



**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 НВЧ, КВЧ, дециметрової та сантиметрової
терапії та аналіз впливу ЕМП радіочастотного діапазону 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
Протокол №2 від 31 вересня 2023 р.

Системи біомедичної реабілітації біооб'єктів: Методичні вказівки до виконання практичної роботи на тему: «**Використання апаратів для НВЧ, КВЧ, дециметрової та сантиметрової терапії та аналіз впливу ЕМП радіочастотного діапазону 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. – 59 с.

Методичні вказівки підготовлено згідно з навчальною програмою дисципліни «Системи біомедичної реабілітації біооб'єктів». Систематизовано матеріал для практичної роботи. Приведені загальні відомості щодо електромагнітного поля та електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону. Представлено метод надвисокочастотної терапії, електрична частина апарату СМВ-20-4 ЛУЧ-4. Надано завдання та контрольні запитання з практичної роботи.

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

© уклад. 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. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПОЛЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ.....	12
1.1. Джерела електромагнітних полів радіочастот, класифікація електромагнітних випромінювань за частотним спектром.....	12
1.2. Плоска електромагнітна хвиля. Розрахунок.....	16
1.3. Поширення електромагнітної хвилі у провідному середовищі.....	19
РОЗДІЛ 2. НАДВИСОКОЧАСТОТНА ТЕРАПІЯ.....	22
2.1. Загальні поняття дециметрової, сантиметрової, надвисокочастотної терапії. Фізичні основи.....	22
2.2. Надвисокочастотна терапія (показання, протипоказання, дозування, методика і техніка проведення процедури).....	27
РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА. ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТУ СМВ-20-4 ЛУЧ-4.....	43
3.1. Принцип роботи апарату СМВ-20-4 ЛУЧ-4.....	43
3.2. Поточний ремонт апарату СМВ-20-4 ЛУЧ-4.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	57
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	58

ВСТУП

Використання електромагнітних хвиль у лікуванні хворих.
Мікрохвильова терапія. Хвороба, або Захворювання – патологічний процес, який проявляється порушеннями морфології (анатомічної, гістологічної будови), обміну речовин чи/та функціонуванням організму (його частин) у людини/тварини.

Терапія (синонім: лікування) – процес, бажаною (але не завжди досяжною) метою якого є полегшення, зняття чи усунення симптомів і проявів того чи іншого захворювання, патологічного стану чи іншого порушення життєдіяльності, нормалізація порушених процесів життєдіяльності і одужання, відновлення здоров'я.

Електромагнітне поле – це особливий стан матерії, що викликається динамічними і статичними електричними зарядами і є сумою електричних і магнітних полів. За допомогою цього стану здійснюється взаємодія між зарядженими частинками як в неживих, так і живих об'єктах. Воно характеризується напруженістю або індукцією електричних і магнітних полів. Природними їх джерелами є електричне і магнітне поле Землі, а також випромінювання космічних джерел – Сонця, зірок, галактик і т.п. До штучних відносяться численні побутові та промислові радіо і електроприлади, а також електрокомунікації.

Серед великого спектру електромагнітних коливань (хвиль) найпоширенішим по довжині і частоті є радіочастотні (неіонізуючі). Шкала електромагнітних хвиль умовно розділена на шість діапазонів: радіохвилі (довгі, середні, короткі), інфрачервоні, видимі, ультрафіолетові хвилі, рентгенівське і гаммавипромінювання. Ця класифікація заснована на механізмах утворення хвиль, а у випадках сприйняття їх органами почуттів – на наявності зорового або слухового сприйняття їх людиною. Радіохвилі обумовлені змінними струмами в провідниках і електронними потоками (макроевипромінювачів).

Інфрачервоні, видимі і ультрафіолетові хвилі виходять з атомів, молекул і швидких заряджених частинок (мікроевипромінювачів). Рентгенівське випромінювання виникає при внутриатомних процесах, гамма-випромінювання має ядерне походження. Електронними генераторами називають пристрої, які перетворюють енергію джерел постійної напруги в енергію електромагнітних коливань. Велика група медичних апаратів конструктивно є генераторами різноманітних електромагнітних коливань. Людський організм є джерелом, а також «сенсором» цілого спектру електромагнітних випромінювань.

Біологічні об'єкти – це відкриті термодинамічні системи. Вони обмінюються з навколишнім середовищем енергією і речовиною. Ця властивість використовується для оцінки їх стану та впливу факторами,

подібними з ними за своїми фізичними характеристиками. Електромагнітні поля біологічно активні – живі істоти реагують на їх дію.

Численні експериментальні дані свідчать про високу біологічну активність електромагнітних полів практично всіх ділянок спектра радіочастот. Сприйняття електромагнітних впливів можливо, на думку Ю. П. Ліманського (1990), через точки акупунктури, які представляють собою полімодальні рецептори, здатні адекватно сприймати і передавати в мозок сигнали про зміни електромагнітних полів Землі і метеофакторів. Автором виділена система «екоцептивної чутливості».

Вона має аферентний вхід, через який організм постійно контролює якісні та кількісні показники чинників зовнішнього середовища (в т.ч. електромагнітних), які у випадку значних їх відхилень можуть змінювати діяльність життєво важливих функціональних систем організму. Ця інформація інтегрується в мозку з аналогічною інформацією, отриманою через систему вісцеросенсорної чутливості від внутрішніх органів, і використовується мозком для запуску адаптивних механізмів, спрямованих на ослаблення або повну компенсацію негативних змін у функціональних системах організму.

Мікрохвильова терапія. НВЧ терапія – метод лікування, заснований на використанні енергії мікрохвиль (електромагнітного поля надвисокої частоти). Мікрохвилі (мікрорадіохвилі, ВВЧ-коливання) мають довжину від 1м до 1мм, частоту коливань відповідно від 300 до 300000 МГц. У спектрі електромагнітних радіохвиль вони займають проміжне місце між хвилями ультрависокої частоти та інфрачервоними променями. Цим обумовлені фізичні властивості мікрохвиль, характерні як для радіохвиль ультрависокої частоти (здатність проникати в біологічні тканини), так і для інфрачервоних променів (відображення, заломлення, поглинання біологічними тканинами). У лікувальній практиці використовують мікрохвилі дециметрового (0,1 – 1 м) і сантиметрового (1 – 10 см) діапазонів і відповідно до цього розрізняють 2 види НВЧ-терапії, дециметрова (ДМХ-терапія) і сантиметрова (СМХ-терапія). Механізм дії мікрохвиль на організм складається з двох процесів: первинного (безпосереднього впливу мікрохвилі на тканини організму) і вторинного – що виникають у відповідь на нього нейрорефлекторних і нейрогуморальних реакцій цілісного організму.

Первинний вплив проявляється в зоні локального впливу і складається з теплового та нетеплового компонентів. Тепловий компонент проявляється нагріванням тканин за рахунок ендогенного тепла, що утворився в результаті тертя, що виникає при рухах вільних йонів електролітів тканин і коливань дипольних молекул навколо своєї осі в процесі орієнтування їх по напрямку силових ліній електромагнітного поля, а також за рахунок виділення тепла молекулами води при поглинанні ними енергії мікрохвиль.

Частота коливань поля молекул води збігається з частотою НВЧ-коливань, тому найбільше сприйняття тепла відбувається в тканинах, що містять значну кількість води, – в крові, лімфі, м'язах, тканинах паренхіматозних органах. Нетепловий (екстратермічний, осціляторний)

компонент механізму дії мікрохвиль полягають в різних внутрішньо фізико-хімічних та електрохімічних змінах і в структурних перебудовах, що виникають під впливом енергії мікрохвиль в складних біологічних системах (зміна осмотичного тиску, поверхневої напруги, проникності клітинних мембран, колоїдного стану цитоплазми і міжклітинної рідини, орієнтування елементів крові і поляризованих гілок білкових макромолекул в напрямі силових ліній електромагнітного поля, резонансне поглинання енергії коливань окремими макромолекулами, амінокислотами та ін.).

Ці зміни за адекватного дозування НВЧ-терапії випромінюють функціональний стан клітин, тканин і органів. Співвідношення теплового та нетеплового компонентів в дії мікрохвиль визначається дозуванням впливу – при малій потужності переважає нетепловий, а при великій потужності – теплової компонент.

Для сантиметрових хвиль характерне більше (до 60%) відбиття від поверхні тіла і менш глибоке (в середньому на 5 – 6 см) проникнення в тканини. Крім того, ці хвилі нерівномірно поглинаються різними верствами тканин, що може призводити до неадекватного дозування та до перегріву деяких ділянок.

Дециметрові хвилі більш рівномірно і глибоко (у середньому на 8 – 9 см) проникають в тканини, внаслідок цього ДМХ-терапія застосовується в лікувальній практиці більш широко. Вторинна ланка механізму лікувальної дії мікрохвилі складається з безпосереднього впливу поглиненої енергії на рецептори тканин, виникнення початкового рефлексу з хемо-, баро-, термо-, рецепторів у зоні опромінення. Ці імпульси через нервові стовбури надходять в ЦНС, що забезпечує відповідну реакцію «виконавчих» органів.

При впливі мікрохвилі утворюються біологічно активні речовини, що викликають роздратування рецепторів поза зоною впливу (гуморальний компонент) і обумовлюють загальну фізіологічну дію через центральні регулюючі механізми. У лікувальних дозах мікрохвилі мають протизапальну, бактеріостатичну, болезаспокійливу, спазматичну дію. НВЧ-терапія чинить регулюючий, стимулюючий вплив на нервову, ендокринну систему, обмін речовин. Під дією мікрохвиль відзначається нормалізація тону магістральних і периферичних судин, активізація процесів мікроциркуляції (прискорення течії крові в капілярах, їх розширення), підвищення оксигенації крові, регуляція судинної проникності, поліпшення окисно-відновних процесів і трофіки тканин.

ДМХ-терапія, активуючи адаптаційно-трофічні системи, сприяє поліпшенню глюкокортикоїдної функції надниркових залоз і придушення алергічних реакцій, нормалізації трофіки синовіальної оболонки.

СМХ-терапія сприяє поліпшенню провідності периферійних нервів, нормалізації лабільності нервово-м'язового апарату, зменшенню атрофії м'язів, надає знеболюючу дію.

Дециметрова терапія (ДМХ-терапія) – метод, при якому з лікувальними цілями застосовують дециметрові хвилі довжиною 69,65 і 33 см (частота електромагнітного поля 433,460 і 915 МГц відповідно). У нашій країні

апаратура працює на частоті 460 МГц, в Західній Європі – 433 МГц, у США – 915 МГц. Дія мікрохвиль на організм має ряд особливостей, залежить від їх фізичних властивостей. Мікрохвилі, як і світло, можна сконцентрувати у досить вузький пучок, що дозволяє їх локалізувати на певній ділянці тіла.

При ДМХ – вплив відображення відбувається в основному від шкіри. Водночас товщина шкіри та підшкірної жирової клітковини істотно не впливає на відображення. У результаті створюються умови для більш рівномірного пошарового поглинання енергії ЕМП дециметрового діапазону хвиль.

Останнє пов'язано з тим, що при впливах ДМХ відсутні, як правило, умови, за яких можуть виникнути стоячі хвилі, що обумовлюють перегрівання шкіри та підшкірної жирової клітковини, а також «гарячі точки», іноді спостерігаються при СМХ-терапії, що є суттєвою перевагою ДМХ-терапії. У середньому ДМХ проникає в тканини людини до 9 см.

Механізми поглинання енергії дециметрових хвиль складні і повністю не вивчені. Частина поглиненої енергії переходить у тепло (теплова дія), а частина у фізико-хімічні («осциляторні») ефекти. Первинні механізми взаємодії ДМХ з тканинами людини визначаються конформаційними процесами в білкових структурах клітини, у, зокрема, метахондріях, явищами поляризації на мембранах і зміною їх проникності, когерентним коливанням молекул, головним чином пов'язаної води, а також взаємодією власних зарядів електрично активних елементів клітини.

При дії ДМХ більша частина поглиненої енергії перетворюється в тепло. У живих тканинах підвищення температури йде і за рахунок активізації місцевих обмінних процесів. Локальний вплив ДМХ у дозах, близьких до ітерапевтичних, звичайно, не викликає підвищення температури тіла людини. Однак загальний інтенсивний вплив може викликати загальне підвищення температури тіла, аж до загибелі внаслідок перегріву. Температура в тканинах, багатих водою при дії ДМХ у дозах, близьких до лікувальних, може підніматися, на 4° при порівняно невеликому збільшенні температури у підшкірному жировому шарі.

При цьому підвищення температури в опромінюваних тканинах з перших хвилин впливу, досягаючи максимуму на 10 – 15 хвилині, а потім припиняється. Під впливом збільшення тепла в тканинах відбувається розширення судин, посилюється ліжечок, що веде до охолодження кров'ю тканин і зрівнювання теплопродукції і тепловіддачі.

Температура тканин знижується приблизно на 2°С від максимальної і стає стійкою протягом всієї процедури. Підшкірна жирова клітковина васкуляризована слабо і охолоджувальна дія крові в цій тканині проявляється незначно.

Тому слід уникати тривалих та інтенсивних впливів дециметрових хвиль, які можуть призвести до перегрівання підшкірної жирової тканини. Потрібно також брати до уваги, що зміни центральної та периферійної гемодинаміки порушують тепловіддачу і винесення тепла кров'ю. Мінімальною тривалістю дециметрового впливу до появи ефективного підвищення температури слід вважати тривалість процедури від 3 до 5 хвилин,

а максимальної – 30 хвилин. Фізіологічна та лікувальна дія. У відповідь на вплив БМХ у організмі розвиваються як загальні неспецифічні реакції, характерні для більшості фізичних факторів, так і певні специфічні процеси властиві тільки даному виду енергії. Виразність цих реакцій залежить від дози, локалізації впливу, особливостей функціонування органів і систем хворого, віку, вираженості патологічного процесу та інших причин.

У результаті утворення тепла і осциляторного ефекту в тканинах активізується місцевий метаболізм, мікроциркуляція, змінюється вміст біологічно активних речовин (лістамін, серотонін та ін.), рівень електричних процесів. Це веде до подразнення рецепторів і появи рефлекторної аферентної імпульсації.

При дії лікувальними дозами ДМХ, адекватними вихідному стану хворого, в організмі встановлюється новий більш високий рівень функціонування нейрогуморальних систем, що веде до активізації адаптаційних механізмів і підвищенню неспецифічної резистентності організму.

ДМХ-терапія посилює кровообіг, покращує мікроциркуляцію, метаболічні процеси в тканинах, органах, надає протизапальний, бронхолітичний, спазматичний ефекти, підвищує активність організму, має антиалергічну дію.

Показання до ДМХ терапії. ДМХ-терапія показана при остеохондрозі шийного, грудного та попереково-крижового відділів хребта з корінцевим синдромом; деформуючому остеоартрозі з синовітом і без нього; ревматоїдному артриті з активністю I, II і III ступеня; бронхіальній астмі переважно алергічної і інфекційно-алергічної форми, з легким та середнім перебігом; при гострій, затяжній і хронічній пневмонії; гіпертонічній хворобі не вище 2А стадії; реноваскулярній гіпертонії після реконструктивних операцій на ниркових артеріях (не раніше ніж через 2 тижні після операції); осередковому і трансмуральному інфаркті міокарда, починаючи з 25 – 28 дня захворювання без важких ускладнень у гострому періоді при недостатності кровообігу він вище 2А ступеня зі стенокардією напруги і без неї за відсутності прогностично несприятливих порушень ритму і провідності; ревматизм активністю не вище другого ступеня, у тому числі із сочетаним пороком мітрального клапана серця і комбінованим мітральному – аортальним пороком при недостатності кровообігу не вище першого ступеня і без порушення ритму; при атеросклерозі судин головного мозку, виразкової хвороби у фазі затухаючого загострення; гастродуоденіті; хронічному гастриті; хронічному аднекситі.

Противпоказаннями для призначення ДМХ-терапії служать гострі запальні процеси, захворювання крові, доброякісні та злоякісні пухлинні захворювання, вагітність, схильність до кровотеч, недостатність кровообігу вище 2 ступеня, стенокардія спокою, серцева астма, аневризма серця і судин, часті пароксизмальні порушення ритму, важкий перебіг хронічної ішемічної хвороби серця з частими приступами стенокардії, різке загострення всіх захворювань, виразкова хвороба зі стенозом ворота і підозрою на

пенетрацію, ригідний антральний гастрит, металеві включення в тканинах, епілепсія.

Сантиметровохвильова терапія.

Сантиметровохвильова терапія (СМХ-терапія) – метод, при якому з лікувальною метою застосовують електромагнітні хвилі довжиною 12,6 і 12,2 см (частота 2375 і 2450 МГц). Фізичні властивості СМХ визначають їх дії на організм людини. При СМХ частота ЕМВ близька частоті інфрачервоної області оптичного випромінювання, тому всі фізичні закони, яким підпорядковується світло, застосовуються до цього виду енергії в більшій мірі, ніж при всіх інших частотах ЕМВ. Взаємодія СМХ із середовищем супроводжується поглинанням, відбиттям, заломленням, дифракцією і інтерференцією. Особливістю СМХ є великий ступінь віддзеркалення (від 25 до 75%) залежно від товщини підшкірного жирового шару, відстані випромінювання від поверхні тіла. Інша особливість цього виду випромінювання полягає в можливості виникнення в живих тканинах «стоячих» хвиль через відображення електромагнітної хвилі і накладення її на падаючу хвилю. Внаслідок цього в області, що має максимум електромагнітної енергії, може утворитись велика кількість тепла і викликати перегрівання аж до опіку тканин. Подібні умови іноді виникають в підшкірному жировому шарі в результаті відбивання СМХ на кордоні жир-м'яз, останнє є одним з недоліків СМХ-терапії. Глибина проникнення СМХ в тканини становить 3 – 5см. Інтенсивність поглинання СМХ поверхневими шарами тканин людини веде до значного їх нагріву, більш сильному, ніж при ДМВ. Первинні механізми взаємодії з тканинами людини обумовлені «осциляторними» і тепловими компонентами дії.

