації найбільш чітко проявляється при функціональних розладах і використанні невеликих терапевтичних дозувань струму.

Гуморальний фактор. Третім компонентом в механізмі дії гальванічного струму є гуморальний фактор. Гальванічний струм впливає на утворення біологічно активних речовин: ацетилхоліну, гістаміну, гепарину, брадикініну, калікреїну, простагландинів, ендорфінів та інших. Так в зоні негативного полюса (катода) відбувається підвищення ацетилхоліну в нервовому волокні, а на позитивному полюсі (аноді), навпаки, його зменшення.

Цим пояснюється ефект кателектротоніческого збудження, при якому в зоні катода спостерігається активація нервового волокна (кателектротон), а в зоні анода – його пригнічення (анелектротон).

Є експериментальні дані, що свідчать про зміну активності холінестерази під впливом гальванічного струму – на катоді активність ферменту падає, а на аноді – підвищується. Джерелом постійного електричного струму, що застосовується з лікувальними і реабілітаційними цілями, є апарати для гальванізації. Існує кілька їх модифікацій. Найбільш широке поширення в фізіотерапії отримав апарат «Поток-1». Крім того, використовуються такі апарати: «ГР-2» (для гальванізації порожнини рота), «ГК-2» (пристрій для проведення гальванізації та електрофорезу в чотирикамерним ваннах).

В останні роки застосовується апарат «Ніон», який відрізняється від апарату «Поток-1» тільки наявністю таймера. Апарати для гальванізації містять понижуючий трансформатор, випрямляч струму мережі з фільтром, що згладжує пульсації випрямленої струму, потенціометр для підведення необхідної величини струму, міліамперметр, що вимірює струм, що подається на пацієнта, з перемикачем шкали на 5 м. А та 50 м. А, сигнальну лампочку включення мережевого струму, вимикач напруги, клеми для підключення проводів від електродів.

Техніка, методики і дозування гальванізації. Традиційно для проведення процедур гальванізації використовують електроди з металевої пластини (свинець, станіоль) і гідрофільної матер'яної прокладки (бязь, фланель). Форма і розміри електродів може бути найрізноманітнішою. Пізніше стали застосовувати електроди з графітізірованої тканини, коли тканина зафіксована разом з прокладкою.

Електрод має двошарову структуру: один шар є електророзподільним, інший виконує роль гідрофільної прокладки. Для запобігання електрохімічного опіку застосовують додаткову гідрофільну прокладку з целюлози, яка також служить в якості лікарської. За медико-технічними параметрами ці електроди перевершують використовувані в фізіотерапевтичної практиці аналоги (свинець, станіоль, графітізована тканина). Володіючи високою питомою електропровідністю, вони знижують порогові значення терапевтичних струмів, що забезпечує м'якість лікувальних

ефектів і хорошу переносимість впливу.

Апарат "Елфор-проф" комплектується набором спеціальних електродів для проведення лабільної методики гальванізації:

А) циліндровим-індиферентним електродом, який тримається в руці за металеву поверхню, для досягнення максимального контакту обертається вологою тканиною в декілька шарів (флізелін, фланель, марля);

Б) сферичним електродом, який складається з робочої металеві поверхні сферичної форми і пластикової ручки;

В) конічним електродом для процедур на обличчі і шиї, робочою поверхнею електрода є торець металевого конуса для роботи по точкам, а також бічна поверхня конуса для обробки масажних зон.

Фіксацію електродів при гальванізації здійснюють за допомогою бинтів, мішечків з піском і вагою тіла хворого. Застосовують бинти з гуми або синтетичних полімерів. При використанні марлевих бинтів, щоб уникнути змочування і поширення струму по ним, необхідно електрод і прокладку повністю укрити клейонкою великої площі, поверх якої потім накласти бинт. Електроди на тілі або на деяких ділянках кінцівок фіксують вагою тіла самого хворого.

