



Проф. А.В. Кипенский¹, к.т.н. В.А. Верещак², И.В. Смотров²,
В.И. Дицкий², М.Ю. Михненко²

¹Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков

Кафедра промышленной и биомедицинской электроники

²Фирма «РАДМИР», г. Харьков

Физиотерапевтические аппараты нового поколения

Введение. Терапию в самом общем случае принято рассматривать как процесс облегчения состояния пациента, снятия или устранения симптомов и проявлений того или иного заболевания, травмы или патологического состояния, нормализации нарушенных процессов жизнедеятельности и выздоровления, восстановления здоровья. Наиболее часто лечение (собственно, терапия) осуществляется химическими (включая фармакотерапию) и физическими методами.

Основной проблемой, связанной с лечением заболеваний с помощью лекарственных препаратов, является их невысокое качество. По заявлению украинского правительства от 15 до 20% лекарственных препаратов, которые реализуются на украинском рынке, являются фальсификатами, или «пустышками», без соответствующего лекарственного действия [1]. На IV научно-практической конференции «Актуальные вопросы фармакологии», которая состоялась 7—8 октября 2004 г. на базе Винницкого национального медицинского университета им. Н.И. Пирогова, академик Стефанов А.В. (г. Киев), говоря о противоречиях, которые существуют в фармакологической промышленности между интересами производителя и потребителя лекарств, отметил, что в Украине до 70% фармакологических препаратов являются генериками, т.е. аналогами известных препаратов, но далеко не всегда соответствующими им по биоэквивалентности [2]. Согласно данным Гослекслужбы, в 2015—2016 гг. количество импортного

фальсификата составляло уже не более 0,12% от общего объема ввезенных препаратов. В 2017 году по заявлению главы Государственной службы Украины по лекарственным средствам и контролю за наркотиками (Гослекслужба) Натальи Гудзь количество фальсифицированных серий лекарственных средств иностранного производства в 2017 году не превышает 0,001% от общего количества препаратов, ввезенных на территорию Украины [3]. Однако эксперты утверждают, что сегодня ни один украинец не застрахован от использования некачественного или фальсифицированного лекарственного средства, поскольку количество таких лекарств в Украине намного больше, чем отчитывается Государственная служба лекарственных средств и оборота наркотиков [4].

В тоже время, за последние годы отечественными учеными-медиками разработаны новые методы и методики лечения, реабилитации и профилактики заболеваний с помощью факторов различной физической природы [5—6]. Для проведения физиотерапевтических процедур по новым и усовершенствованным методикам фирмой «РАДМИР» (г. Харьков) при научной поддержке Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» разработан и серийно выпускается целый ряд физиотерапевтических аппаратов нового поколения.

Цель настоящей работы состоит в анализе технических данных, характеристик и функциональных воз-

можностей физиотерапевтических аппаратов нового поколения (с микропроцессорным управлением), серийно выпускаемых фирмой «РАДМИР» для проведения процедур электро- и ультразвуковой терапии.

Изложение основного материала. Первым аппаратным методом, использующим преформированный физический фактор в виде постоянного электрического тока, принято считать *гальванизацию*. Этот метод назван в честь итальянского врача и естествоиспытателя Луиджи Алоизио Гальвани, горячие споры которого с итальянским физиком, химиком и физиологом Алессандро Вольта в конце XVIII века послужили предпосылкой для формирования научного взгляда на лечебное действие постоянного электрического тока [7]. Именно поэтому первый аппарат нового поколения АНЭТ-50 ГТ (Аппарат Низкочастотный ЭлектроТерапевтический с Гальваническим Током, см. рис. 1), производство которого было освоено фирмой «РАДМИР», был предназначен для проведения процедур гальванизации и лекарственного электрофореза [8—9].



Рис. 1. Опытный образец электротерапевтического аппарата АНЭТ-50 ГТ

Принцип действия аппарата АНЭТ-50 ГТ основан на понижении напряжения питающей сети, его выпрямлении и сглаживании пульсаций. Стабилизация выходного тока на заданном уровне осуществляется регулятором с двумя обратными связями, позволяющим исключить влияние на выходной ток изменений напряжения питающей сети и сопротивления нагрузки в выходном контуре аппарата. Особенностью аппарата являлась возможность проведения процедур лекарственного электрофореза не только постоянным, но и импульсным током с частотой от 1 до 99 Гц при скважности импульсов равной двум, что при определенных условиях увеличивает глубину проникновения лекарственных веществ [10]. В аппарате также предусмотрено шесть сканирующих режимов — воздействие на пациента импульсами тока, частота следования которых изменяется от некоторого минимального до некоторого максимального значения или, наоборот, по заранее определенному закону.