Температура в тканинах підвищується на 5°C. Мінімальна тривалість впливу на одну область 2 – 3хв. Фізіологічна та лікувальна дію. Опромінення СМХ веде до виникнення рефлекторної і нейрогуморальної реакції. Під його впливом розширюються судини, збільшується кількість функціонуючих капілярів, посилюється крово – і лімфообіг, виявляється протизапальна розсмоктуюча дія, підвищується неспецифічне імунологічна активність організму. Дозиметрія. СМХ за вихідної потужності: слабо тепла, тепла та сильно тепла.

Показання для СМВ терапії. Гострі, підгострі та хронічні запальні захворювання придаткових пазух носа, середнього вуха, мигдаликів, органів дихання (бронхіт, гостра, затяжна і хронічна пневмонія); одонтогенні запалення верхньої та нижньої щелепи; підгострі та хронічні запальні, травматичні і дистрофічні захворювання органів опори і руху (міозит, епікондиліт, тендовагініт, міжхребцевий остеохондроз, деформуючий остеоартроз, бурсит, розтягнення, забої); підгострі і хронічні захворювання статевих органів (сальпингофорит, простатит, епідидиміт); післяопераційні інфільтрати, фурункули, гідраденіти, трофічні виразки; виразкова хвороба шлунка, 12 палої кишки у фазі затухаючого загострення; гастродуоденіти; хронічний гастрит; гепатит. Протипоказання. Злоякісні новоутворення, активний туберкульоз, вагітність, тиреотоксикоз, системні захворювання

крові, наявність у тканин металевих тіл, недостатність кровообігу вище другого ступеня, хронічна ішемічна хвороба серця, інфаркт серця і мозку, серцева астма, аневризма серця і судин, пароксизмальні порушення ритму серця, різке загострення всіх захворювань органів травлення, виразкова хвороба зі стенозом воротаря і підозрою на penetрацію, ригідний антральний гастрит, епілепсія.

ММХ-терапія. ММХ-терапія (міліметровохвильова терапія) – метод електролікування, заснований на використанні електромагнітних хвиль надвисокої частоти. Електромагнітні міліметрові хвилі (ЕМ ММХ) представляють собою хвилі, розповсюджуються у просторі, середовищах і тканинах ЕМП НВЧ від 30 до 300 МГц, що відповідає довжині хвилі 10 – 1 мм. У лікувальній практиці використовують нетеплові інтенсивності ЕМ ММХ, при яких підвищення температури тканин при локальних впливах не перевищує $0,1^{\circ}\text{C}$.

Енергія ЕМ ММХ поглинається молекулами вільної води, водних розчинів, білків, ліпідів, кисню, колагену, мембранами клітин, ДНК. Поглинання енергії ММХ шкірою в три рази більше, ніж СМВ та ДМВ. ЕМ ММХ проникають в тканини на глибину 0,2 – 0,6 мм, тобто діють на епідерміс, сосочковий і ретикулярний шари шкіри.

ЕМ ММХ впливають на колагенові волокна, розташовані в цих шарах шкіри і викликають виділення біологічно активних речовин, які стимулюють вихід гістаміну з тучних клітин, що призводить до зміни проникності клітинних мембран. Клітини, молекули, атоми і інші частинки, з яких складаються живі організми, мають свій спектр електромагнітних коливань у просторі, він співпадає з діапазоном ЕМ ММХ.

Ці коливання клітини використовують як сигнали для управління процесами обміну речовин, відновлення порушених функцій, підвищення стійкості організму до несприятливих дій навколишнього середовища. Перші повідомлення про лікувальне застосування ЕМ ММХ були опубліковані у 1980 р. Проводили лікування хворих, що страждають на маніакально-депресивний психоз. Впливали на область задньої поверхні плеча 20хв певною довжиною хвилі, через день, курс лікування 10 процедур.

Після 3 процедур покращилися: клінічна картина, показники ЕЕГ, ЕКГ, артеріального тиску. Для ВВЧ-терапії (вкрай високої частоти або ММХ-терапії) використовуються установки «ЯВ6-1» з довжиною хвиль 5,6мм і 7,1 мм (відповідно частоти 53534 Гц і 42194 Гц). Щільність потужності опромінення 10 мВт/см^2 . Харчування установки – від мережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 220 В. Потужність від мережі – не більше 25 Вт. Установка змонтована у блоці, який підвішується на штативі, штатив кріпиться до стола.

Це дозволяє орієнтувати рупор на будь-яку частину поверхні тіла хворого. На передній панелі блоку розташовані: кнопковий вмикач мережі, індикатор включення мережі, кнопковий вимикач модуляції, ручка підстроювання частоти, стрілочний індикатор налаштування частоти та індикації наявності необхідної величини вихідної потужності.

Запобіжні заходи. Забороняється дивитися безпосередньо в рупорний випромінювач установки під час її роботи. Методика застосування для лікування виразкової хвороби шлунка. Показання: ті ж що і методика, але у хворих з виразковою хворобою шлунка лікування проводити тільки після негативних гістологічних і цитологічних відповідей.

Протипоказання: вагітність. Використовують установку «ЯВ61» -5,6, що працює в режимі частотної модуляції. Хворому опромінюють нижній край грудни 30 хв щодня: курс 10 – 15 – 20 процедур. До лікування, через 10 сеансів і в подальшому через кожні 5 сеансів проводять ендоскопічне дослідження. Однак багато аспектів лікувальної дії ЕМ ММХ ще не розроблені і механізми реалізації терапевтичних ефектів не зрозумілі і вимагають подальшого вивчення.

Мікрохвильова резонансна терапія Сучасний безболісний, не медикаментозний метод лікування, спрямований на відновлення і нормалізацію біологічних процесів клітинних структур і функціональних систем організму. Він органічно поєднує в собі принципи давньосхідної медицини з новими досягненнями фундаментальної та біомедичної фізики. В основі методу лежить вплив електромагнітними хвилями певної інтенсивності та частоти на біологічно активні точки організму.

Як відомо, електромагнітні хвилі мм-діапазону розташовуються на кордоні з інфрачервоним діапазоном і майже 80% їх поглинається тканинами людини (решта відбиваються). У мм-діапазоні енергія кванта значно менше енергії теплового руху, електронних переходів, коливальної енергії молекул і енергії водневих зв'язків. Саме тому ця енергія не може вплинути навіть на найслабший хімічний зв'язок. Отже, мм-хвилі здатні впливати тільки на обертальні ступені свободи молекул, тобто надавати інформаційний вплив

У середині шістдесятих років під керівництвом академіка Девяткова Н.Д. почалися дослідження ефектів нетеплового впливу вкрай високими частотами (ВВЧ) випромінювання міліметрового діапазону хвиль на біологічні об'єкти. У його роботах (у працях проф. Голанта) було показано, що живі організми самі можуть випромінювати хвилі в мм-діапазоні, що ВВЧ випромінювання мм-діапазону використовується ними з метою управління міжклітинними взаємозв'язками.

Тому біологічний об'єкт, що володіє власним набором внутрішніх частот хвильових процесів, може (на цих частотах) брати участь в явищі біорезонансу з випромінюваннями зовнішніх впливів. У ВВЧ діапазоні існують інформаційні канали, які для кожної людини індивідуальні. Організм людини здатний вибірково розрізняти "родинні" йому мм-хвилі, реагуючи на них швидкою зміною ЕЕГ, ЕКГ та ін. (інакше кажучи, організм відповідає задалегідь визначеної реакцією, яка, при правильному використанні методу, є ефективнішим засобом в плані лікування багатьох захворювань).

Саме на цьому принципі і будується мікрохвильова резонансна терапія. У результаті зовнішнього впливу мм-хвиль на точки акупунктури в організмі пацієнта виникає своєрідний комплекс суб'єктивних відчуттів, так звані сенсорні реакції організму.

Їх можна підрозділити на три групи:

1. Місцеві – виникають в точці впливу (поколювання, оніміння і т.д.).
2. Системні – виникають на рівні хворого органу (тепло, зняття больового синдрому, посилення перистальтики і т.д.).
3. Генералізовані – носять загальний характер (розслабленість, сонливість, що переходить в сон).

У 65 – 70% хворих спостерігаються сенсорні реакції, а в 30...5% хворих вони відсутні. Роль сенсорних реакцій при лікуванні дуже важлива. З їх допомогою можна підібрати необхідну частоту, скласти акупунктурну рецептуру, визначити час дії на крапку, кількість сеансів і т.д. При лікуванні методом мікрохвильової резонансної терапії виділяють наступні види частот:

- Індивідуальна – характерна тільки для певного хворого;
- Системна – характерна для певної системи організму;
- Сенсорна – для цієї частоти характерно виникнення "відгуку";
- Терапевтична – це частота, яку вибирає лікар для лікування конкретного хворого з конкретною патологією;
- Скануюча – ця частота дозволяє пройти весь діапазон мм-хвиль за короткий час з певною модуляцією.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПОЛЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ

1.1. Джерела електромагнітних полів радіочастот, класифікація електромагнітних випромінювань за частотним спектром

Розрізняють природні та штучні джерела електромагнітних полів (ЕМП). У процесі еволюції біосфера постійно перебуває під впливом ЕМП природного походження (природний фон): електричне та магнітне поля Землі, космічні ЕМП, передусім ті, що генеруються Сонцем.

У період науково-технічного прогресу людство створило і все ширше використовує штучні джерела ЕМП. У теперішній час ЕМП антропогенного походження значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, чий вплив на людину з року в рік зростає.

Джерелами, що генерують ЕМП антропогенного походження, є телевізійні та радіотрансляційні станції, установки для радіолокації та радіонавігації, високовольтні лінії електропередач, промислові установки високочастотного нагрівання, пристрої, що забезпечують мобільний та сотовий телефонні зв'язки, антени, трансформатори і т. ін.

По суті, джерелами ЕМП можуть бути будь-які елементи електричного кола, через які проходить високочастотний струм.

Причому ЕМП змінюється з тою ж частотою, що й струм, який його створює.

Електромагнітні поля характеризуються певною енергією, яка поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль.

Основними параметрами електромагнітних хвиль є: довжина хвилі λ м; частота коливання f Гц; швидкість поширення радіохвиль c , яка практично дорівнює швидкості світла $c = 30108$ м/с.

Ці параметри пов'язані між собою наступною залежністю:

$$\lambda = c/f.$$

Залежно від частоти коливань (довжини хвилі) радіочастотні електромагнітні випромінювання поділяються на низку діапазонів (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Спектр діапазонів електромагнітних випромінювань радіочастот

№ з/п	Назва діапазону частот	Діапазон частот, Гц	Діапазон довжин хвиль, м	Назва діапазону довжин хвиль
1	Низькі частоти (НЧ)	$3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^5$	$10^4 - 10^3$	Довгі (кілометрові)
2	Середні частоти (СЧ)	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6$	$10^3 - 10^2$	Середні (гектаметрові)
3	Високі частоти (ВЧ)	$3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7$	$10^2 - 10$	Короткі (декаметрові)
4	Дуже високі частоти (ДВЧ)	$3 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^8$	$10 - 1$	Ультракорткі (метрові)
5	Ультрависокі частоти (УВЧ)	$3 \cdot 10^8 - 3 \cdot 10^9$	$1 - 10^{-1}$	Дециметрові
6	Надвисокі частоти (НВЧ)	$3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{10}$	$10^{-1} - 10^{-2}$	Сантиметрові
7	Надзвичайно високі частоти (НЗВЧ)	$3 \cdot 10^{10} - 3 \cdot 10^{11}$	$10^{-2} - 10^{-3}$	Міліметрові

Дія електромагнітних полів радіочастот на організм людини, рівні допустимого опромінення

Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання (неперервне чи модульоване), режиму опромінення, розміру опромінюваної поверхні тіла, індивідуальних особливостей організму.

ЕМП можуть викликати біологічні та функціональні несприятливі ефекти в організмі людини. Функціональні ефекти виявляються у передчасній втомлюваності, частих болях голови, погіршенні сну, порушеннях центральної нервової (ЦНС) та серцево-судинної систем. При систематичному опроміненні ЕМП спостерігаються зміни кров'яного тиску, сповільнення пульсу, нервово-психічні захворювання, деякі трофічні явища (випадання волосся, ламкість нігтів та ін.). Сучасні дослідження вказують на те, що радіочастотне випромінювання, впливаючи на ЦНС, є вагомим стрес-чинником.

Біологічні несприятливі ефекти впливу ЕМП виявляються у тепловій та нетепловій дії. Нині достатньо вивченою можна вважати лише теплову дію ЕМП, яка призводить до підвищення температури тіла та місцевого вибіркового нагрівання органів та тканин організму внаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову. Таке нагрівання особливо небезпечно для органів зі слабкою терморегуляцією (головний мозок, око, нирки, шлунок, кишківник, сім'яники). Наприклад, випромінювання сантиметрового діапазону призводять до появи катаракти, тобто до поступової втрати зору.

Механізм та особливості нетеплової дії ЕМП радіочастотного діапазону ще до кінця не з'ясовані. Частково таку дію пояснюють специфічним впливом радіочастотного випромінювання на деякі біофізичні явища: біоелектричну активність, що може призвести до порушення усталеного перебігу хімічних та ферментативних реакцій; вібрацію субмікроскопічних структур; енергетичне збудження (часто резонансне) на молекулярному рівні, особливо на конкретних частотах у так званих вікнах прозорості.

Змінне ЕМП являє собою сукупність магнітного та електричного полів і поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Основним параметром, що характеризує магнітне та електричне поля є напруженість: H – напруженість магнітного поля, А/м; E – напруженість електричного поля, В/м.

Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на ближню зону (зону індукції) та дальню зону (зону випромінювання). Для оцінки ЕМП у цих зонах використовують різні підходи. Ближня зона охоплює простір навколо джерела ЕМП, що має радіус, який приблизно дорівнює $1/6$ довжини хвилі. У цій зоні електромагнітна хвиля ще не сформована, тому інтенсивність ЕМП оцінюється окремо напруженістю магнітної та електричної складових поля (несприятлива дія ЕМП у цій зоні переважно обумовлена електричною складовою). У ближній зоні зазвичай знаходяться робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань НЧ, СЧ, ВЧ, ДВЧ. Робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань з довжиною хвилі меншою, ніж 1 м (УВЧ, НВЧ, НЗВЧ), знаходяться практично завжди у дальній зоні, у якій електромагнітна хвиля вже сформувалася. У цій зоні ЕМП оцінюється за кількістю енергії (потужності), що переноситься хвилею у напрямку свого поширення. Для кількісної характеристики цієї енергії застосовують значення поверхневої густини потоку енергії, що вимірюється в $Вт/м^2$.

Допустимі рівні напруженості ЕМП радіочастотного діапазону відповідно до ГОСТу 12.1.006-84 наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Допустимі рівні напруженості електромагнітного поля радіочастотного діапазону

Діапазон частот, Гц	Допустимі рівні напруженості ЕМП		Допустима поверхнева густина потоку енергії, $Вт/м^2$
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/м	
60 кГц до 3 МГц	50	5,0	—
3 МГц до 30 МГц	20	—	—
30 МГц до 50 МГц	10	0,3	—
50 МГц до 300 МГц	5	—	—
300 МГц до 300 ГГц	—	—	10

Дотримання допустимих значень ЕМП контролюють шляхом вимірювання напруженостей E та H на робочих місцях і в місцях можливого перебування персоналу, в яких є джерела ЕМП. Контроль необхідно проводити періодично, однак не менше, ніж один раз на рік, а також при введенні в експлуатацію нових чи модернізованих установок з джерелами ЕМП, після їх ремонту, переналагодження, а також при організації нових робочих місць.

Захист від електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону

Засоби та заходи захисту від ЕМ випромінювань радіочастотного діапазону поділяються на індивідуальні та колективні. Останні можна поділити на організаційні, технічні та лікувально-профілактичні.

До організаційних заходів колективного захисту належать:

- розміщення об'єктів, які випромінюють ЕМП таким чином, щоб звести до мінімуму можливе опромінення людей;
- "захист часом" – перебування персоналу в зоні дії ЕМП обмежується мінімально необхідним для проведення робіт часом;
- "захист відстанню" – віддалення робочих місць на максимально допустиму відстань від джерел ЕМП;
- "захист кількістю" – потужність джерел випромінювання повинна бути мінімально необхідною;
- виділення зон випромінювання ЕМП відповідними знаками безпеки;
- проведення дозиметричного контролю. Технічні засоби колективного захисту передбачають:
 - екранування джерел випромінювання ЕМП;
 - екранування робочих місць;
 - дистанційне керування установками, до складу яких входять джерела ЕМП;
 - застосування попереджувальної сигналізації.