Перед процедурою необхідно ознайомити пацієнта з характером відчуттів, що виникають при проведенні процедури (рівномірне поколювання або печіння в місці накладення електродів). Забруднену і сальну шкіру перед процедурою слід обмити теплою водою з милом або очистити і знежирити ватою, змоченою спиртом. В результаті багаторазових процедур шкіра грубіє, лущиться, втрачає еластичність, тому її доцільно змащувати після впливу гліцерином, розведеним в 2 рази кип'яченою водою.

Перед процедурою прокладки необхідно змочити теплою водою, віджати, помістити на відповідні ділянки шкіри, укласти на них пластини і фіксувати. Гідрофільні прокладки слід віджимати так, щоб зміщення на них пластин не приводило до розтікання рідини. Під металевий затиск електродного шнура доцільно підкласти шматок клейонки або гуми для запобігання опіку. Проводи не повинні звисати або натягатися. Під час процедури хворий найчастіше лежить на кушетці в зручній позі, накритий простиралом або легкою ковдрою. Можна приймати процедури в положенні сидячи. Після процедури рекомендується відпочинок протягом 20 – 30 хв.

Методика проведення процедури гальванізації може бути стабільною і лабільною. Залежно від способів накладення електродів розрізняють поперечну і подовжню методику гальванізації. При поперечній методиці електроди розташовуються один проти іншого на протилежних поверхнях тіла, забезпечуючи вплив на глибоко розташовані органи і тканини. При подовжній методики електроди лежать на одній поверхні тіла. В цьому випадку виявляється вплив на більш поверхневі тканини (шкіра, підшкірна клітковина).

При лабільній методиці один електрод фіксується на тілі пацієнта або тримається рукою, а інший переміщається по поверхні тіла. Відстань між електродними прокладками має бути не менше діаметра прокладки. При

різних методиках гальванізації вплив на організм може бути переважно місцевим, загальним або рефлекторно-сегментарним. При місцевому впливі електроди розташовують на осередку ураження або в місці його проекції. При загальному впливі постійний струм впливає на більшу частину тіла хворого. Виражені рефлекторні реакції виникають при розташуванні електродів і дії струму на певні рефлексогенні зони.

Дозування процедури гальванізації здійснюється по силі струму і тривалості впливу. Сила струму вказується в міліампер (мА) і визначається по фізіологічній щільності струму, помноженої на площу прокладки – щільність струму; S – площа прокладки. Наприклад: $0,03 \cdot 100 \text{ см}^2 = 3 \text{ мА}$. Щільність струму - кількість електрики, що припадає на 1 см^2 прокладки.

Щільність струму - кількість електрики, що припадає на 1 см^2 прокладки. щільність струму визначена експериментально і становить для дорослих $0,050, 2 \text{ мА} / \text{см}^2$, для дітей - $0,02 - 0,07 \text{ мА} / \text{см}^2$.

При використанні електродів великої площі ($500 - 600 \text{ см}^2$ і більше) а також при дії на рефлексогенні зони фізіологічна щільність струму зменшується до $0,04 - 0,01 \text{ мА} / \text{см}^2$. При різній площі електродів силу струму визначають за площею меншою прокладки. При використанні 3-х або 4-х електродів вважають суму площ 2-х прокладок, розташованих під двома пластинами, з'єднаними з одним полюсом струму.

При дозуванні гальванізації необхідно враховувати відчуття пацієнта. При наявності болю або сильного печіння під електродом слід зменшити силу струму. При їх появі на обмеженій ділянці шкіри необхідно перервати процедуру. Різні ділянки тіла мають різну чутливість до дії постійного струму, тому дозування його може мати деякі особливості: на голову, обличчя і шию рекомендується призначати меншу щільність струму, на тіло і кінцівки – відносно велику.

Тривалість процедури буває різною – від 6 до 20 хв. При рефлекторно-сегментарних методиках тривалість впливу може бути меншою (від 6 до 16 хв), при деяких місцевих процедурах – триваліше (до 30 – 40 хв). Курс лікування, як правило, складається з 10 – 20 процедур, що проводяться щодня або через день.