Кроме того, в аппарате предусмотрено три режима воздействия импульсным током для стимуляции

нервно-мышечного аппарата. При любом из режимов стимуляции на пациента в течение заданных временных интервалов воздействуют сериями импульсов тока с частотой 100 Гц (при скважности равной двум), которые чередуются с паузами. Процедуры гальванизации, лекарственного электрофореза и электростимуляции могут проводиться с двумя, тремя или четырьмя электродами, в том числе, и с помощью четырехкамерной гидрогальванической ванны. В свое время аппарат АНЭТ-50 ГТ успешно прошел, все виды испытаний и был разрешен к серийному производству и рекомендован к использованию в медицинской практике.

Сегодня фирмой «РАДМИР» освоено серийное производство более совершенного аппарата АНЭТ-50М (Многофункциональный) [11]. Аппарат АНЭТ-50М формирует несколько видов токов, что позволяет его использовать не только для проведения процедур гальванизации и лекарственного электрофореза, но и для диадинамотерапии, флюктуоризации, амплипульстерапии и короткоимпульсной электроанальгезии. С целью повышения удобства восприятия информации о выбранных методах электротерапии, форме и параметрах токов, продолжительности процедуры, модифицированный вариант аппарата АНЭТ-50М снабжен планшетным компьютером (рис. 2).



Рис. 2. Аппарат для низкочастотной электротерапии АНЭТ-50М

При проведении процедур *гальванизации и лекарственного электрофореза* постоянным током в аппарате предусмотрены возможности стабилизации выходного напряжения (в диапазоне от 0 до 110 В) или стабилизации выходного тока (в диапазоне от 0 до 80 мА) при сопротивлении нагрузки 500 Ом. Режим стабилизации тока особенно актуален с учетом того, что сопротивление участка тела пациента, подлежащего воздействию постоянным электрическим током, может существенно (до 40%) изменяться в ходе проведения процедуры [12].

Постоянный электрический ток небольшой силы, используемый в методе гальванизации, обладает противовоспалительным, лимфодренирующим, гипоаллергизирующим, седативным (на аноде), сосудорасширяющим, миорелаксирующим и секреторным (на катоде) эффектами. Лекарственный электрофо-

рез сохраняет потенцированные эффекты гальванизации и усиливает их за счет специфических фармакологических эффектов вводимого лекарственного препарата.

При проведении процедур гальванизации или лекарственного электрофореза на дисплей аппарата выводится значение силы выходного тока в мА и значение выходного напряжения в В. Дополнительной возможностью аппарата АНЭТ-50М при терапии постоянным током является изменение полярности электродов с пульта управления.

Для проведения процедур *диадинамотерапии* аппарат АНЭТ-50М формирует диадинамические токи. Эти токи представляют собой последовательности импульсов с синусоидальным фронтом и экспоненциальным срезом, следующие с частотой 50 Гц (однополупериодный ток) или 100 Гц (двухполупериодный ток, см. рис. 3), а также различные их комбинации, предполагающие изменения амплитуды и чередование с паузами.

Аппарат формирует семь основных видов диадинамических токов:

- однополупериодный непрерывный (ОН) — последовательность импульсов с синусоидальным фронтом и экспоненциальным срезом (см. рис. 3, а), которые следуют с частотой $f_{ОН} = 50$ Гц ($T_{ОН} = 1/f_{ОН}$). Этот вид тока обладает раздражающим и миостимулирующим действием, вплоть до тетанического сокращения мышц;

- двухполупериодный непрерывный (ДН) — последовательность импульсов с синусоидальным фронтом и экспоненциальным срезом, которые имеют постоянную составляющую (рис. 3, б). Частота следования импульсов $f_{ДН} = 100$ Гц ($T_{ДН} = 1/f_{ДН}$). Этот вид тока обладает выраженным анальгетическим и вазоактивным действием;