До лікувально-профілактичних заходів колективного захисту належать:

- попередній та періодичні медогляди;
- надання додаткової оплачуваної відпустки та скорочення тривалості робочої зміни;
- допуск до роботи з джерелами ЕМП осіб, вік яких становить не менше 18 років, а також таких, що не мають протипоказів за станом здоров'я.

Одним із найбільш ефективних технічних засобів захисту від ЕМ випромінювань радіочастотного діапазону, що знаходить широке застосування у промисловості, є екранування. Для екранів використовуються, головним чином, матеріали з великою електричною провідністю (мідь, латунь, алюміній та його сплави, сталь).

Екрани виготовляються із металевих листів або сіток у вигляді замкнутих камер, шаф чи кожухів, що під'єднуються до системи заземлення. Принцип дії захисних екранів базується на поглинанні енергії випромінювання матеріалом з наступним відведенням в землю, а також на відбиванні її від екрана.

Основною характеристикою екрана є його ефективність екранування ξ , тобто ступінь послаблення ЕМП. Товщину екрана b із суцільного листового матеріалу, що забезпечує необхідне послаблення інтенсивності ЕМП, можна визначити за формулою:

$$b = \frac{E}{15,4\sqrt{f \mu\rho}},$$

де E_0 – задане значення послаблення інтенсивності ЕМП, яке визначається шляхом ділення дійсної інтенсивності поля на гранично допустиму; f – частота ЕМП, Гц; μ – магнітна проникність матеріалу екрана, Гн/м; ρ – питома провідність матеріалу екрана, Ом/м.

Захист приміщення від впливу зовнішніх ЕМП можна забезпечити шляхом оклеювання стін металізованими шпалерами та облаштування на вікнах металевих сіток.

Як засоби індивідуального захисту від ЕМ випромінювань застосовуються халати, комбінезони, захисні окуляри та ін. Матеріалом для халатів та комбінезонів слугує спеціальна радіотехнічна тканина, в структурі якої тонкі металеві нитки утворюють сітку. Для захисту очей використовують спеціальні радіозахисні окуляри ОРЗ-5 (ЗП5-90), на скло яких нанесено тонку прозору плівку напівпровідникового олова.

1.2. Плоска електромагнітна хвиля. Розрахунок

Під плоскою електромагнітною хвилею розуміють таку хвилю, для якої характерно, що у всіх точках площини (наприклад, площини xOy), перпендикулярної напрямку поширення хвилі (осі z), напруженість електричного поля E у даний момент часу однакова (за величиною і напрямком) і лежить у площині xOy , аналогічно і напруженість магнітного поля у всіх точках площини xOy однакова і лежить у площині xOy .

Завдяки визначенню плоскої хвилі:

$$\frac{d\bar{H}}{dx} = 0, \quad \frac{d\bar{H}}{dy} = 0, \quad \frac{d\bar{E}}{dx} = 0, \quad \frac{d\bar{E}}{dy} = 0.$$

У плоскій хвилі \bar{E} і \bar{H} є функціями тільки однієї координати, у даному випадку функцією тільки z .

Повернемо координатні осі таким чином, щоб вісь y збіглася з вектором напруженості магнітного поля \bar{H} . При цьому $\bar{H} = \bar{j}H$.

Тут \bar{j} одиничний орт осі y декартової системи координат. Підставимо $\bar{H} = \bar{j}H$ у рівняння (10.83) і розкриємо ∇^2 :

$$\left(\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2} \right) \cdot \bar{j}H = j\omega\mu \bar{j}H, \quad (1.1)$$

скоротимо на \bar{j} , врахуємо, що:

$$\frac{d^2 \underline{H}}{dx^2} = 0 \quad i \quad \frac{d^2 \underline{H}}{dy^2} = 0,$$

тому отримаємо:

$$\frac{d^2 \underline{H}}{dz^2} = j\omega\gamma\mu \underline{H}. \quad (1.2)$$

В останньому рівнянні замість частинної похідної написана проста похідна. Перехід від частинної похідної до простої для плоскої хвилі цілком природний, тому що \underline{H} є функцією тільки однієї змінної z .

Рівняння (1.2) являє собою лінійне диференціальне рівняння другого порядку. Його розв'язання запишеться в такий спосіб:

$$\underline{H} = \underline{C}_1 e^{pz} + \underline{C}_2 e^{-pz}. \quad (1.3)$$

\underline{C}_1 і \underline{C}_2 є сталі інтегрування, це комплексні величини, що визначаються з граничних умов і для кожної конкретної задачі свої.

У свою чергу коефіцієнт:

$$p = \sqrt{j\omega\gamma\mu}. \quad (1.4)$$

Оскільки $\sqrt{j} = \sqrt{e^{j90^\circ}} = e^{j45^\circ} = \frac{1+j}{\sqrt{2}}$, то p можна подати у такому вигляді:

$$p = k(1+j), \quad (1.5)$$

$$\text{де } k = \sqrt{\frac{\omega\gamma\mu}{2}}. \quad (1.6)$$

Напруженість електричного поля знайдеться за допомогою рівнянь (1.1) і (10.3). З (1.1) випливає, що:

$$\underline{\bar{E}} = \frac{1}{\gamma} \text{rot} \underline{\bar{H}}. \quad (1.7)$$

Як відомо, $\text{rot} \underline{\bar{H}}$ у декартовій системі координат розкривається таким чином:

$$\text{rot} \underline{\bar{H}} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix},$$

а в задачі, що розглядається:

$$\frac{d\underline{H}}{dx} = 0 \quad i \quad \frac{d\underline{H}}{dy} = 0,$$

то вираз $\text{rot } \underline{\bar{H}}$ значною мірою спрощується:

$$\text{rot } \underline{\bar{H}} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & H_y & 0 \end{vmatrix} = \bar{i} \left(-\frac{\partial H}{\partial z} \right), \quad (1.8)$$

$$(H_y = H).$$

$$\text{Отже, } \underline{\bar{E}} = \bar{i} \left(-\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{dH}{dz} \right) \quad (1.9)$$

$$\text{Похідна } \frac{dH}{dz} = p(\underline{C}_1 e^{pz} - \underline{C}_2 e^{-pz}). \quad (1.10)$$

Вираз (1.9) показує, що напруженість електричного поля у плоскій хвилі при обраному розташуванні осей координат спрямована уздовж осі x , про це свідчить присутність одиничного орта осі x (орта \bar{i}). Таким чином, у плоскій електромагнітній хвилі між $\underline{\bar{E}}$ і $\underline{\bar{H}}$ є просторове зрушення в 90° ($\underline{\bar{E}}$ спрямоване по осі x , а $\underline{\bar{H}}$ – по осі y).

Частку від ділення p на γ прийнято називати хвильовим опором і позначати

$z_{хв.}$:

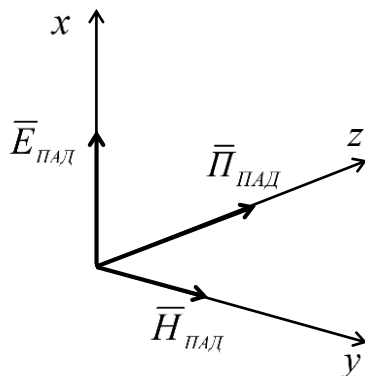


Рис. 1.1

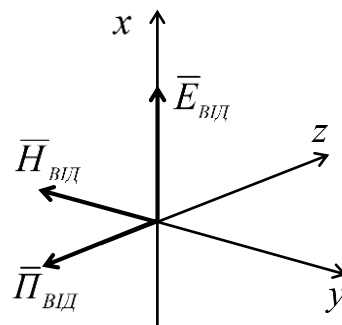


Рис. 1.2

$$z_{XB} = \frac{p}{\gamma} = \sqrt{\frac{\omega\mu}{\gamma}} \cdot e^{j45^\circ}. \quad (1.11)$$

Хвильовий опір вимірюється в омах. Він залежить від властивостей середовища (від j і μ) і від кутової частоти ω . Відповідно до (1.9) і (1.10) проекція $\underline{E} = \underline{E}_{ПАД} + \underline{E}_{ВД}$ на вісь x , де $\underline{E}_{ПАД} = z_{XB} \underline{C}_2 e^{-pz}$ та $\underline{E}_{ВД} = -z_{XB} \underline{C}_1 e^{pz}$.

Проекція \underline{H} на вісь y :

$$\underline{H} = \underline{H}_{ПАД} + \underline{H}_{ВД},$$

де $\underline{H}_{ПАД} = \underline{C}_2 e^{-pz}$ та $\underline{H}_{ВД} = \underline{C}_1 e^{pz}$.

Складові падаючої хвилі $\underline{E}_{ПАД}$ і $\underline{H}_{ПАД}$ дають вектор Пойнтинга $\overline{P}_{ПАД}$ (рис. 1.1). Він спрямований уздовж позитивного напрямку осі z . Отже, рух енергії з падаючою хвилею відбувається уздовж додатнього напрямку осі z .

Складові відбитої хвилі $\underline{E}_{ВД}$ і $\underline{H}_{ВД}$ дають вектор Пойнтинга $\overline{P}_{ВД}$ (рис. 1.2). Останній спрямований уздовж негативного напрямку осі z . Це означає, що відбита хвиля несе із собою енергію, і напрямок руху енергії відбувається уздовж від'ємного напрямку осі z .

1.3. Поширення електромагнітної хвилі у провідному середовищі

Хвильовий опір z_{XB} можна трактувати як відношення $\frac{\underline{E}_{ПАД}}{\underline{H}_{ПАД}}$. Оскільки хвильовий опір є числом комплексним, то зрушення за часом між $\underline{E}_{ПАД}$ і $\underline{H}_{ПАД}$ для однієї і тієї ж точки поля дорівнює 45° .

Поширення плоскої електромагнітної хвилі відбувається з діелектрика в однорідне провідне середовище, що пролягає теоретично в нескінченність, і там поширюється (рис. 1.3).

Оскільки середовище пролягає теоретично в нескінченність і падаюча хвиля у товщі провідного середовища не зустрічає межі, що перешкоджувала б її поширенню, то відбитої хвилі в даному випадку не виникає.

За наявності тільки однієї падаючої хвилі:

$$\underline{H} = \underline{C}_2 e^{-pz} \quad \text{та} \quad \underline{E} = z_{XB} \underline{C}_2 e^{-pz}.$$

Сталу інтегрування \underline{C}_2 знайдемо з граничних умов. Якщо позначити напруженість магнітного поля на поверхні провідного середовища через $\underline{H}_a = H_a e^{j\psi_a}$, то при $z = 0$ $\underline{C}_2 = \underline{H}_a$.

Тому:

$$\underline{H} = H_a e^{-kz} \cdot e^{-jkz} \cdot e^{j\psi_a}. \quad (1.12)$$

У свою чергу,

$$\underline{E} = H_a e^{-kz} \sqrt{\frac{\omega\mu}{\gamma}} \cdot e^{-jkz} \cdot e^{j\psi_a} \cdot e^{j45^\circ}. \quad (1.13)$$

Можна записати вираз для миттєвих значень H і E . Для цього треба праві сторони (1.12) і (1.13) помножити на $e^{j\omega t}$ і взяти уявні частини від одержаних добутків.

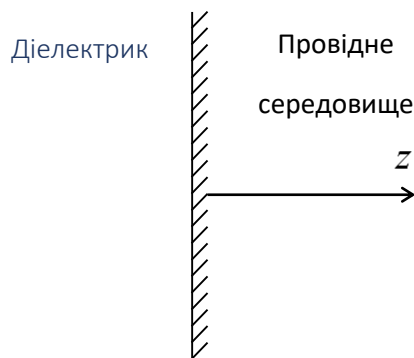


Рис. 1.3

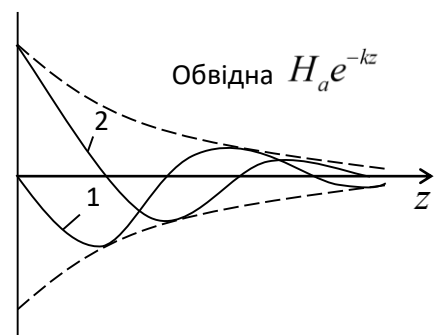


Рис. 1.4

Одержимо:

$$H = H_a e^{-kz} \sin(\omega t - kz + \psi_a) \quad (1.14)$$

$$E = H_a \sqrt{\frac{\omega\mu}{\gamma}} e^{-kz} \sin(\omega t - kz + \psi_a + 45^\circ). \quad (1.15)$$

Проведемо аналіз отриманих виразів. Амплітуда H дорівнює $H_a e^{-kz}$. Амплітуда E дорівнює $H_a \sqrt{\frac{\omega\mu}{\gamma}} e^{-kz}$. В міру збільшення z множник e^{-kz} зменшується за показниковим законом. Отже, у міру проникнення електромагнітної хвилі в провідне середовище амплітуди E і H зменшуються за показниковим законом. На рисунку, зображені обвідні амплітуд H , побудовані за рівнянням $H_a e^{-kz}$. Миттєве значення H і E визначається аргументом синуса.

Аргумент синуса у виразі (1.14), наприклад, залежить від z і від ωt . Якщо прийняти $\omega t = const$ і поцікавитися графіком миттєвих значень H в функції від z , то буде отримана крива 1 (рис. 1.4) при $\omega t = 0$ і крива 2 при $\omega t = 90^\circ$.

Для того щоб охарактеризувати, наскільки швидко зменшується амплітуда падаючої хвилі в міру проникнення хвилі у провідне середовище, вводять поняття глибини проникнення.

Під глибиною проникнення Δ розуміють відстань уздовж напрямку поширення хвилі (уздовж осі z), на якому амплітуда падаючої хвилі E (або H) зменшиться в $e = 2,7183$ разів. Рівнянням для визначення глибини проникнення є вираз:

$$e^{-k\Delta} = e^{-1} \quad (1.16)$$

Звідси виходить, що $k\Delta = 1$,

$$\text{або } \Delta = \frac{1}{k}.$$

Глибина проникнення залежить від властивостей провідного середовища (γ і μ) і від частоти.

Під довжиною хвилі λ у провідному середовищі розуміють відстань уздовж напрямку поширення хвилі (уздовж осі z), на якому фаза коливання зміниться на 2π . Довжина хвилі визначиться з рівняння $\lambda k = 2\pi$ звідси:

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}. \quad (1.17)$$

Іноді користуються поняттям фазової швидкості поширення електромагнітної хвилі в провідному середовищі. Під фазовою швидкістю розуміють швидкість, з якою потрібно було б переміщатися уздовж осі z , щоб коливання мало б ту саму фазу. Фаза коливання визначається виразом $(\omega t - kz + \psi_a)$.

Похідна від постійної величини дорівнює нулю, тому:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(\omega t - kz + \psi_a) &= 0, \\ \omega - k \frac{dz}{dt} &= 0, \quad \frac{dz}{dt} = v_{\phi A3}. \end{aligned}$$

або

$$v_{\phi A3} = \frac{\omega}{k}. \quad (1.18)$$

РОЗДІЛ 2. НАДВИСОКОЧАСТОТНА ТЕРАПІЯ

2.1. Загальні поняття дециметрової, сантиметрової, надвисокочастотної терапії. Фізичні основи

2.1.1 Дециметрова терапія:

- це застосування електромагнітних хвиль дециметрового діапазону. Виділяють нетепловий (осциляторний) та тепловий компоненти механізму лікувальної дії дециметрових хвиль. Дециметрові ЕМ хвилі низької інтенсивності викликають складні фізико-хімічні процеси, які протікають в опромінених тканинах. При збільшенні щільності потоку надвисокочастотних коливань (більше $0,0 \text{ Вт/см}^2$) відбувається перетворення енергії, впливаючих ЕМ хвиль, в теплову. Найбільше виділяється тепла в органах і тканинах багатих водою. Механізми тепловіддачі не компенсують теплопродукцію, а регіональна t глибоко розміщених тканин підвищується на $1,50\text{C}$. Кількість тепла, що виділяється, розраховується за формулою:

$$Q = K \left(\frac{\varepsilon f^2}{2} \right) \Pi^2, (2.1)$$

K – коефіцієнт пропорційності;

ε – діелектрична проникність тканини;

f – частота впливаючих коливань

Π – інтенсивність ЕМ хвиль.

При розповсюдженні дециметрових хвиль розподілення тепла в опромінених тканинах є рівномірним та на велику глибину.

НВЧ – терапія відрізняється від УВЧ терапії різною локалізацією області максимального теплоутворення. Ця відмінність обумовлена участю у формуванні струму зміщення різних структурних компонентів тканин.

Проникна здатність діелектричних хвиль в тканинах складає в середньому $9 \dots 11$ см. Товщина шкіри, підшкірного жирового шару, а також поверхні розділення середовищ з різною діелектричною проникністю суттєво не впливають на коефіцієнт відбиття і поширення дециметрових хвиль. Порівняно з лінійними розмірами людини довжина дециметрової хвилі мал., тому локальний вплив здійснюється на основні ділянки тіла. Нагрів глибоко лежачих тканин та органів, під дією дециметрових хвиль високої інтенсивності, призводить до розширення капілярів та підсиленню кровотоку, розширення судин мікроциркуляторного русла, деградації загальних процесів, активації опромінених органів та тканин, покращення їх трофіку. ЕМ хвилі дециметрового діапазону оптимізують діяльність залоз внутрішньої секреції.