Показання до гальванізації нейровегетативна дистонія. Гіпертонічна хвороба. Гіпотонічна хвороба. Захворювання органів травлення, що протікають з порушенням моторної і секреторної функції (хронічний гастрит, холецистит, коліт, діскінезії жовчовивідних шляхів). Травми і захворювання периферичної нервової системи і органів опори, і руху.

Захворювання шкіри.

Гострі інфекційні захворювання і гарячковий стан неясної етіології. Декомпенсація серцево-судинних та інших важких соматичних захворювань. Злоякісні новоутворення. Наявність імплантованого кардіостимулятора. Індивідуальна непереносимість фактору. Системні захворювання крові. Кровотечі і схильність до кровотеч. Розлад чутливості шкіри.

Лікарський електрофорез (іонофорез, іонофорез) являє собою метод поєднаного впливу на організм постійного електричного струму і лікарської

речовини, що вводиться з його допомогою.

Значна роль в механізмі дії лікарського електрофорезу відводиться електричному струму, як активному біологічному подразнику. При цьому 90 – 92% лікарської речовини вводиться внаслідок електрогенного руху, 1 – 3 % за рахунок електроосмосу, 5 – 8% в результаті дифузії.

Лікувальний електрофорез – лікувальний метод, що поєднує дію на організм постійного струму і вводиться з його допомогою лікарські речовини. Основними шляхами проникнення ліків в тканини є вивідні протоки потових і сальних залоз, в меншій мірі – міжклітинні простори. Доза лікарського речовини, що проникає в організм за допомогою електрофорезу, складає 5 – 10% від використовуваного при проведенні процедури.

При електрофорезі лікарські засоби проникають на невелику глибину і в основному накопичуються в епідермісі і дермі, утворюючи так зване шкірне депо іонів, де можуть перебувати від 1 – 2 до 15 – 20 діб. Потім лікарська речовина поступово дифундує в лімфатичні і кровеносні судини і розноситься по всьому організму. Освіта шкірного депо обумовлює тривалу дію ліків.

Депонування ліків в шкірі при електрофорезі сприяє тривалому перебуванню їх в організмі, повільного виведенню їх з сечею і пролонгованим дії. Як правило, відсутні побічні реакції, властиві лікарських речовин при введенні їх іншими способами, тому що в організм надходять їх малі дози. Крім того, баластна частина ліків і розчинів, часто викликають побічні ефекти, не вводяться, залишаючись на прокладці.

Методом електрофорезу в організм найчастіше вводять ліки – електроліти, диссоціюючих в розчинах на іони – частинки, що несуть електричний заряд. Позитивно заряджені іони «+» вводять з позитивного полюса (анода), негативно заряджені «-» з негативного полюса (катода). Ідеальним розчинником для таких речовин є дистильована вода.

Доведено можливість електрофорезу до складних органічних сполучень. У спеціально виготовлених, так званих буферних розчинах, нейтральні молекули цих ліків адсорбують на своїй поверхні іони розчинника (H + або OH), набуваючи в кислому середовищі позитивний електричний заряд, а лужної - негативний. Деякі речовини (амінокислоти, білки) є амфотерними поліелектролітами і можуть вводитися з обох полюсів. Однак з анода вони надходять в організм у великих кількостях.

Склад ацетатного (кислого) буферного розчину представлений ацетатом (або цитратом) натрію 11,4 г, крижаною оцтовою кислотою 0,91 мл, дистильованою водою 1000 мл. Ацетатний буферний розчин використовується в основному для введення лідази. Для електрофорезу трипсину і хімотрипсину використовують боратний буфер з рН = 8,0 – 9,0 (лужне середовище), який вводять з негативного полюса. Його склад: борна кислота 6,2 г, калію хлориду 7,4 г, натрію (або калію) гідроксиду 3 г, дистильованої води 500 мл. Хімотрипсин в дозі 10 мг - розчиняють в 15 – 20 мл боратного буфера.