При опроміненні різних органів дециметрові хвилі здатні, як ослаблювати, так і стимулювати процеси імуногенеза та регенерації в опромінених тканинах. Вони стимулюють скорочувальну властивість міокарда, зменшують периферичний опір мікроциркуляторного русла та підсилюють коронарний кровотік.

Лікувальний ефект:

- Секреторний
- Протизапальний
- Судинно-розширювальний
- Імунно-регулюючий
- Метаболічний

Показання:

- Гострі та хронічні запальні захворювання внутрішніх органів
- Захворювання серцево-судинної системи
- Ревматизми з активністю не вище II ступеня
- Бронхіальна астма
- Ревматоїдний артрит

Протипоказання:

- Гострі запальні гнійні процеси
- Вагітність (при впливі на область живота)
- Отікання судин
- Наявність чужорідних речовин у зоні дії
- Параксіальне порушення серцевого ритму
- Язва
- Епілепсія

Параметри:

Для дециметрової:

(довжина хвилі 55 мкм). Закордоном використовують генератори ЕМ коливань з довжиною хвилі 69 та 33 мкМ, які працюють в імпульсному режимі. Використовують пересувні апарати «Волна-М-2».

Відношення нетеплового та теплового компонентів лікувального впливу дециметрових хвиль визначає інтенсивність ЕМ випромінювань, яке допускається на виході поля апарату.

Методика проведення:

Процедури здійснюються 2-ма методиками:

- Дистальній
- Контактній

При використанні дистальної методики зазори між випромінювачем та хворим складають 3...4 см. Крім того потрібно враховувати найбільшу вираженість протизапальної дії, при застосуванні слабо теплових інтенсивностей, тоді як тепловий ефект може ускладнювати протікання процесу за рахунок аутогемолімфоперфузії.

+Дозування здійснюється за вихідним напрямком апарату. Для отримання нетеплового ефекту щільність потоку збільшують.

Крім того необхідно враховувати відчуття приємного тепла хворим. Тривалість процедур від 4 до 15 хв.

2.1.1 Сантиметрова терапія:

Це застосування хвиль в сантиметровому діапазоні. Мала довжина хвиль обумовлює меншу глибину проникання цих ЕМ хвиль, яка складає приблизно 3-5 см. Відбиття сантиметрових хвиль від поверхні шкіри створює умови для утворення стоячої хвилі та нагріву шкіри і підшкірної жирової клітковини (скрін-ефект). Сантиметровим хвилям притаманний тепловий та нетепловий ефект механічної лікувальної дії, обумовленими релаксаційними коливаннями молекули води та амінокислот, які проявляються переважно в поверхневих шарах. Виділення тепла за формулою (2.1), при цьому температура шкіри та прилеглих тканин збільшується на 1...3 °С, а глибоко лежачих на 0,5 °С. Активація, призводить до зменшення набряку, зміні функціональних властивостей нервових провідників. Вплив хвиль сантиметрового діапазону призводить до зменшення артеріального тиску.

Лікувальний ефект:

- Протизапальний
- Аналгетичний
- Метаболічний
- Секреторний
- Судинно-розширювальний

Показання:

•Підгострі та хронічні запальні захворювання периферичної нервової системи

•Дегенеративно-дистрофічні захворювання суглобів та хребта в стадії захворювання

- Гнійні захворювання шкіри
- Хронічні та неспецифічні захворювання легенів
- Запальні процеси

Протипоказання:

- Наявність металевих предметів у зоні дії
- Інфаркт міокарда
- Ішемічна хвороба серця
- Стенокардія
- Язва
- Гастрит
- Епілепсія

Параметри:

Для сантиметрової терапії використовується ЕМ коливання частотою 23±5 МГц (довжина хвилі 12...6 см) та 24,5±5 МГц (довжина хвилі 12,02 см). Для проведення процедур використовуються переносні апарати СМВ-150-1 ЛУЧ-11 (з максимальною вихідною потужністю 150 Вт) та СМВ-20-3 ЛУЧ 3, СМВ-20-4 ЛУЧ 4 (з максимальною потужністю 20 Вт). Закордонні прилади Curadar, Endotherm, РМ-75, MW-7W, MR-2.

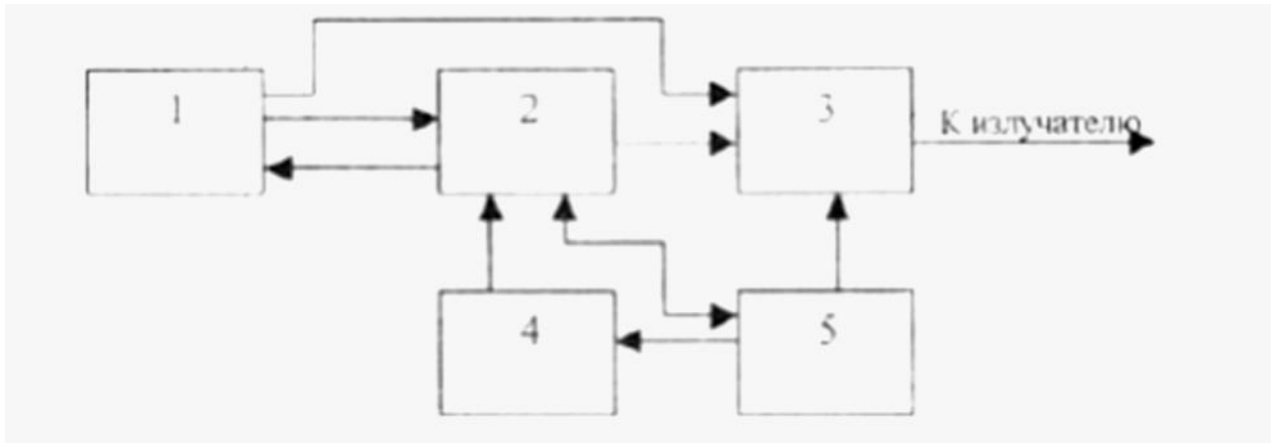


Рис. 3. 1 – Структурна схема апарату СМВ-20-4 ЛУЧ-4:

- 1 – блок керування;
- 2 – стабілізатор струму;
- 3 – магнеторний генератор;
- 4 – високовольтний перетворювач;
- 5 – вузол змінної наруги.

Принцип роботи на генерування магнеторним генератором (3) ЕМ коливань з частотою 2...45 ГГц, які впливають через випромінювач на пацієнта. Блок керування (1) призначений для керування роботою високовольтного стабілізатора струму (2) та магнеторного генератора (3). Високовольтний стабілізатор струму (2) призначений для стабілізації вихідного струму. Магніто-генератор (3) призначений для генерування ЕМ коливань з частотою 2...45 ГГц та передачі їх до випромінювача.

Високовольтний перетворювач (4) призначений для живлення стабілізатора струму постійною наругою. Вузол змінної наруги (5) призначений для живлення генератора, стабілізатора струму та високовольтного перетворювача.

В состав апарата входять 6-ть типів випромінювачів:

- 1.Випромінювач діаметром 20 мм з керамічним діелектриком
- 2.3 діаметром 35 мм з керамічним діелектриком
- 3.3 діаметром 115 мм з повітряним діелектриком
- 4.Вагінальний випромінювач з керамічним діелектриком
- 5.Ректальний випромінювач з керамічним діелектриком
- 6.Вушний випромінювач.

Випромінювачі – це діелектричні антени, які збуджують за допомогою кабеля, на кінці якого знаходиться узгоджувальний пристрій.

Циліндричні випромінювачі – діаметром 20 та 35 мм мають вигляд відкритого циліндра – хвилевода, заповненого високочастотною керамікою. В кераміку перпендикулярно до осі хвилевода вводиться штир, який забезпечує збудження хвилевода.

Внутрішньопорожнинні випромінювачі – (вагінальний та ректальний) відрізняються від циліндричного тим, що кераміка виступає з хвилеводу,

утворює стержень (антену). Вагінальний та ректальний випромінювачі відрізняються за формою поля, яке вони створюють.

Випромінювачі діаметром 115 мм без керамічного наповнювача.

Методика:

Використовують дві основні методики проведення сантиметрово-хвильової терапії:

- Дистанційна. Яка здійснюється за допомогою ЛУЧ 11, випромінювачі встановлюються на відстані 5...7 см від тіла хворого.

- Контактна. Яка використовується за допомогою апаратів ЛУЧ 3, ЛУЧ

4.

Дозування лікувальних процедур здійснюється по вихідній потужності апарата.

1. При дистанційній методиці:

- Слабо тепловий до 40 Вт
- Середньо тепловий 40...60 Вт
- Сильно тепловий 60...80 Вт.

2. При контактній методиці:

- Слабо тепловий 3 Вт
- Середньо тепловий 4...6 Вт
- Сильно тепловий 7...10 Вт

Тривалість лікувальних процедур, що проводяться щодня або через день 5...20 хв, курс лікування 5...15 процедур. При необхідності повторний курс через 2...3 місяці.

3.1.3. Надвисокочастотна терапія (міліметрова терапія):

ММТ – лікувальне застосування ЕМ хвиль міліметрового діапазону.

Високочастотні випромінювання володіють низькою проникною здатністю в біологічній тканині 0,2 – 0,6 мм і просторовою неоднорідністю сформованого ЕМ поля.

Випромінювачі – хвилеводи на відміну від інших випромінювачів створюються паралельний пучок променів на виході, що дає змогу впливати більш локально на окремі ділянки хворого. В основі лікувальних високочастотних випромінювань лежить індукована міліметровими хвилями, перебудова структурних елементів шкіри та активація нервових провідників шкіри. Розсіюючись на структурних неоднорідностях, міліметрової хвилі втрачають свою енергію у вигляді тепла, що викликає метаболічні процеси в організмі.

Лікувальний ефект:

- Нейростимулюючий
- Секреторний
- Імуно-корегувальний

Показання:

- Підгострі та хронічні запальні захворювання периферичної нервової системи

- Хронічні захворювання периферичної нервової системи

- Хронічні захворювання внутрішніх органів
- Захворювання шкіри.

Протипоказання:

- Гострі гнійні запальні захворювання
- Бронхіальна астма
- Нейродерміт

Параметри:

Процедура КВЧ терапії використовує ЕМ коливання 57...65 ГГц, довжина хвилі 4...8 мм. В більшості апаратів використовується фіксовані частоти, які відповідають довжинам хвиль 5...6 мм (54...54 ГГц) та 7...1 мм (42, 194 ГГц). Для лікувального впливу використовують КВЧ випромінювання, щільність потоку енергії яких не перевищує 10 МВт/см².

Частотна модуляція КВЧ випромінювань досягає 100 МГц. При дії на біологічно активні точки застосовують випромінювання 61 2,1 ГГц. Цільність потоку 2...5 МВт/см². Апарати Явь-1-5,6, Явь-1-7,1, МАВЧ, електроніка КВЧ 101, Шлем 01-0,5; ...0,7. КВОТЕР. Всі ці апарати можуть використовуватись у безперервному та імпульсному режимах хвиль.

Методика:

Вплив міліметровими хвилями здійснюється на шкіряні патологічні осередки, рефлекторні зони та біологічно активні точки. Після підготовки до роботи апарату до роботи випромінювач-хвилевод встановлюється на відстані 2...5 мм від вибраної ділянки опромінення. Дозування здійснюється по вихідній потужності апарату та відчуттям хворого (сонливість, відчуття тепла, пониження шкірного чуття). Тривалість процедур 5...6 та 20...25 хв, курс лікування від 3...5 до 15...20 процедур. Повторні курси через 2...3 місяці.

2.2. Надвисокочастотна терапія (показання, протипоказання, дозування, методика і техніка проведення процедури)

Надвисокочастотна терапія (НВЧ-терапія) – застосування з лікувальною метою впливів електромагнітними коливаннями надвисокої частоти. За фізичним чинником видокремлюють дециметровхвильову і сантиметрохвильову терапію.

НВЧ-електромагнітні поля збільшують утворення вільних форм біологічно активних речовин – серотоніну, гістаміну, кортикостероїдних гормонів, що визначає первинну стрес-індукуючу і прозапальну реакцію організму пацієнта і диктує використання НВЧ-терапії у хворих на фоні гіпореактивності.

Ступінь поглинання енергії тканинами порівняно високий (30-40% падаючої енергії) і залежить від їх діелектричних властивостей. Встановлено,

що набряклі тканини, а також ті, що добре постачаються кров'ю і мають високу діелектричну проникність (м'язи, печінка, мозок, нирки, селезінка), більш інтенсивно поглинають енергію НВЧ-випромінювання. При цьому підвищення температури тканин починається з перших хвилин впливу і досягає максимуму до десятої хвилини, а після припинення впливу спостерігається поступове відновлення початкової температури, це пояснюється прискоренням кровотоку в тканинах, що забезпечує досить швидке відведення тепла від місця впливу і усунення небажаного перегріву тканин.

Підвищення температури тканин викликає різноманітні реакції як за рахунок дії на самі тканини, так і впливу на місцеву терморцептори і центри теплорегуляції. Найважливіша реакція у відповідь полягає в збільшенні кровотоку за рахунок розширення судин і супроводиться підвищенням капілярного тиску, проникності судин і, як наслідок, виникає інтенсифікація обміну речовин і репаративної регенерації пошкоджених тканин. Помірно теплові впливи на терморегуляційні центри посилюють кровотік, підвищують нейронну активність, сприяють залученню в функціонування “нейронів, які мовчать”, активують генетичний апарат нервових клітин, стимулюють синтез білка. Внаслідок дії НВЧ-терапії змінюється функціональний стан периферичних рецепторів, швидкість проведення збудження периферичними нервами.

Первинна активація симпатичної системи змінюється переважанням тону парасимпатичних нервів (слідовий ефект), спостерігається вазодилатація. З огляду на актуальність знання основних понять електролікування для реабілітації різних патологічних станів, загальну ціль засвоєння даного розділу можна сформулювати так: уміти обгрунтовано застосовувати електромагнітне випромінювання надвисокої та крайньовисокої частоти з урахуванням механізму дії, показань і протипоказань у лікуванні різних патологічних станів.

Щоб реалізувати загальну ціль необхідно вміти:

- Виокремити основні фізико-хімічні і фізіологічні ефекти в дії електромагнітного випромінювання.
- Пояснити основну мету призначення електромагнітного випромінювання при різній патології.
- Визначити показання і протипоказання до використання дециметровхвильової, сантиметрохвильової, міліметрохвильової терапії.
- Вибрати методики і дозування при призначенні чинників.

2.2.1. ДЕЦИМЕТРОХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ

Дециметрохвильова терапія (ДМХ-терапія) – лікувальне застосування електромагнітних хвиль дециметрового діапазону. **ФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА.** Діючий чинник ДМХ-терапії – електромагнітна хвиля з частотою 460 МГц.

АПАРАТИ. ДМХ-терапію здійснюють за допомогою апаратів: “Волна2М”, “ДМХ-15 Ранет”, “ДМХ-20 Ромашка”, “Radiotherm”,

“ThermaSpec 600”, що мають комплекти випромінювачів (дистанційні і контактні). Вони поділяються на стаціонарні (“Волна”) і портативні (“Ранет”, “Ромашка” та ін.).

Електроди в апаратах представлені хвилеводом (випромінювач) з відбивачем. Апарати потребують заземлення.

Механізм дії чинника. Фізико-хімічні ефекти. Проникаюча енергія електро-магнітних хвиль (ЕМХ) при ДМХ-терапії поглинається дипольними молекулами зв'язаної води, а також бокових груп білків і гліколіпідів плазмолемми на глибині до 9...11 см.

У результаті виникають конформаційні перебудови цитоскелета і мембран органоїдів, які змінюють міжмолекулярні і електростатичні взаємодії структурно-каркасних білків, позаклітинного матриксу і субклітинних структур. Дециметрові хвилі активують мембранні ензиматичні комплекси і системи вторинних посередників (циклічні нуклеотиди, ейкозаноїди, G-білки та іони кальцію), синтез нуклеїнових кислот, білків у клітинах, підвищують інтенсивність процесів фосфорилування в мітохондріях, з продукцією сурфактанту при впливі на легені (нетепловий осциляторний) дія ДМХ.

При збільшенні густини потоку енергії більше за $0,01 \text{ Вт/см}^2$ через підвищення кількості молекул пов'язаної води, що поляризуються, гліколіпідів і амплітуди їх коливань енергія впливаючих електромагнітних хвиль перетворюється на теплову, що приводить до нагрівання тканин на $1,5^\circ\text{C}$ (теплова дія дециметрових хвиль). Фізіологічні ефекти.

Найбільше виділення тепла відбувається в органах і тканинах, багатих на воду (кров, лімфа, паренхіматозні органи, м'язи), в яких активується метаболізм. При ДМХ-терапії не відбувається перегрів підшкірної жирової клітковини.

Тканина прогрівається рівномірно на всьому протязі, поступово убуваючи вглиб тканини. Тепло, що утворюється в тканинах при НВЧ-терапії, розширює капіляри, підвищує проникність мікроциркуляторного русла, поліпшується кровообіг, у тому числі і в головному мозку, спостерігається розвиток колатералій. Дециметрові хвилі підвищують вміст Т-лімфоцитів і знижують вміст В-лімфоцитів і IgA і G у хворих з імунним дисбалансом.