При поганій розчинності ліки в воді в якості розчинника застосовують

дімексид (діметилсульфоксид – ДМСО) або етиловий спирт. При цьому через шкіру в організмі проникає не тільки ліки, а й розчинник за рахунок процесів осмосу і електроосмосу. Ці явища незначні для води, але помітно посилюються при використанні спирту і, особливо, ДМСО, що слід враховувати в лікувальній практиці. Замість буферних розчинів можна застосовувати дистильовану воду, підкислену 5 – 10% розчином соляної кислоти до рН = 5,2 або підлужнену 5 – 10% розчином їдкого луку до рН = 8,0.

Після процедури електрофорезу необхідно ретельно промивати прокладки проточною водою (8 – 10 л на одну прокладку) для вимивання з них лікарських речовин, і стерилізувати їх кип'ятінням. Промивати і кип'ятити прокладки, змочені різними лікарськими речовинами, слід окремо, щоб уникнути забруднення їх «паразитарними» іонами. Процедура лікарського електрофорезу дозується по силі струму, яку призначають відповідно фізіологічної щільності, як при гальванізації. В середньому від 0,01 до 0,1 – 0,2 мА / см² площі гидрофильной прокладки. Тривалість процедури від 10 до 2030 хв. Курс лікування складається з 10 – 20 процедур, що проводяться щодня або через день.

Для зниження опору електричному струму і поліпшення форетичності препарату перед процедурою електрофорезу можна призначити теплове (інфрачервоне) випромінювання від апарату «Спектр – ЛЦ» або від лампи Солюкс, а також міостимуляцію імпульсними струмами.

Для зниження опору електричному струму і поліпшення форетичності препарату перед процедурою електрофорезу можна призначити теплове (інфрачервоне) випромінювання від апарату «Спектр – ЛЦ» або від лампи Солюкс, а також міостимуляцію імпульсними струмами.

Показання. Церебральний атеросклероз; Минуще порушення мозкового кровообігу; залишкові явища і наслідки ішемічних і геморагічних інсультів; стан після вилучень судинних аневризм; Церебральні арахноїдити; Наслідки черепно - мозкових травм; Наслідки кліщових менінгоенцефалітів; Інфекційно – алергічні та травматичні неврити; Невралгії трійчастого, язикоглоткового, потиличних нервів; травми і захворювання спинного мозку; Шийний і поперековий остеохондроз; Вібраційна хвороба; хвороба Рейно.

Таким чином, до переваг методу лікарського електрофорезу відносять: створення шкірного депо, в якому лікарські речовини виявляються від 1 до 3 днів і більше; вплив безпосередньо на патологічний осередок; значне уражень фізіологічних реакцій; безболісне введення лікарських речовин. Недоліками методу є: не всі препарати можуть бути використані для введення методом електрофорезу, тому що не відома їх полярність і електрофоретичність; немає можливості створити велику концентрацію лікарської речовини; неможливо визначити точну концентрацію лікарської речовини в організмі.

Мікроструми. У 1977 р Н. А. Гавриков запропонував електрофорез лікарських речовин струмом малої сили. З огляду на велику тривалість процедури – до 12 – 24 годин, метод отримав назву пролонгованого електрофорезу. В даний час вплив постійним струмом малої сили (300 – 400 мкА) – «мікрополяризації» – знайшло застосування в педіатрії, неврології.

Методики лікарського електрофорезу. Внутрішньотканинний електрофорез; Пролонгований електрофорез; Лабільний електрофорез; мікроелектрофорез; Електрофорез імпульсними струмами; Фотофорез.

Основні технічні характеристики. Напряга живильної мережі змінного струму, В 220 ± 2 . Частота мережі змінного струму, Гц 50. Потужність, Вт, не більше 25. Діапазони частот Баїт, Гц: I - 10 - 50 II - 50 - 100 III - 80 -150 IV - 150 -500. Діапазони амплітуд Баїт: для каналів з першого по восьмий, мА 0 – 120 для дев'ятого каналу: I, мкА 0 - 600 II, мА 0 – 15. Габаритні розміри корпусу, мм не більше $300 \times 305 \times 120$. Маса апарату, не більше 3 кг. Схема електрична принципова ПОТІК-1 приведена на рис. 3.5.