Вплив мікрохвилями з частотою 460 МГц на центри імунної регуляції приводить до відновлення клітинного імунітету і викликає десенсибілізуючий ефект при ряді захворювань. Останнім часом з'явилися експериментальні й клінічні роботи, що свідчать про успішну немедикаментозну корекцію імунітету шляхом локального впливу фізичних чинників, у тому числі ДМХ на “функціонально активні зони” – органи імуногенезу і кровотворення, ендокринних залоз і ділянки вищих вегетативних центрів. При опромінюванні ДМХ *in vitro* клітин тимуса, останні здатні посилювати експресію рецепторів тимоцитів до еритроцитів кролика.

Це говорить про безпосередній вплив ДМХ на виличкову залозу. *In vivo* однократне опромінювання тимуса викликає більш інтенсивну реакцію і через тиждень вміст активних Т-клітин зростає на 88%. Вплив ДМХ на виличкову

залозу в індуктивному періоді сенсibiliзації знижує інтенсивність продукування IgA-антитіл.

Мікрохвильове опромінювання тимуса в продуктивній фазі неефективне. Феномен фазозалежності імуномодуючого ефекту пов'язаний з активацією функціональної активності Т-супресорів. На відміну від мікрохвильового опромінювання кісткового мозку, ДМХ зумовлює збільшення вмісту Т-клітин селезінки, а В-лімфоцитів – в селезінці, лімфатичних вузлах і крові.

Індукція супресорної функції Т-клітин може відігравати важливу роль у процесі IgE-імуномодуляції, здійснюваної шляхом мікрохвильового опромінювання тимуса. Селективна активація Т-супресорів при дії мікрохвиль може пояснюватися морфологічною відмінністю між цими клітинами і Тхелперами. Інші закономірності простежуються при аналізі реакції кісткового мозку на різну кількість впливів ДМХ.

Якщо однократний вплив хвиль спричиняє короточасне збільшення рівня В-лімфоцитів серед опромінених мієлоцитів, то при курсовому – вже серед опромінених і неопромінених клітин. Відмінність у реакції вилючкової залози і кісткового мозку на дію ДМХ пояснюється не тільки морфологічними, але й функціональними особливостями цих органів.

Специфіка реактивності тимуса і кісткового мозку визначається якісною різноманітністю структурних одиниць – відповідно Т- і В-клітин. Т-лімфоцити мають більшу поверхню, ніж В-лімфоцити, низьку величину негативного заряду, містять меншу кількість мембран. Не виключено, що “експрес”-реакції тимуса на дію ДМХ пов'язані з високою біохімічною активністю Т-клітин. Локалізація впливу ДМХ-терапії на залози внутрішньої секреції приводить до збільшення продукції релізинг-чинників у гіпоталамусі, активації гормонсинтетичних процесів у щитовидній залозі й викиду в кров глюкокортикоїдів, підвищеної утилізації катехоламінів у міокарді. ДМХ у нетеплових і слаботеплових дозах підвищує функціональну активність симпатoadреналової системи, особливо при гіпореактивності організму.

При щоденному впливі ДМХ (110 мВт/см^2) на ділянку надниркових залоз відбувається підвищення в крові початково знижених 11-оксикортикостероїдів нарівні зі збільшенням вмісту адреналіну, норадреналіну і дофаміну в тканинах залози. Разом з цим зростає рівень норадреналіну в гіпоталамусі й в плазмі крові. При спрямованому на ділянку надниркових залоз ДМХ впливі зростання глюкокортикоїдної функції за часом збігається з підвищенням концентрації тироксину.

Виявлений у цих умовах імунодепресивний ефект дає змогу вважати, що активація глюкокортикоїдної функції наче перебиває стимуляцію тиреоїдної, діючи в умовах цілісного організму на систему імунітету.

Ефект стимуляції проліферативних процесів, що спостерігається в лімфоїдній тканині при мікрохвильовому опромінюванні ділянки надниркових залоз не захоплює популяцію спонтанних аутоантитілотвірних клітин та їх попередників. Імунобіологічний ефект мікрохвиль дециметрового діапазону при бітемпоральному впливі (120 мВт/см^2) на скроневу ділянку

(зона проекції вищих вегетативних центрів і гіпофіза) супроводиться активацією гіпоталамогіпофізарної системи і, як наслідок, зміною функцій надниркових залоз і щитовидної залози. Гормональні зміни, які розвиваються, лежать в основі імунодепресії (слідовий ефект), що спостерігається при бітемпоральному впливі ДМХ. Трансцеребральні електромагнітні мікрохвилі стимулюють проліферативні процеси в лімфоїдній тканині, що виявляються збільшенням загальної кількості спленоцитів. Ефект, що спостерігається, викликаний первинною активацією гіпоталамо-гіпофізарних функцій. Динаміка вмісту циклічних нуклеотидів є непрямим доказом гормональної перебудови в організмі під впливом ДМХ-впливів. Шляхом активації симпатoadреналової і гіпофізарно-надниркової систем ДМХ ведуть до поліпшення резистентності організму, викликаючи блокаду енергетичного забезпечення запалення в тканинах.

Це з'являється тільки після ДМХ в слаботеплових дозах (55...110 мВт/см²). Курсовий вплив електромагнітного коливання дециметрового діапазону на ділянку надниркових залоз і щитовидної залози спричиняє підвищення в крові загального числа Тлімфоцитів на 35% (у тому числі Т-хелперів на 77%) при незмінному рівні Тсупресорів, В-лімфоцитів та імуноглобулінів. Зміни стану ендокринної системи до кінця курсу лікування свідчить про пригноблення первинної напруженості функціонування гормональної ланки гомеостазу (пізній слідовий ефект), оскільки спостерігалось зменшення в крові кортизолу, тироксину і соматотропного гормону на фоні наростання концентрацій трийодтироніну та інсуліну. Призначення ДМХ на ділянку щитовидної залози має значний за тривалістю ефект післядії і приводить до чітко вираженої ініціації первинної імунної відповіді. Посилення продуктивної фази антителогенезу забезпечується найбільш оптимальною анаболічною спрямованістю комбінованої глюкокортикоїдної і тиреоїдної активності.

Активація функції гіпофіза і надниркових залоз корелює зі збільшенням вмісту в крові тиреотропного гормону, простагландинів F₂ і зниженням ендорфінів. Нейропептиди здійснюють взаємозв'язок між центральною та імунною системами, можуть бути імунотрансмисерами і безпосередньо стимулювати розвиток клітин тимуса. Зниження їх концентрації пов'язане з елімінацією опіодів з кровотечі, активованою вилючковою залозою, в т.ч. тимоцитами, які експресують опіодні рецептори.

Останні мають гормональну функцію відносно імунної системи і здатні супресувати продукцію антитіл, іншими словами, простежується вплив ДМХ на різні ланки осі гіпоталамус-гіпофіз-тимус. При серопозитивній формі суглобового синдрому відбувається збільшення в крові передусім пулу Т-супресорів першого порядку – молодих функціонально високоактивних клітин, супресуюча дія яких спрямована на Т-хелпери. Центральною ланкою в патогенезі імунних порушень при серопозитивній формі ревматоїдного артриту є пул В-лімфоцитів, відповідальних за синтез ревматоїдного чинника. Т-супресори не мають значущого депресивного впливу на В-клітини – звідси відсутність ефекту при цій формі захворювання. При впливі ДМХ на ділянку

селезінки (депо лімфоцитів, місце їх диференціювання і навчання під впливом зовнішніх нейроендокринних впливів, а також продукції гормонів і медіаторів) спостерігається посилення дозрівання і збільшення циркуляції імуннокомпетентних клітин в селезінці та крові. Унаслідок активації центрів парасимпатичної нервової системи знижуються артеріальний тиск, частота дихання і серцевих скорочень, купірується астматичний статус.

Після курсу лікування локомоторного апарата ДМХ відбувається наростання активності серотонінергічних структур, що свідчить про те, що знеболювальний ефект ДМХ діє переважно через дофамінергічні антиноцицептивні механізми. Опромінювання мікрохвилями супроводиться посиленням анальгезуючої дії нестероїдних протизапальних препаратів, про що свідчить збільшення порога больової чутливості у хворих.

Ефект наростає із збільшенням випромінювання і чітко виражений при СМХ. Отже, НВЧ-терапія відрізняється від УВЧ-терапії різною локалізацією ділянок максимального теплоутворення. Ця відмінність зумовлена участю в формуванні струму зміщення різних структурних компонентів тканин (диполь води і низькомолекулярних ланцюгів гліколіпідів у НВЧ-полі і великих глобулярних білків, глікопротеїдів і фосфоліпідів – в УВЧ-полі).

При впливі ДМХ на ділянку серця поряд зі зниженням ЧСС частіше і більшою мірою, ніж при впливах на віддалені від серця зони, виявляються реакції з боку кардіогемодинаміки (зменшення часу ізометричного скорочення і збільшення фази вигнання) та ЕКГ (збільшення зубців Т, нормалізація положення інтервалу S-T). Реакція легеневої гемодинаміки у виді зниження легеневої гіпертензії за рахунок зменшення легенево-артеріального опору і поліпшення венозного стоку з судин малого кола спостерігалася на впливи ДМХ у зоні шийно-грудного відділу хребта. Відбувалося поліпшення мозкового кровообігу (зростання лінійної швидкості кровотоку очноямковими артеріями, зниження асиметрії лінійної швидкості по сонних і очноямкових артеріях; згідно з даними термограми – виявляється функціонування колатеральної мережі в басейнах зовнішніх сонних артерій, поява і посилення кровотоку передньою з'єднувальною артерією).

При впливах ДМХ на поперекову ділянку поліпшується ниркова гемодинаміка, знижується периферичний опір і рівень АТ. НВЧ-терапія більше показана хворим з гіпореактивністю організму, УВЧ-терапія – при гіперреактивності. Лікувальні ефекти: стрес-індукуючий і прозапальний, антиспастичний і судинорозширювальний (слідовий), секреторний, імунокоригуючий, метаболічний, трофіко-регенераторний, гіперкоагулюючий (первинний).

Показання. Синдроми: гіпоергічний запальний, дисалгічний зі зниженою і перевернутою чутливістю, невротичний на фоні депресії, дисгормональний з переважанням стрес-лімітуючих гормонів, імунопатії з імунodefіцитними станами, диссекреторний зі зниженою функцією, диспластичний і дистрофічний за гіпотипом. Захворювання: гострі й хронічні обмежені запальні процеси (фурункули, карбункули, гідроаденіти на фоні гіпореактивності організму без вираженої набряклості), а також гострі з

наявністю стоку ексудату, а також інші захворювання, де використовується УВЧ, але тільки на фоні зниженої реактивності організму (бронхіт, пневмонія). Найбільш широко використовують НВЧ-терапію при захворюваннях опорно-рухового апарату запального, дегенеративного і травматичного генезу, гіпертонічної хвороби I-II стадії, ІХС (постінфарктний кардіосклероз з 25..28 дня захворювання), захворюваннях шлунково-кишкового тракту і жовчовивідних шляхів (виразкова хвороба шлунка і дванадцятипалої кишки, холецистит) та нирок (пієло- і гломерулонефрит, реноваскулярна гіпертонія), паркінсонізмі і захворюваннях нервової системи, бронхіальній астмі, ревматизмі з активністю не вище за II ступеня.

Протипоказання. Нарівні з загальними, при синдромах: набряклому, атонічному, підвищення інкреторної функції щитовидної залози і надниркових залоз, дисциркуляторному, гіпотензивному. Протипоказане застосування НВЧ-терапії при захворюваннях: тиреотоксикозі, набрякlostі тканин у місці впливу, активному туберкульозі (при впливі на грудну клітку), вагітності (при впливі на ділянку), стенокардії напруження II-IV ФК, виразкової хвороби зі стенозом.

Методика і техніка проведення процедури. Виділяють контактні і дистанційні методики проведення процедур. Дистанційні методики використовують при роботі на стаціонарних апаратах, зазор рекомендується встановлювати не більше за 5 см. Впливають на осередок (місцева методика), рефлексогенні зони (сегментарно-рефлекторні) і БАТ.

Дозування. Процедура дозується потужністю. Тривалість процедур, що проводяться щодня або через день, 8...10 хвилин (до 15 хвилин на декілька полів), за курс лікування проводять 8...12 процедур, в гострий період – 5. Дистанційний спосіб впливу здійснюють за допомогою стаціонарного апарата “Волна-2”. Випромінювач необхідного розміру встановлюють на відстані 3...4 см від оголеної ділянки тіла. Дозування слабе (до 30 Вт), середнє (до 50 Вт) та інтенсивне (до 70 Вт). Контактну методику застосовують від портативних апаратів. Випромінювач накладають безпосередньо на оголену ділянку тіла, доза від 1 до 20 Вт. Слабе тепло – 1...7 Вт, середнє – 7...14 Вт, інтенсивне – 14...20 Вт. Дітям із дворічного віку застосовують невелике дозування 2...5 Вт протягом 5...8 хвилин, трохи старшим – 5...8 Вт (до відчуття легкого тепла), 8...12 хвилин. З обережністю проводять процедури в місцях скупчення рідини і в ділянці кісткових виступів, де кровообіг і відведення тепла недостатні.

Фізіотерапевтичний рецепт
Діагноз: Хронічний гастрит з підвищеною секреторною активністю, неактивна фаза. Рр: ДМХ-терапія від апарата “Ромашка” на епігастральну ділянку за контактною методикою, потужність 20 Вт, 10 хвилин, щодня № 12.

2.2.2. САНТИМЕТРОХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ

Сантиметровхвильова терапія (СМХ-терапія) – лікувальне застосування електромагнітних хвиль сантиметрового діапазону.

Фізична характеристика. Діючий чинник – електромагнітна хвиля з частотою 2375 МГц. За частотою і довжиною хвилі сантиметрові хвилі

наближаються до світлових, тому вони підпорядковуються законам поширення світла. Їм властиві відображення від рубежів середовищ із різною густиною, явище інтерференції і спроможність фокусуватися.

Прямі і відображені хвилі при накладенні одна на одну утворюють стоячі хвилі, що приводить до підвищення температури на рубежах розділу середовищ і створює сприятливі умови для перегріву тканин. АПАРАТИ. “Луч-2”, “СМХ-20-3 Луч-3” (портативні), “СМХ-150-1 Луч 11”, “Луч-58-1” (стаціонарні), “Curadar”, “Endotherm”, “Radarmed”, “PM-7S”, “MW-7W”, “MR-2”.

До апарата “Луч 58” додаються чотири випромінювачі (довгастий 30*9 см і три циліндричних діаметром 9, 14, 18 см). При апараті “Луч2” є п'ять випромінювачів: один циліндричний діаметром 11,5 см, два – з керамічним наповнювачем діаметром 3,5 і 2 см і двома – внутрішньопорожнинними (ректальний і вагінальний). У комплекті до порожнинних випромінювачів додаються спеціальні знімні ковпачки. Електроди в апаратах представлені хвилеводом (випромінювач) з відбивачем. Апарати вимагають заземлення.

Механізм дії чинника. Фізико-хімічні ефекти. Сантиметрові електромагнітні хвилі виборче поглинаються (на глибині 3-5 см) переважно молекулами вільної неструктурованої води, боковими ланцюгами фосфоліпідів і амінокислотами. Мікрохвилі сантиметрового діапазону значною мірою відбиваються від поверхні тіла (до 60%). Відображення сантиметрових хвиль від поверхні шкіри створює умови для утворення стоячої хвилі і подальшого перегріву шкіри і підшкірної клітковини. Це істотно обмежує безпосередній вплив на глибоко розташований патологічний осередок. Внаслідок поглинання молекулами води енергії електромагнітного випромінювання всередині тканин і релаксаційного коливання води та амінокислот спостерігаються, як і при УВЧ- і ДМХ-терапії, нетепловий і тепловий механізми лікувальної дії.

Результатом поглинання енергії електромагнітного випромінювання СВЧ є ендогенне утворення тепла, зумовлене релаксаційними коливаннями дипольних молекул води. Найбільша кількість тепла утворюється в поверхневих і м'язових тканинах. Специфічність дії електромагнітного випромінювання НВЧ пояснюється виборчим поглинанням енергії молекулярними структурами, конформацією білка і білкових комплексів, нагромадженням таких вторинних посередників, як циклічний аденозинмонофосфат (цАМФ) і простагландини, зміною проникності клітинних мембран і, як наслідок, підвищенням функціональної активності клітин.

Температура шкіри збільшується на 1-3о С, а належних тканин на 0,5°С. Причому при СМХ-терапії тканина прогривається в глибині за рахунок утворення стоячої хвилі. Достоїнством СМХ-терапії є можливість проведення впливу на дуже малі, обмежені ділянки тіла, переважно на БАТ.

Фізіологічні ефекти. Підвищення температури в зоні поглинання енергії створює потік аферентної імпульсації у відповідні сегменти спинного мозку, таламічні і гіпоталамічні центри, де задіяні різні рівні реагування, в тому числі

через гуморальні системи. Вплив НВЧ-випромінюванням сантиметрового діапазону при слаботеплових і теплових інтенсивностях здійснює стимулюючий вплив на функціональну активність аденогіпофіза і кори надниркових залоз, а також обмін простагландинів і цАМФ.

Вираженість змін вмісту простагландинів і цАМФ залежить від дози опромінювання і особливостей поглинання тканинами енергії мікрохвиль (відбувається своєрідний перерозподіл чинників гуморальної регуляції між різними тканинами).