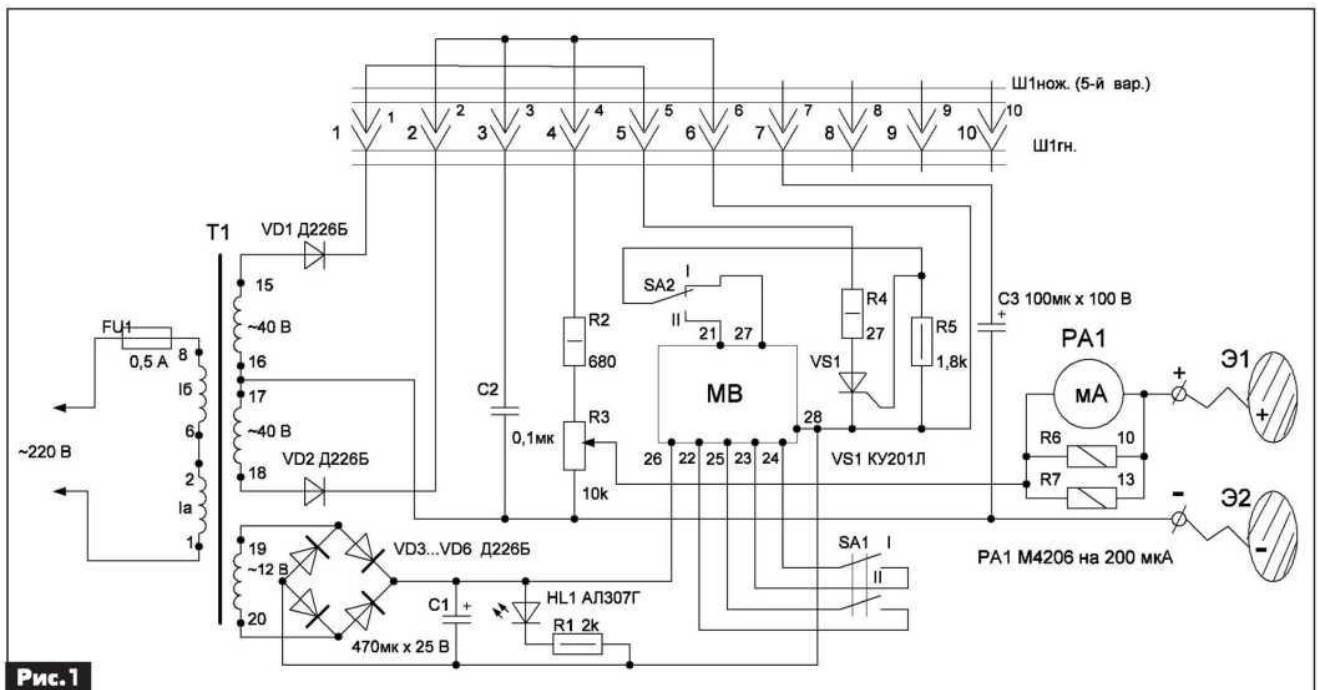


Рис. 1

Рисунок 3.5 – Схема електрична принципова ПОТІК-1

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Policy statement. Description of physical therapy (англ.). World Confederation for Physical Therapy (WCPT). – [Пер. назв.: Формулировка направления: Описание физической терапии – Всемирная конфедерация физической терапии]. Архивировано 2 июля 2018 года.
2. Пономаренко, Г. Н. Физиотерапия : Национальное руководство. – К.: ГЕОТАР-Медиа, 2009. – 854 с.
3. Magnetic Therapy: (недоступная ссылка): [англ.]: [арх. 12 ноября 2012] // American cancer society: [сайт]. – 2008. – January. – [Пер. назв.: Магнитная терапия.].
4. Дубынин, В. А. Мозг, боль, анальгетики на YouTube – Лекция прочитана 21 июня 2019 года в московском Культурно-просветительском центре «Архэ».
5. Deyle, Gail D. Effectiveness of Manual Physical Therapy and Exercise in Osteoarthritis of the Knee: A Randomized, Controlled Trial [англ.] / Gail D. Deyle, Nancy E. Henderson, Robert L. Matekel ... [et al.] // Annals of internal medicine: J. – 2000. — Vol. 132, no. 3 (February). – P. 173 – 181. – [Пер. назв.: Эффективность мануальной физической терапии и упражнений при остеоартрите колена: рандомизированное, контролируемое испытание].
6. Meals, Roy A. Phonophoresis Versus Placebo for Carpal Tunnel Syndrome: [англ.] // The clinical journal of pain. – 2013. – Vol. 29, no. 10 (October). – P. 924. – [Письмо хирурга-ортопеда из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе в редакцию журнала «Клинический журнал боли» с критикой предположительного механизма действия электро и фонофореза. Пер. назв.: Фонофорез против плацебо в лечении синдрома запястного канала].
7. Barrett, Stephen. A Skeptical Look at Low Level Laser Therapy: [англ.]: [арх. 8 ноября 2016] // Device Watch: [сайт]. – 2018. – April. – [Пер. назв.: Скептический взгляд на терапию лазером низкой энергии].
8. Myint Swe Khine. Advances in Nature of Science Research : Concepts and Methodologies: [англ.]. – Бахрейн: Springer Science, 2012. – P. 103, 105. – 267 p. – [Пер. назв.: Прогресс в основных свойствах научных исследований: Понятия и методы].
9. Панчин, Александр. Акупунктура: лечит или калечит?: [арх. 2 апреля 2019] // Популярная механика: журн. – 2016. – Июль. – Онлайн-версия статьи, оригинал: Панчин, А. Ю. Прикольная медицина. – Популярная механика – №4 (150) – 2015 (апрель).
10. Bourzac, Katherine. Neurostimulation: Bright sparks: [англ.] // Nature: J. – 2016. – Vol. 531, no. 7592 (March). – P. 6 – 8. – [Пер. назв.: Нейростимуляция: яркие искры].
11. Змінний струм. http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book_212/9599.html.