Спрямованість змін вмісту досліджених біологічно активних речовин ідентична, а в динаміці виокремлюють три типи реакції у відповідь: 1) наростання змін від процедури до процедури, 2) максимальна зміна показників саме після 1-ї процедури, 3) досягнення максимальних порушень до 5...7-ї процедури. Відомі різні реакції організму на дію СВЧ-випромінювання від місцевої вазодилатації до задіяння найважливіших адаптаційних механізмів, що супроводяться активацією системи терморегуляції і зміною обмінних процесів. Однак найістотнішим вважається стимулювання функцій найважливіших ендокринних органів.

При спрямованому впливі сантиметрові хвилі малої інтенсивності стимулюють ендокринну систему організму, кору надниркових залоз, щитовидну й підшлункову залози. Активація залоз внутрішньої секреції приводить до підвищення в плазмі крові вмісту АКТГ, СТГ, кортизолу, тироксину та інсуліну (при впливі на підшлункову залозу, при впливі на кору надниркових залоз – рівень інсуліну знижується), рівень трийодтироніну знижується, пригніблюється активність імунокомпетентних клітин.

З підвищенням інтенсивності відбувається виділення тепла в поверхневих тканинах організму, багатих на воду, активуються вільно-радикальні процеси, системи цАМФ, нагромаджуються простагландини, переважно фракції F2a, посилюються метаболічні процеси, збільшується кальцій-акумулююча здатність мембран міокардіоцитів, що приводить до підвищення скорочуваності міокарда; підвищується неспецифічна резистентність і реактивність організму, що диктує використання СМХ-терапії у хворих при зниженій реактивності організму.

Друга фаза СМХ-терапії є слідовою і характеризується активацією антисистем, відбувається пригніблення функції симпато-адреналової системи, зростає рівень простагландинів E2 і антиоксидантів.

У ділянці впливу сантиметрові хвилі посилюють регіонарну гемо- і лімфодинаміку за рахунок збільшення швидкості кровотоку (теплова дія сантиметрових хвиль), що сприяють прискоренню розсмоктування згустків фібрину і продуктів деструкції клітин із запальної ділянки, активують метаболізм тканин, що опромінюються, і регенераторні процеси, спостерігається бактеріостатична дія.

Заслуговує на увагу вплив мікрохвиль сантиметрового діапазону на фармакокінетику медикаментів в організмі. Під впливом СМХ сповільнюється елімінація з крові нестероїдних протизапальних препаратів, що використовуються у хворих із захворюваннями суглобів. Лікувальні ефекти:

стрес-індукуючий і прозапальний, місцевий аналгетичний, метаболічний, секреторний, десенсибілізуючий, судинорозширювальний, гіперкоагуляційний (первинний).

Показання. Синдроми: гіпоергічний запальний, дисалгічний зі зниженою і перевернутою чутливістю, невротичний на фоні депресії, дисгормональний з переважанням стрес-лімітуючих гормонів, імунопатії з алергічними або імунодефіцитними станами, диссекреторний зі зниженою функцією, диспластичний і дистрофічний за гіпотипом. Захворювання: гіпертонічна хвороба, захворювання периферичної нервової системи (неврити, невралгії), дегенеративні захворювання суглобів і хребта, патологія ЛОР-органів, хронічні неспецифічні захворювання легень, запальні захворювання жіночих статевих органів, сечовидільних шляхів у гіпореактивних хворих.

Протипоказання. Нарівні з загальними, при синдромах: набряклому, атонічному, підвищенні інкреторної функції щитовидної залози і надниркових залоз, гіперкоагуляційному, порушеннях ритму серця, гіпотензивному. Протипоказане застосування СВХ-терапії при тиреотоксикозі, набрякlostі тканин у місці впливу, активному туберкульозі (при впливі на грудну клітку), вагітності (при впливі на ділянку живота), ангіоспазмах, виразкової хворобі шлунка зі стенозом.

Методика і техніка проведення процедури. Виділяють контактні й дистанційні методики проведення процедур. Дистанційні методики використовують при роботі на стаціонарних апаратах, зазор потрібно встановлювати 5...7 см. Контактно працюють на апаратах “Луч-2, 3, 4”. Встановлюють випромінювач відповідного розміру і форми безпосередньо на тілі хворого або вводять ректально (вагінально). Впливають на патологічне осередок (місцева методика), на рефлексогенні й паравертебральні зони (сегментарнорефлекторна методика) і біологічно активні точки (мікрохвильова імпульсна рефлексотерапія).

Дозування. Дистанційний спосіб впливу здійснюють за допомогою стаціонарних апаратів “Луч-58”. Випромінювач необхідного розміру встановлюють на відстані 5...7 см від оголеної ділянки тіла. Дозування слабке (до 30 Вт), середнє (до 50 Вт) та інтенсивне (до 70 Вт). Контактну методику застосовують портативними апаратами “Луч 2, 3, 4”. Випромінювач накладають безпосередньо на оголену ділянку тіла, доза від 1 до 20 Вт (слаботеплова – 1...7 Вт, оліготермічна – 8...14 Вт, термічна 14...20 Вт). Дітям із дворічного віку застосовують невелике дозування 2...5 Вт протягом 5...8 хвилин, більш старшим – 5...8 Вт (до відчуття легкого тепла), 8...12 хвилин. Тривалість процедур, що проводяться щодня або через день, 4...10 хвилин (до 15 хвилин на декілька полів), на курс лікування 5...12 процедур, у гострий період – 5 процедур. Повторний курс призначають через 2...3 місяці.

Фізіотерапевтичний рецепт Діагноз: Гострий катаральний гайморит праворуч. Рр: СМХ-терапія від апарата “Луч-2” на проекцію правої гайморової порожнини за контактною методикою, потужність 2 Вт, 10 хвилин, щодня.

2.2.3. КРАЙНЬОВИСОКОЧАСТОТНА ТЕРАПІЯ

Крайньовисокочастотна терапія (КВЧ-терапія), інформаційно-хвильова терапія (ІХТ) – лікувальне застосування електромагнітних хвиль міліметрового діапазону нетеплової інтенсивності (до 10 мВт/см²), що підводиться до хворого за допомогою хвилеводів або спеціальних антен.

2.2.3.1. Міліметрохвильова Терапія

Метод міліметрохвильової терапії (ММХ-терапія) є принципово новим методом лікування, що ґрунтується на особливостях сприйняття організмом людини ЕМВ КВЧ, довжина хвиль якого дорівнює 4...8 мм. Застосування ЕМВ КВЧ ніби імітує природні сигнали управління, що мають місце в живому організмі у вигляді власного міліметрового когерентного ЕМВ, яке бере участь в фундаментальних біологічних процесах. Для організму як саморегулюючої системи, у деяких випадках досить адекватної інформації у вигляді ЕМВ КВЧ для усунення виниклої патології і підтримки нормального фізіологічного стану, тобто гомеостазу організму (один з гаданих феноменів).

Фізична характеристика.

ММХ-випромінювання – це електромагнітні хвилі міліметрового діапазону з частотою 53,5 ГГц (довжина хвилі 5,6 мм) і 42 ГГц (7,1 мм), “шумовий випромінювач” в діапазоні 57,2...64,1 ГГц низької інтенсивності (10 мВт/см²). КВЧ пунктура здійснюється в безперервному і імпульсному режимах, повторна модуляція на частотах 0,5...9,9 Гц.

АПАРАТИ. Для ММХ-терапії використовуються апарати “Явь-1-5,6”, “Явь-1-7,1”, “Явь-Альонушка”, “Електроніка-КВЧ-101”, “Ініціація-2МТ”, “Резонанс”, “ГЗ-142 Поріг-1”, “Шлемо 01-05”, “Шлемо 01-07”.

Електрод представлений знімними рупорами діаметром 1, 2 і 3 см. Для зонального впливу використовується рупор діаметром 2 см, для трофічної виразки великих розмірів – не менше 3 см, при впливі на гайморові пазухи і БАТ – класичний рупор діаметром 1см.

Механізм дії чинника.

Фізико-хімічні ефекти. Енергія кванта в діапазоні частот 30...300 ГГц і менше енергії електронних переходів, молекул і водневих зв'язків, а отже, не може впливати на хімічний зв'язок, що дає підставу відносити ці хвилі до неіонізуючого випромінювання. У зоні впливу міліметрових хвиль (ММХ) температура тіла підвищується не більше, ніж на 0,1°С. Особливостями електромагнітних хвиль КВЧ є їх резонансний характер, коли біологічний ефект спостерігається у вузьких інтервалах частот. ММХ значно поглинаються водою і майже повністю затухають вже у верхніх шарах шкіри. Висока поглинаюча здатність ММХ молекулами води, гідратованими білками і визначає їх здатність проникати у біологічні тканини до 0,2...0,6 мм (залежно від набрякlosti тканин). Подальша зміна хімічної активності молекул води збуджує гідратаційночутливі елементи регуляторних систем, що впливає на синтез АТФ та іонний транспорт унаслідок зміни конформації білків, які управляють функцією іонних каналів. Енергія ММХ поглинається молекулами білків, ліпідів, кисню, колагену I і III типів, мембранами клітин і ДНК. Випромінювачі-хвилеводи концентрують міліметрові хвилі в паралельні

пучки, що визначає локальний характер їх впливу на окремі ділянки тіла хворого. Фізіологічні ефекти. Міліметрові радіохвилі, індукуючі конформаційну перебудову структурних елементів шкіри, модулюють спонтанну імпульсну активність нервових провідників шкіри, її імунні реакції.

При впливі ММХ на шкіру людини енергія мікрохвиль взаємодіє з кератиноцитами, внутрішньоепідермальними макрофагами, Т-лімфоцитами, а також клітинами сосочкового і сітчастого шарів (лаброцитами, нейтрофілами, фібробластами). Можуть залучатися судинні сплетення і вільні нервові закінчення. І як наслідок, в шкірі розгортається модуляція імунних реакцій, посилюється мікроциркуляція, інтенсифікуються метаболічні процеси. У результаті виникають істотні зміни структури висхідного імпульсного потоку, що приводить до активації шкірновісцеральних рефлексів. Під дією міліметрових хвиль на рефлексогенні зони і біологічно активні точки змінюється активність вегетативної нервової і ендокринної систем, що прискорює репарацію пошкодженої тканини, трофіку слизової гастродуоденальної зони, залозистого апарату шкіри. ММХ-випромінювання активують імунну систему організму.

ММХ-терапія сприяє нормалізації порушень, виникають на клітинному рівні (імунологічної системи, реології крові), нормалізує гемодинаміку з гіпотензивним ефектом, стимулює репаративні процеси, активує мукоциліарний кліренс і виділення мокроты з дихальних шляхів. Зони підвищеної чутливості до ММХ збігаються з канонічними точками акупунктури, при цьому нерідко сенсорні реакції виникають не в самому місці впливу, а в тому або іншому осередку патології, віддаленому на відстань, але має з точкою впливу меридіанний зв'язок.

У цьому випадку механізм дії ММХ має рефлекторний характер і тенденцію до швидкої та поширеної генералізації на віддаленні м'язові синергії. Можливе пояснення цієї генерації полягає в тому, що ММХ активують центральні структури рухового аналізатора, відновлюючи певною мірою контроль над мотонейронами спинного мозку. Ефекти ММХ зберігаються протягом деякого часу після проведеної лікувальної процедури, причому тривалість післядії з кожним разом зростає. Електромагнітні хвилі міліметрового діапазону здійснюють виражений вплив на скорочувальну функцію міокарда, що виявляється в збільшенні фракції викиду за рахунок сили серцевих скорочень, нормалізується серцевий ритм, відбувається гармонізація обмінних процесів в міокарді. ММХ-терапія підвищує неспецифічну резистентність і реактивність організму при її впливі, що диктує доцільність її використання у хворих на фоні зниженої реактивності організму. Друга фаза або слідовий ефект ММХ-терапії характеризується посиленням стреслімітуючих антисистем (збільшення вмісту антиоксидантів, простагландинів фракції E2, інсуліну). Лікувальні ефекти: стрес-індукуючий, нейростимулюючий, секреторний, місцевий болезаспокійливий, трофічний, антиспастичний (повторний), імуностимулюючий, седативний (повторний).

Показання. Синдроми: гіпоергічний запальний, дисалгічний зі зниженою і перевернутою чутливістю, невротичний на фоні депресії, дисгормональний з

переважанням стрес-лімітуючих гормонів, імунопатії з імунодефіцитними станами, диссекреторний зі зниженою функцією, диспластичний і дистрофічний за гіпотипом. ММХ використовують при захворюваннях, причиною яких є порушення процесів саморегулювання організму, підгострі і хронічні запальні захворювання периферичної нервової системи (невралгія, неврит), органів дихання (пневмонія, бронхіт), шкіри (псоріаз, обмежена склеродермія), ерозії шийки матки, консолідовані переломи кісток. Використовується для лікування і профілактики виразкової хвороби шлунка і дванадцятипалої кишки у хворих на фоні зниженої реактивності організму, для стимуляції кровотворення в онкологічних хворих після хіміотерапії і хірургічного втручання. П

Протипоказання. Синдроми: інфекційний з піретичною реакцією, гіперергічний запальний, дисгормональний з переважанням стрес-індукуючих гормонів, а також органної недостатності (серцевої, судинної, дихальної, ниркової, печінкової, шлунково-кишкової і ендокринної дисфункції, енцефаломієлопатії, артропатії, дермопатії) в стадії декомпенсації, диспластичний і дистрофічний за гіпертипом. Захворювання: тиреотоксикоз, гіпотонічна хвороба. Забороняється впливати КВЧ-випромінюванням на пігментні плями, невуси, ангіоми через біостимулюючу дію випромінювання. КВЧ не показане при клініці “гострого живота”, невідкладних станах, інфаркті міокарда, наявності у пацієнта штучного водія ритму серця, вагітності, тромбозах і емболіях, вегеталгіях, нейродерміті, бронхіальній астмі на фоні гіперреактивності організму.

Методика і техніка проведення процедури. Вплив міліметровими хвилями здійснюють на шкіряні проекції патологічного вогнища, вегетативних гангліїв, рухові точки, рефлексогенні й біологічно активні зони. Переважніше призначати на біологічно активні точки, де скупчуються тельця Руффіні, в яких безпосередньо контактують колагенові і нервові волокна. Рупор випромінювача-хвилевода встановлюють на відстані 2...5 мм від вибраної ділянки опромінювання. Вплив може проводитися в безперервному або імпульсному режимі.

Дозування. При ММХ-терапії випромінювач з діелектричною насадкою розташовують контактено в ділянці нижньої третини грудини, задньої поверхні шиї або біологічно активної точки, потім індивідуально настроюють частоту. Інтенсивність від 1 до 12 мВт/см², при впливі на корпоральні точки потужність випромінювання – не більше за 7 мВт, на аурикулярні – 5 мВт/см², тривалість процедури по всіх точках 10...20 хвилин (на одну корпоральну точку – не більше 10 хвилин, аурикулярну 2...5 хвилини), щодня або через день. Час впливу на одну зону в режимі контактено застосування без сканування не повинен перевищувати 15...20 хвилин. Курс – 6...15 процедур. Повторний курс через 1...1,5 місяця. Чим менше потужність випромінювання, тим більш поверхневим буде вплив. Тому за необхідності впливу на поверхнево розташовані ділянки ураження доцільно використати випромінювання малої і середньої потужності (1...3 мВт), а на глибоко розташовані – середньої потужності (3...7 мВт). Причому малопотужний

апарат (до 1 мВт) не придатний для одночасного впливу на велику площу при ураженні шкіри. Навпаки, випромінювач великої потужності не підходить для впливу на біологічно активні точки. Попередня лазеро- і магнітопунктура з частотною модуляцією збільшує чутливість хворого до подальшої КВЧ-терапії.

Фізіотерапевтичний Рецепт Діагноз: Виразкова хвороба з больовим і диспепсичним синдромом, активна фаза. Рр: КВЧ-терапія на епігастральну ділянку за контактною методикою, довжина хвилі 5,6 мм чергувати 7,1 мм, 20 хвилин, щодня.

Мікрохвильова резонансна терапія

Мікрохвильова резонансна терапія (МРТ) – метод корекції стану організму електромагнітним випромінюванням міліметрового діапазону наднизької інтенсивності. Міліметровий діапазон електромагнітної хвилі використовується також при КВЧ терапії, однак МРТ відрізняється наднизькою інтенсивністю, іншими словами, МРТ – це КВЧ наднизької інтенсивності.

Фізична характеристика. Використовуваний чинник – електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону синусоїдної форми з фіксованою довжиною хвиль 4,9; 5,6 і 7,1 мм наднизької інтенсивності, з повторною модуляцією на частотах 0,5-9,9 Гц. АПАРАТИ. Апарат мікрохвильової резонансної терапії “АМРТ-01” і “АМАТ-02”, “АМРТ-04” в портативному виконанні ефективний при проведенні рефлексотерапії. Апарати МРТ “Порог-1”, “Порог-2”, “Порог-3”, “Арія-СК”, “Г4- 142”, “МІТ”, “МІТ-1,2”, апарат поліфакторний квантової терапії, що поєднує світлову і міліметрову терапію, “Пакт-02”.

Механізм дії чинника. Фізико-хімічні ефекти. Електромагнітні хвилі міліметрового діапазону через малу довжину хвилі добре поглинаються молекулами води, білків, мембранами клітин і проникають у тканину на глибину 0,2...0,6 мм. Для білкових молекул є критична (тригерна) точка гідратції, коли кількість молекул води, що утримується на поверхні білка не перевищує 1/3 повної гідратної оболонки.

При цьому під дією електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону формується функціонально активна конформація білкових молекул, змінюється електричний опір і вогкість шкіри, діелектрична проникність, транспортування різних речовин і газів. Фізіологічні ефекти.

Первинною мішенню міліметрових радіохвиль є молекули води, пов'язані з білковими структурами шкірного колагену. Зміна електронного стану колагену і його п'єзоелектричних властивостей зумовлює збудження чутливих ніжних волокон в шкіряних рецепторах-тельцях Руффіні й модулює спонтанну імпульсну активність нервових провідників шкіри, збудження прегангліонарних симпатичних нейронів бокових рогів спинного мозку і нейронів у вегетативних гангліях, які виділяють в синоптичні і судинні русла адреналін, норадреналін та ін., тобто нарівні з сенсорною інформацією електромагнітні хвилі міліметрового діапазону викликають біохімічні реакції. У даний час виокремлюють “електромагнітний каркас” організму, який

відіграє важливу роль у встановленні гомеостазу. При патологічних станах в організмі відбуваються електромагнітні порушення.

Електромагнітні хвилі міліметрового діапазону імітують власне випромінювання організму в КВЧдіапазоні і в процесі терапії, виконуючи функції синхронізуючого пристрою, нав'язують організму ту “здорову” ритміку, що втрачається в процесі захворювання. Зовнішнє випромінювання впливає на власну керуючу систему організму (інформаційно-керуючу систему), відновлює “електромагнітний каркас” організму (можлива гіпотеза), знижує електрошкірний опір хворого, трохи підвищує артеріальний тиск під час процедури з подальшим зниженням початкових значень.

При взаємодії з мікрочастинками живих тканин, що мають ту ж резонансну частоту (поліпептиди-цитомедіни), виникають внутрішні інформаційні сигнали, здійснюється управління і регулювання фізіологічних функцій, характерних для даної тканини, органу і системи, що прискорює репарацію пошкодженої тканини. Лікувальні ефекти: нейростимулюючий, секреторний, імуномодулюючий, регенераторний.

Показання. СМХ-терапія використовується при таких основних синдромах: гіпоергічний запальний, дисалгічний з підвищеною, зниженою і перевернутою чутливістю, невротичний на фоні депресії, дисгормональний з переважанням стрес-лімітуючих гормонів, імунопатії з імунодефіцитними станами, диссекреторний зі зниженою функцією. Захворювання: нервової системи, опорно-рухового апарату, ендокринної, травної і дихальної систем, рановий процес. Найбільша ефективність досягнута в лікуванні епілепсії, деформуючих артрозів, бронхіальної астми, обструктивних бронхітів і виразкової хвороби, безплідності.

Протипоказання. Синдроми: інфекційний з піретичною реакцією, гіперергічний запальний, дисгормональний з переважанням стрес-індукуючих гормонів, а також органної недостатності в стадії декомпенсації.

Методика і техніка проведення процедури. Випромінювач розташовують, як правило, контактно на біологічно активні точки або рефлекторні зони.

Дозування. Індивідуально для кожного хворого добирають частоту за відчуттям тепла, розпиранням – так званої сенсорної реакції. Впливають, як правило, на БАТ в середньому до 10 хвилин на точку. Тривалість одного сеансу 10-30 хвилин. Курс становить 10...20 сеансів, можна проводити 2 рази на день з інтервалом 6 годин щодня, рідше через день.

При виборі частоти модуляції ЕМВ необхідно пам'ятати, що в основі багатьох ритмічних процесів в організмі лежить “функціональна” універсальна частота 1,2 Гц (1,14 Гц), кратність якої відмічається в багатьох функціональних системах – це ритм серцевої діяльності – 72 удари за 1 хвилину ($1,2 \cdot 60 \text{ с} = 72$). Частота ритму дихання 0,3 Гц; частота електричного потенціалу кишечника – 0,2...0,3 Гц; 1...3 Гц – частота електричного потенціалу шлунка, 10 Гц – альфа-ритм і ритм тремора, що впливає на капілярний кровотік. Модуляція частотою 1,0...1,2 Гц рекомендується при лікуванні інфекційного вогнища, а в два рази частіше (2...2,4 Гц) – для терапії ревматичних захворювань і при впливі на седативні БАТ, 10 Гц – в

травматології і для впливу на тонізуючі БАТ, 20 Гц – сигнальні точки (глашатаї), 40 Гц – при захворюваннях нервово-м'язової системи і для впливу на точки входу меридіанів, 80 Гц – на точки виходу меридіанів, а 160 Гц – на точки “підсобники” (джерела) у разі органічної патології центральної нервової системи. Для активації систем і органів (2...5 хвилин на БАТ) беруть 4...6 точок, для гальмування (10...20 хвилин на БАТ) – 1...3 точки. Наприклад, якщо отримані з перших процедур високі результати при лікуванні виразки шлунка за допомогою точки Е36, то доцільно продовжувати лікування, впливаючи на цю точку до 20 хвилин.

При виборі декількох точок бажано використати одну точку передньосереднього каналу + дві точки на руках; на наступний день брати точку задньосереднього каналу + дві точки на ногах. Можливий перехресний варіант: точка передньосереднього каналу + точка на руці праворуч + точка на нозі ліворуч навпаки. Можна вибирати для лікування точки, в яких перетин симптомів конкретного пацієнта максимальний, в тому числі сегментарні точки тулуба, що мають “відповідну симптоматику”.

Після засвоєння теоретичних питань вивчить граф логічної структури теми (додаток 3). Якщо Ви засвоїли зміст теми, закріпіть її рішенням задач. Потім правильність їхнього рішення перевірте за еталонами відповідей.

РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА. ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТУ СМВ-20-4 ЛУЧ-4

3.1. Принцип роботи апарату СМВ-20-4 ЛУЧ-4

Принци роботи апарата засновано на генеруванні магнетронним генератором електромагнітних коливань з частотою 2,45 ГГц які впливають через випромінювач на пацієнта.

Структурна схема приведена на рис. 3.1. Блок керування 1 призначено для керування роботою високовольтного стабілізатора струму та магнетронного генератора. Високовольтний стабілізатор струму 2 призначено для стабілізації вихідного струму магнетрона. Магнетронний генератор 3 призначено для генерування електромагнітних коливань з частотою 2,45 ГГц та наступною передачею їх по коаксіальному кабелю на випромінювач. Високовольтний перетворювач 4 призначено для живлення високовольтного стабілізатора струму постійною напругою.

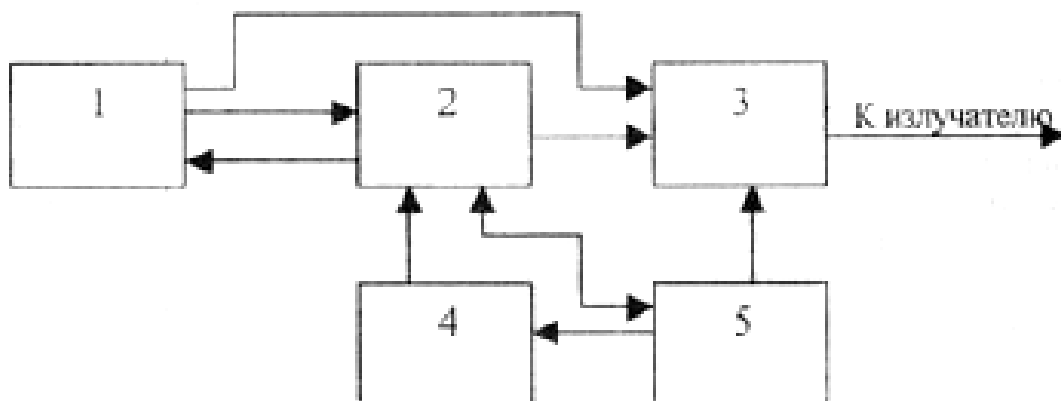


Рис. 3.1 – Структурна схема апарату СМВ-20-4 ЛУЧ-4

Вузлик змінної напруги 5 призначено для живлення високовольтного стабілізатора струму, високовольтного перетворювача та магнетронного генератора.

В якості високочастотного генератора використовується магнетрон V4, специфічною особливістю якого є робота при низьких рівнях потужності. Магнетрон генерує високочастотні коливання при установці напруги розжарювання по даним, які указані в паспорті на магнетрон, та подачі на його анод напруги амплітудою від 1,1 до 1,35 кВ. Для генерування магнетроном електромагнітних коливань потужністю від 0,5 Вт та вище в блоці керування застосовано широтно-імпульсний модулятор («Ш І М»). Генератор «Ш І М» зібрано за схемою двохкаскадного підсилювача з позитивно зворотним

зв'язком на елементах DD1/1 та DD1/2. Частота генерації складає 500 Гц. «Ш І М» виконано на елементах DD3 та DD5.1 з перемиканням модуляції S2. Перемикач S2 служить для ступінчастої регуляції вихідної потужності на діапазоні «0 – 5 Вт».

Робота «Ш І М» пояснюється часовою діаграмою на рис 3.2. Імпульси генератора поступають на вхід десяткового лічильника DD3, який на 10 виходах формує імпульси, які зміщені в часі. Зсув приводиться заднім фронтом кожного імпульсу, який прийшов на вхід десяткового лічильника.

Тригер DD5.1 переднім фронтом позитивного імпульсу, який прийшов на R – вхід, скидається в початковий стан, а заднім фронтом встановлюється в режим очікування по C – входу. З приходом на C – вхід позитивного імпульсу по передньому фронту на виході тригера встановлюється рівень логічної 1, який зберігається до приходу наступного імпульсу на R – вхід, тригер скидається в початковий стан. Комутує перемикачем S2 виходи десяткового лічильника з R –

виходом тригера, на виході останнього отримуємо імпульси різної тривалості. Конденсатор C13 грає важливу роль затримки імпульсу який поступає на C – вхід тригера для випадка коли задній фронт імпульсу на R - вході співпадає з переднім фронтом імпульсу на C вході.

Керування діапазонами виконує тригер на елементі DD2 за допомогою кнопки S3 – S5 які розташовані на панелі керування.

При вмиканні апарату в мережу на час заряду C21 на входах 1.3 DD2 встановлюється рівень логічного 0, що достатньо для установці тригера в режимі «Скидання потужності».

При розімкнутих контактах 3 та 5 процедурного годинника K1 тригер DD2 буде постійно знаходитися в режимі «Скидання потужності», так як в указаному режимі буде його утримувати рівень логічного 0, що поступає на входи 1 та 3 з колектору транзистора VT8. Для установки тригера в режимі одного із діапазонів потужності необхідно замкнути контакти 3 та 5 годинника K1 поверненням по часовій стрілці ручки «Час процедури», встановивши необхідний час.

При натисканні кнопки S4 на входах 2, 11, 12 DD2 та на вході 1 DD4.1 встановлюється рівень логічного 0, який переводить тригер в режим «0-5 Вт» з дозволяння рівня логічного 1 на вході 5 DD2, який поступає з виходу 3 DD4.1.

При натиску кнопки S3 на входах 4 та 13 DD2 встановлюється рівень логічного 0, який переводить тригер в режим «0 – 20 Вт» з дозволяння рівня логічного 1 на вході 8 DD2

Якщо на вході 8 DD2 встановлюється рівень логічного 0, то при натиску кнопки S3 на входах 11, 12, 13 DD2 встановлюється рівень логічного 1, який поступає з виходу 6, 9 DD2, який переводить тригер в режим «Скидання потужності».

Залишитися в режимі «0 – 5 Вт» йому не дозволить рівень логічного 0 на виході 5 DD2, який поступає з виходу 3 DD4.1.

В якості елементів сигналізації режимів роботи апаратів використовуються кнопки S3 – S5 лампочки яких вмикнуті в якості колекторного навантаження транзисторі VT9 – VT11.

Керування сигналізацією відбувається рівнем напруги, яке поступає з виходів тригера на транзистори VT9 – VT11 через перетворювач DD6. Кнопки S3 – S5 сигналізують режими роботи апарата при установленні рівня логічного 0 на виходах 9, 11, 14 DD6 відповідно.

Для дозволу вмикнення апарату в режим «0-20 Вт» на вході 8 DD1 повинно бути встановлено рівень логічного 1, який з інверсного виходу тригера DD5.2 що знаходиться в скинутому стані.

Схема формування логічного рівня, яка керує вмиканням апаратів в режимі «0 – 20 Вт» складається з компаратора DA1, ключа VT7, логічного елементу DD7 та тригера DD5.2. Мета схеми – дозволити ввімкнути діапазон «0 – 20 Вт» тільки при виведеній в край ліворуч положення ручки Потужність, що відповідає мінімальному значенні потужності.

Входи конденсаторів DA1 з'єднані резистором R3, так що вони знаходяться під одним потенціалом тільки при встановленій ручці «Потужність» в край ліворуч. В цьому випадку на виході компаратора встановлено позитивний потенціал.

В усіх останніх положеннях ручки «Потужність» на виході компаратора встановлено від'ємний потенціал. Ключ VT7, який керується компаратором, перетворює керуючі потенціали та логічні рівні. Логічний елемент DD7 призводить скидання тригера DD5.2 по R – входу при встановленні рівня логічної 1 на виході 1, 8, 9.

Тригер буде знаходитися в скиданому стані при наступній зміні на виході 1 DD7 рівня логічного 1 на 0 на входах 8 (збільшення вихідної потужності апарата завдяки ручки «Потужність»). Вивести тригер із скиданого стану можна по S - входу при установці рівня логічного 0 на вході 8 або 9 DD7. Схема виконана на транзисторі VT6, призначена для керування вмиканням високовольтного реле K2, через контакти якого подається висока напруга на катод магнетрона.

В якості колекторного навантаження транзистора VT6 ввімкнута обмотка реле K2. Керування транзистором VT6 робить тригер DD2 завдяки логічному елементу DD4.3.

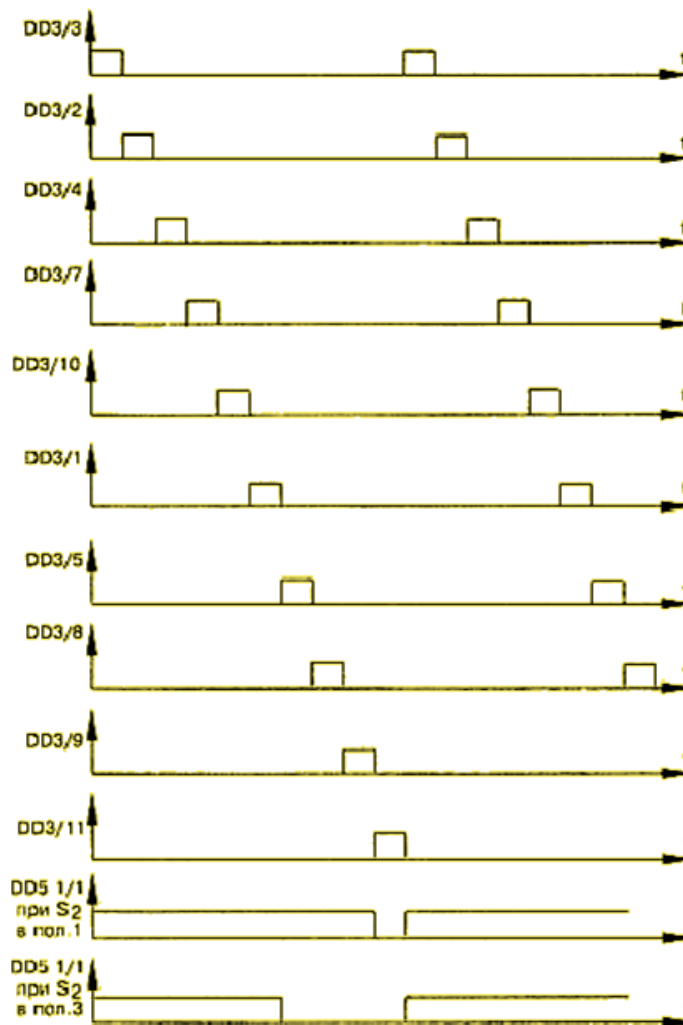


Рис. 3.2 – Часова діаграма «Ш I М»

Логічний елемент DD8.1 призначено для виключення впливу Ш I М на роботу апарату в інших режимах, так як Ш I М використовується для керування вихідною потужністю тільки в діапазоні «0 – 5 Вт». Дозволення на керування вихідної потужності від «Ш I М» дає рівень логічної 1 на вході 9 DD8.1, яка поступає з тригера DD2 через інвертор DD4.2.

Схема, виконання на транзисторах VT2, VT4, VT5 призначена для керування вхідним сигналом підсилювача DA3, який модулюється по тривалості сигналом з виходу 10 DD8.1 та логічними рівнями з виходу 15 DD6.3. Керування амплітудою вихідного сигналу підсилювача DA3 ділителі R42, R43 та R15 - R17 живляться стабілізованою напругою от стабілізатора, який виконано на транзисторах VT1, VT3. Генератор стабільного струму виконано на операційному підсилювачі DA3, датчику струму R8, який прикладається до інвертуючого входу 2 DA3, дорівнює вхідній напрузі, яка поступає на неінвертуючий вхід 3 DA3. Таким чином, струм через VT1, а також магнетрон, з'єднаний послідовно з VT1, визначається напругою на вході 3 DA3. Буферне коло генератора стабільного струму виконане у вигляді послідовно з'єднаних високовольтних транзисторів V1 – V3, забезпечує

безпечну роботу VT1 в умовах високої напруги на аноді магнетрону. Базові кола транзисторів V1 – V3 заживлено трьома незалежними джерелами постійної напруги. Випрямлення напруги на буферних транзисторах V1 – V3 проходить завдяки ділникам R5 – R7 та пар транзисторів VT2 – VT3; VT4 – VT5, які ввімкнуті в емітерні кола V1, V2. Транзистор VT6 з ввімкнутим в колекторне коло реле K2 здійснює захист магнетрона від перевантаження. Струм перевантаження визначається ділником R12, R14.