12. Тема II. Імпульсний електричний струм низької частоти, постійного та змінного напрямку. <https://lektsii.com/1-48469.html>
13. Курс фізики. Електрика і магнетизм: навчальний посібник / М. К. Нечволод, М. М. Голоденко, А. Ф. Прун. – К.: Вид. центр "Просвіта", 2001. – 139 с.
14. Медична енциклопедія. http://medical-enc.com.ua/impulse_tok.htm
15. Tucker D. G. The Early History of Amplitude Modulation, Sidebands and Frequency-Division-Multiplex // Radio and Electronic Engineer. 1971. Vol. 41. – № 1. P. 43 – 47.
16. Овчарук А. А., Барась С. Т., Овчарук Т. І. Квадратурна амплітудна модуляція зі змінним значенням частоти-носія // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. № 4/9. С. 47 – 51.
17. Модуляція та демодуляція сигналів. Амплітудна модуляція складених сигналів. <https://studfile.net/preview/5213919/>
18. Методические рекомендации по лечебному применению аппаратов Амплипульс. http://www.profmt.ru/statyi/view/fizioter/metodicheskie_amplipuls/
19. О возможности диагностики заболеваний у животных путем измерения собственного электромагнитного излучения тканей (радиотермометрия) / Косулина Н. Г., Чакина Н. А. // Проблемы біоніки. – Збірник наукових праць. Випуск 51. – Харків: ХДТУР. –1999. – С. 80 – 83.
20. Радиотермометрія в діагностиці стану сільськогосподарських тварин / Черенков А. Д., Балан Г. П., Косуліна Н. Г. // Питання електрифікації сільського господарства. Збірник наукових праць. – Харків: ХДТУСГ. – 1999. – С. 80 – 82.
21. Аналіз методів дослідження взаємодії електромагнітного поля (ЕМП) з біологічними об'єктами / Косуліна Н. Г. // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХДТУСГ, 2003. – Вип. 19, Т. 1. – С. 202 – 212.
22. Використання мікрохвильових технологій у сільському господарстві / Косуліна Н. Г. // Праці. Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – Вип. 15. – С. 141 – 148.
23. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / Черенков А. Д., Косулина Н. Г. // Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. Харківська національна академія міського господарства. – 2005. – №5. – С. 77 – 80.
24. Низкоэнергетические электромагнитные технологии в растениеводстве / Косуліна Н. Г., Черенков А. Д. // Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. Харківська національна академія міського господарства. – 2008. – № 4(16). – С. 80 –85.
25. Биологический анализ воздействия информационного электромагнитного поля на биологические объекты / Косуліна Н. Г. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства

ім. Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – Вип. 141. – С. 86 – 87.

26. Analysis of processes of image formation of bio-objects based on gas discharge visualization. Natalia Kosulina, Maksym Sorokin, Yuri Handola, Stanislav Kosulin, Kostiantyn Korshunov, Mariia Chorna, Vitaly Sukhin / SSRG-International Journal of Electrical and Electronics Engineering (SSRG)-IJEEE", Volume 11 Issue 4, 2024 by SSRG - IJEEE Journal, Year of Publication: 2024. <https://www.internationaljournalssrg.org/IJEEE/paper-details?Id=687>. DOI: [10.14445/23488379/IJEEE-V11I4P112](https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEE-V11I4P112)

27. Analysis of characteristics of semi-disc leucosapphire resonator with electronic frequency tuning / *Аналіз характеристик напівдискового лейкосапфірового резонатора з електронним регулюванням частоти.* Kosulina, N.G., Chorna, M.O., Boroday, I.I., ..Avrunin, O.G., Semenets, V.V. *Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika)*, 2022, 81(6), pp. 1–14. Volume 81, Issue 6, 2022, pp. 1-14

DOI:10.1615/TelecomRadEng.2022037910

28. Kosulina, N., Sorokin, M., Handola, Y., Kosulin, S., & Korshunov, K. (2023). Forming an elliptical directional diagram of the sectoral horn antenna for flow irradiation of sugar beet seeds by electromagnetic field / *Формування еліптичної діаграми спрямованості секторіальної рупорної антени для потокового опромінення електромагнітним полем насіння цукрового буряка.* *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(5 (121), 26–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273972>

29. Natalia Kosulina, Stanislav Kosulin, Kostiantyn Korshunov, Mykola Lysychenko, Maksym Sorokin, Yuri Handola, Huzenko Vitalii. Substantiation of Requirements to the Gas Discharge Visualization-Based Technical System for Studying Bio-objects / *Обоснование требований к технической системе для исследования биообъектов на основе газоразрядной визуализации, «SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering»*, vol. 10, no. 2, pp. 132-142, 2023. Crossref, <https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEE-V10I2P113>

30. Cell conductivity as a probability process of membrane electroporation. Проводимость клетки как вероятностный процесс электропорации мембраны / Shigimaga V. A., Kosulina N. G., Chorna M. A., Borodai I. I. *International periodic scientific journal MODERN SCIENTIFIC RESEARCHES*. No 16 (1). – P.71 – 84. DOI: 10.30889/2523-4692.2021-16-01-022. <https://www.modscires.pro/index.php/msr/issue/archive>

31. Automatic control and correction systems rations for animal feeding. The scientific heritage. (Budapest, Hungary) / Shigimaga V., Faizullin R., Kosulina N., Sukhin V., Korshunov K. The journal is registered and published in Hungary. VOL 1, No 78 (78) (2021). – P. 45 – 51. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-78-1-45-50

32. Prospective aspects in the robotization development of animal husbandry processes / V. A. Shigimaga, N. G. Kosulina, M. O. Chorna, I. I. Borodaj // *Engineering of nature management*. – 2021. – N4(22). – p. 77 – 81. DOI: 10.37700/enm.2021.4(22).77

33. Расчет специализированной антенны для проведения биологических исследований / Н. Г. Косуліна, К. С. Коршунов // Інженерія природокористування, 2021, №4(22). – С. 99 – 103 DOI:0.37700/enm.2021.4(22).99

34. Аналіз електродинамічної моделі біологічно активної точки шкіряного покриву тварин / В. В. Гузенко, В. В. Семенець, Т. В. Носова, М. Л. Лисиченко, Н. Г. Косуліна / Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн.зб. 2020. Вип. 201. С. 215 – 219.