При перевантаженні магнетрону спрацьовує реле K2, блокується контактами 2,3 та знеструмлює обмотку високовольтного реле K2 завдяки якого відмикається висока напруга від катода магнетрону. При заблокованому реле K2 рівень логічного 0, який поступає з колектору VT6 через двійний інвертор DD1.3, DD1.4 на виході 1,3 DD2, переводить апарат в режим «Скидання потужності» та утримує в цьому режимі до розблокування реле. Розблокування реле K2 виконується відключенням апарата від мережі.

Реле K1, обмотка якого ввімкнута в якості колекторного навантаження транзистора VT10, призначено для підключення в коло індикатора P1 додаткових опорів R15, R17, якими регулюється струм через індикатор при його калібровці на діапазонах «0 – 20 Вт», «0 – 5 Вт».

Живлення блоку керування та деяких елементів високовольтного стабілізатора струму відбувається від джерел стабілізуючої напруги +12 та -12 В, виконаних на випрямлячах V1, V2 та стабілізаторах з фіксованою вхідною напругою DA1, DA2. Конденсатори C1, C2, C10, C11 виконують роль фільтрів. Конденсатори C5, C6 призначені для забезпечення стійкої роботи стабілізаторів. Діоди V5, V6 призначені для захисту стабілізаторів від переполюсовки. Анод магнетрону живиться від високовольтної обмотки 7 трансформатора T1 з наступним перетворенням змінної напруги в постійну випрямленою мостом, який виконано V1 – V4.

Згладжуючий високовольтний фільтр виконано на послідовно з'єднаних конденсаторах C1 – C5. Резистори R1 – R5 призначені для вирівнювання напруги на конденсаторі. Відводи в високовольтній обмотці призначено для вибору найбільш легкого режиму роботи високовольтного стабілізатору струму при нарузі мережі не нижче 198 В.

Напруга розражування магнетрону подається від трансформатора T2. Перешкодозахищений мережевий фільтр виконано на конденсаторі C1. Резистор R2 призначено для розряду C1 після вимкнення мережевої вилки апарата від розетки.

Таблиця 3.1 – Перелік елементів схеми електричної принципової

Позначення	Найменування	Кіл
A1	Блок керування ДВ 5.284.002	1
A2	Високовольтний стабілізатор струму ДВ 5.284.002	1
	Конденсатори	2

C1	К75-37-0,1 мкФ-2x0,0047 мкФ	2
C2, C3	К15-5-Н70-3кВ-6800 пФ	2
Г1, Г2	Вставка плавка ВПБб-11	3
И1	Індикатор ТЗЛ-1-1 / цоколь Е10/13	3
К1	Часи процедурні РВ-1-30	2
К2	Реле РЭН29-1-РФ4519063-00.02	1
Р1	Індикатор дв 5.171.024	1
	Резистори	11
Р1	МЛТ-1-100 кОм	2
Р2	МЛТ-1-1,5 МОм	1
Р3	СПЗ-30г-0,025-10 кОм	2
С1	Перемикач ПКН-41-1-2	2
	Кнопка прямоугольна, 15 біла	2
С2	Перемикач ПКЗ-11П14В	1
С3...С5	Перемикач ПКН61-1000 (Б2-1-3-10-2-Б1)-3	3
Т1	Трансформатор Дв4.702.056	1
Т2	Трансформатор Дв4.702.057	1
V1...V3	Транзистор ВU 508АХ	1
V4	Магнетрон М-95	1
X1	Вилка ВШ-ц-20-Б-01-10/220 УХЛ4	2
X2, X3	Розетка СНО 64-48/95x113-24-2-В	1
X4	Розетка РГ1Н-1-3	1
XW	Кабель радіочастотний ТА6,645:109	1
V5, V6	Індикатор одиничний АЛ307 ГМ	2
V7	Індикатор одиничний АЛ307 ЕМ	1
N1	Плата дв6.730.087	1
V1...V4	Столб КЦ108Б	4
N2	Плата дв6.730.088	1
С1...С5	Конденсатор К50-29-450 В-22 мкФ	5

R1...R5	Резистор С2-23-20-150 кОм	5
---------	---------------------------	---

Таблиця 3.2 – Перелік елементів схеми електричної принципової високовольтного стабілізатора струму

Позначення	Найменування	Кіл
Конденсатори		
C1, C2	К50-24-25 В- 2200 мкФ	2
C4	К10-17-26-Н50-0,1 мкФ	1
C5, C6	К10-17-26-Н90-0,1 мкФ	2
C8	К10-17-26-Н50-0,1 мкФ	1
C9	К50-16-25В-500 мкФ	1
C10, C11	К10-17-26-Н90-1 мкФ	1
C12, C13	К50-16-25В-500 мкФ	
Мікросхеми		
DA1, DA2	КР142ЕН8Б	
DA3	КР144УД2Б	
K1, K2	Реле РЭК23 РФ4.500.472-01-02	
Резистори		
R1... R3	МЛТ-1-100 Ом	3
R4	МЛТ-0,25-2 кОм	1
R5... R7	С2-23-2,0-330 кОм	3
R8	МЛТ-0,5-51 Ом	1
R9	МЛТ-0,25-50 Ом	1

R10, R11	МЛТ-0,25-510 Ом	2
R12	МЛТ-0,25-3,9 кОм	1
R13	МЛТ-0,25-39 кОм	1
R14	МЛТ-0,25-1 кОм	1
R15	СПЗ-39А-33 кОм	1
R16	МЛТ-0,25-1 кОм	1
R17	СПЗ-39А-4,7 кОм	1
R18	МЛТ-0,25-100 кОм	1
R20	МЛТ-0,25-10 кОм	1
V1...V4	Прибор випрямляючий КЦ405 Д	4
V5...V6	Діод КД213А	2
V7...V9	Діод КД212А	3
V10...V14	Діод КД522Б	5
VT1...VT5	Транзистор КТ972А	5
VT6	Транзистор КТ3102БМ	1
X1	Вилка СНП59-48/94х11В-23-2-В	1

3.2. Поточний ремонт апарату СМВ-20-4 ЛУЧ-4

Поточний ремонт відбувається в процесі експлуатації апарату для гарантованого забезпечення роботоздатності та складається із заміни та встановленню його окремих елементів з наступним регулюванням та перевірки основних параметрів.

При проведенні ремонту необхідно дотримуватися заходів безпеки. Ремонт апарату повинен виконуватися персоналом, які мають доступ до робіт з напругою вище 1000 В.

Поточний ремонт складається із наступних технологічних етапів.

1. Виявлення несправностей.
2. Розробка апаратури.
3. Знаходження несправностей.
4. Усунення несправностей та зборка.
5. Регулювання та перевірка апаратури після ремонту.

Виявлення та відшукування несправностей апарату проводиться шляхом виконання операцій порядку роботи. Аналогічно проводяться перевірки діапазону «0-5 Вт», з попередньою установкою стрілки вбудованого індикатора, наприклад на відмітку 5.

Відшукування несправностей проводяться загальними методами ремонту радіоелектронної апаратури та кваліфікованими спеціалістами. Для розборки апаратури та доступу к функціональним вузлам та елементам схеми необхідно відкрутити 8 гвинтів на задньому кожуху та 4 на передньому, після чого зняти кожух.

Виявлені несправності усувають шляхом ремонту вишедших із ладу деталей та вузлів або їх заміна на годні.

Після чого на апарат встановлюються зняті кожухи. Регулювання та перевірка апаратів проводиться в усіх випадках при не співпадінні електричних параметрів вимогам.

Перевірці підлягають наступні параметри:

Електробезпека, номінальна вихідна потужність, похибка стоячої хвилі по напрузі, похибка установки вихідної потужності по вбудованому індикатору.

Перевірка апарату на відповідність вимогам електробезпеки приводиться по методиці яка описано в ДСТУ. При цьому необхідно визначати перехідний опір між металевим корпусом різьбового з'єднання любого із випромінювачів.

Перехідний опір повинен бути не більш 0,2 Ом. Перевірка номінальної потужності та похибки установки проводиться ватметром поглинальної потужності, який підключається за рис. 3.3.

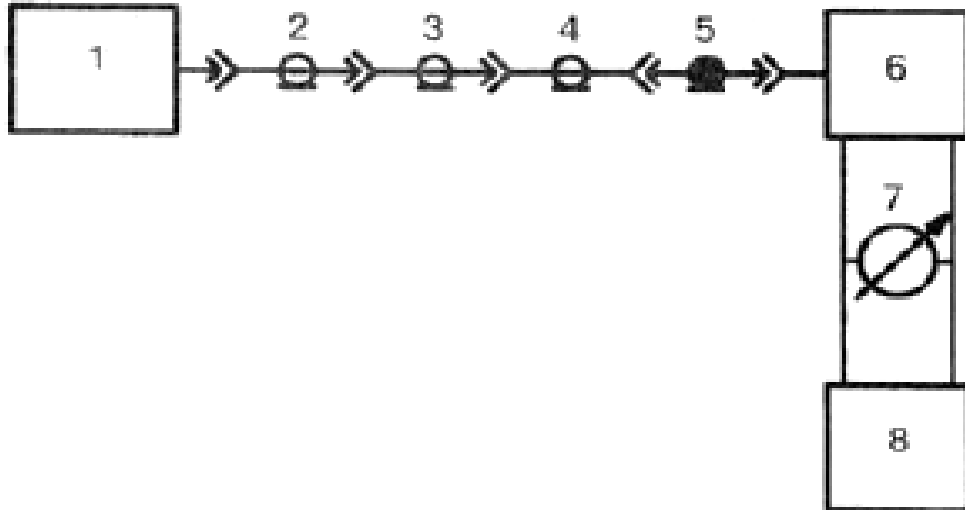


Рис. 3.3 – Перевірка номінальної потужності та похибки установки

Встановлюється плавно ручка «Потужність» в край праворуч. При цьому потужність по ватметру повинна бути 20 ± 4 Вт.

Ручкою Потужність плавно встановлюється на 10 Вт по ватметру. При цьому потужність по вбудованому індикатору повинна бути 10 ± 3 Вт.

Якщо є необхідність відрегулювати можна показання вбудованого індикатору резистором R15 у високовольтному стабілізаторі струму так що виконувалися обидві вимоги.

Натиснути кнопку «0 – 5 Вт» а ручку Потужність встановити в положенні 10.

При цьому потужність по ватметру та вбудованому індикаторі повинна бути 5 ± 1 Вт.

При необхідності потужність по ватметру регулюється резистором R42 в блоці керування, а потужність по вбудованому індикатору – резистором R17 у високовольтному стабілізаторі струму.

Після закінчення перевірки та регулювання апарату натиснути кнопку «Скидання потужності, мережа» та відімкнути штепсельну вилку від розетки.

Перевірка КСВХ випромінювачів проводиться вимірною лінією, яка вмикнута за схемою рис. 3.4.

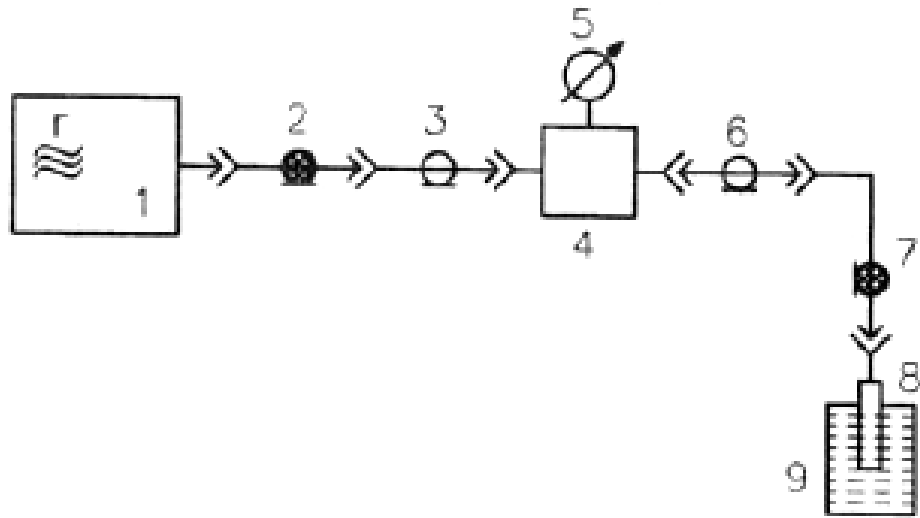


Рис. 3.4 – Перевірка КСВХ випромінювачів вимірювальною лінією

Випромінювачі навантажують в циліндричну ємність у вигляді скляної посудини або у вигляді циліндричного посуду, виконаного із органічного скла, заповненого 1% розчином NaCl. Розмір посуду: внутрішній діаметр: 165 ± 5 мм; висота 215 ± 5 мм. Посуд заповнюють водою з товщиною шару не менш 200 см. Випромінювачі полосні діаметром 20 мм, 16 мм та одностороннього впливу діаметром 16 мм з одягнутим на них ковпачками занурюють в розчин до отвороту ковпачка.

Вимірювання КСВХ проводять по методикам, які наведені в технічних описаннях на апаратуру. Після перевірки випромінювачі з підвищеними КСВХ можуть ремонтуватися до отриманих значень 2,5 на частоті 2,45 ГГц; 3 на частоті

2,401 ГГц, 2,45 99 ГГц.

Технічні характеристики

Частота електромагнітних коливань $2,45 \pm 0,049$ ГГц.

Номінальна вихідна потужність апарата: 5 Вт для діапазону «0 – 5 Вт»; 20 Вт для діапазону «0 – 20 Вт». Відхилення вихідної потужності від вихідної $\pm 20\%$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи екології: Підручник / О. В. Солошенко, А. М. Фесенко, С. І. Кочетова, Н. Ю. Гаврлович, Л. С. Осипова, В. І. Солошенко, за ред. О. В. Солошенка – Харків: Парус тм, 2008 – 371 с.
2. Охорона праці: Навч. Посібник / За ред. В. Кучерявого. – Львів: Оріяна – Нова, 2007. – 368 с.
3. Научно – производственный журнал "Охрана труда" №3 (177) 2009 статья "Опасность электромагнитных излучений".
4. Охорона праці: Навч. Посібник / За ред. В. Кучерявого. – Львів: Оріяна – Нова, 2007. – 368 с.
5. Научно – производственный журнал "Охрана труда" №3 (177) 2009 статья "Опасность электромагнитных излучений".
6. Безверхая А. П. Гигиеническая оценка влияния электромагнитного излучения на организм человека и животных / А. П. Безверхая. // Гігієна населених місць: зб. наук. праць. – 2009. – № 53. – С. 228 – 231.
7. Гоженко А. Електромагнітне випромінювання на транспорті і його вплив на здоров'я людини / А. Гоженко, В. Астаф'єв, В. Білокриницький // Вісник НАН України. – 2007. – № 12. – С. 25 – 39.
8. О возможности диагностики заболеваний у животных путем измерения собственного электромагнитного излучения тканей (радиотермометрия) / Косулина Н. Г., Чакина Н. А. // Проблемы бионики. – Збірник наукових праць. Випуск 51. – Харків: ХДТУР. – 1999. – С. 80 – 83.
9. Радиотермометрия 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.
10. 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.
11. Використання мікрохвильових технологій у сільському господарстві / Косуліна Н. Г. // Праці. Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – Вип. 15. – С. 141 – 148.
12. 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.
13. 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.

14. Биофизический 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.

15. 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)

16. 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](https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.2022037910)

17. 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>

18. 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>

19. 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://doi.org/10.30889/2523-4692.2021-16-01-022). <https://www.modscires.pro/index.php/msr/issue/archive>

20. 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](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-45-50)

21. 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

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

23. 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.

24. 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.

25. 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)

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

27. 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

28. 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

29. 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 електромагнітного поля радіочастотного діапазону на біологічний об'єкт.
2. Ознайомитися з зовнішнім виглядом апаратів мікрохвильової терапії та принципом їх роботи.
3. Ознайомитися з конструкцією та роботою апаратів ДЛІА мікрохвильової терапії.
4. Зробити порівняльну характеристику розглянутих апаратів та сучасних апаратів .
5. Зробити висновок по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яка частота радіочастотного діапазону.
2. Що таке метод мікрохвильова терапія.
3. Призначення апарату СМВ-20-4 Луч-4.
4. Схема електрична принципова апарату, технічна характеристика СМВ-20-4 Луч-4.
5. Часова діаграма ШІМ, генератор ШІМ.
6. Вимірювання вихідної потужності та СКВХ випромінювачів апарату.
7. Призначення апарату АМВТ-50.
8. Схема електрична принципова апарату, технічна характеристика АМВТ-50.
9. Сучасні прилади, яка випускає промисловість.

СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ БІООБ'ЄКТІВ

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

**«Використання апаратів для НВЧ, КВЧ, дециметрової та сантиметрової
терапії та аналіз впливу ЕМП радіочастотного діапазону
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 уклад. 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. 2,5.

Наклад 50 прим. Зам. № 11/02/2024.