35. Моделювання електронних імпульсних рефлектометрів на основі характеристик нелінійних функціоналів / В. В. Семенець, О. Г. Аврунін, О. Д. Черенков, Н. Г. Косуліна / Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн.зб. 2020. Вип. 201. С. 179 – 185.

36. Open system for measuring the chemiluminescence of crop seeds
[Aleksandr D. Cherenkov](#), [Natalia G. Kosulina](#), [Yaroslav I. Yaroslavskyy](#), [Nataliia V. Titova](#), [Zbigniew Omiotek](#), [Gauhar Borankulova](#), [Aigul Tungatarova](#). [Author Affiliations +Proceedings Volume 11581, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020; 115810A \(2020\) https://doi.org/10.1117/12.2580182](#)
 Event: Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020, 2020, Wilga, Poland.
<https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/11581/115810A/Open-system-for-measuring-the-chemiluminescence-of-crop-seeds/10.1117/12.2580182.short> (СКОПУС)

37. Analysis of the influence of the internal noise of the frequency conversion system on the accuracy of measuring the dielectric permittivity of plant gas exchange / Kosulina N., Pirotti Y., Cherenkov A., Chorna M., Korshunov K. The scientific heritage (Budapest, Hungary), №51. – Vol 1. – 2020. – P. 58 – 63. венгрия

38. Justification of the parameters of the dielcometric system of plant gas exchange control. Kosulina N., Pirotti Y., Cherenkov A., Chorna M., Sapryka A. Osterreichisches Multiscience journal (Innsbruck, Austria). Vol 1, No 32(2020) – P. 61 – 66. Австрия

39. Kryvonosov V., Buhlal N., Boryakin A., Shaiko-Shaikovsky O., Kryvonosov V., Kosulin N. / Information system of non-invasional control and diagnosis of bone fracture in ankle osteosynthesis, №27 2021, International independent scientific journal VOL. 34

30. Cell Conductivity in Pulsed Electric Field as a Probabilistic Process of Membrane Electroporation / V. A. Shigimaga N. G. Kosulina M. A. Chorna S. V. Kosulin / New Frontiers in Physical Science Research Vol. 1, 1 September 2022, Page 72 – 91. <https://doi.org/10.9734/bpi/nfpsr/v1/3616A>, Published: 2022-09-01
<https://stm.bookpi.org/NFPSR-V1/article/view/8122>

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитися з явищем впливу постійного струму на біологічний об'єкт.
2. Ознайомитися з зовнішнім виглядом апаратів ДЛІА гальванізації та електрофорезу та принципом їх роботи.
3. Ознайомитися з конструкцією та роботою апаратів ДЛІА гальванізації та електрофорезу.
4. Зробити порівняльну характеристику розглянутих апаратів та сучасних апаратів .
5. Зробити висновок по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Метод лікування постійним струмом: гальванізації, лікарського електрофорезу (іонофореза), електродрегінга, мікрострумової терапії, електроепіляції.
2. Характеристика постійного струму. Основні величини та формули, які описують дію постійного струму.
2. Апарат АГН. Технічна характеристика. Принцип роботи. Схема.
4. Апарат для гальванізації. Технічна характеристика. Принцип роботи. Схема.
5. Опишіть структурну електричну схему для гальванізації.
6. Сучасні прилади.

СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ БІООБ'ЄКТІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ на тему:

«ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ГАЛЬВАНІЗАЦІЇ ТА АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ»

для студентів першого рівня вищої освіти «бакалавр»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної
форми навчання

Укладачі Косуліна Н. Г., Шигимага В. О., Чорна М. О., Сухін В. В., Ляшенко
Г. А., Коршунов К. С.

План 2024 р.

Підп. до друку 02.11.2024 р. Формат 60×84^{1/16}. Папір офсет.

Друк. цифровий. Гарнитура Bookman Old Style. Ум. друк. лист. 2,3.

Наклад 50 прим. Зам. № 11/02/2024.