- короткий период (КП) — чередование серий импульсов тока видов ОН и ДН при длительности серий 1 с или 1,5 с. Чередование серий разных видов тока снижает адаптацию к ним и в начале воздействия оказывает нейромюстимулирующее действие, а через 1—2 мин вызывает аналгезию;

- длинный период (ДП) — последовательность импульсов диадинамического тока, в которой

каждый нечетный импульс имеет постоянную амплитуду I_m , соответствующую заданному значению. Амплитуда четных импульсов изменяется по трапецеидальному закону с паузой (нарастание амплитуды — 0,5 с; неизменная амплитуда — 6,5 с; убывание амплитуды — 2,5 с; пауза — 4,5 с). В результате такого чередования в течение 9,5 с импульсы следуют с частотой 100 Гц, а в течение следующих 4,5 с — с частотой 50 Гц. У этого вида тока уменьшается нейромюстимулирующее действие и плавно нарастают анальгетический, сосудорасширяющий и трофический эффекты;

- однополупериодный ритмический (ОР) — серии импульсов тока вида ОН чередующихся с паузами равной длительности, при длительности серий и пауз по 1 с или по 1,5 с. Воздействие таким видом тока имеет выраженное миостимулирующее действие, которое сочетается с полным расслаблением мышц на протяжении паузы;

- однополупериодный волновой (ОВ) — серии импульсов тока вида ОН длительностью 8 с чередующихся с паузами по 4 с. При этом амплитуда импульсов тока I_m в серии не постоянна, она увеличивается в течение 2 с от нуля до некоторого заданного значения, затем остается без изменений 4 с и после этого уменьшается до нуля в течение 2 с. Импульсы тока ОВ вызывают тоническое сокращение мышц, чередующееся с их полным расслаблением на интервале паузы;

- двухполупериодный волновой (ДВ) — серии импульсов тока вида ДН длительностью 8 с чередующихся с паузами по 4 с. При этом амплитуда импульсов тока I_m в серии не постоянна, она 2 с увеличивается от нуля до некоторого заданного значения, затем остается без изменений 4 с и после этого за 2 с уменьшается до нуля. Импульсы тока ДВ действуют аналогично импульсам тока ОВ, однако их стимулирующее действие на нервную и мышечные ткани выражено слабее.

Большое разнообразие лечебных эффектов от применения диадинамических токов обусловлено их различными частотными спектрами [13]. Диадинамические токи могут быть использованы для введения в организм пациента лекарственных препара-

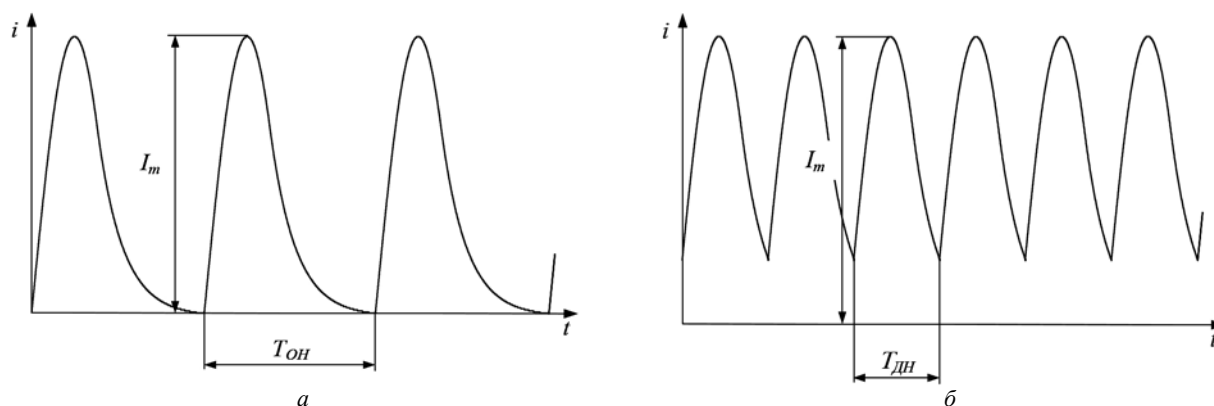


Рис. 3. Диаграммы однополупериодного (а) и двухполупериодного (б) диадинамических токов

тов — **диадинамофорез**. При проведенні процедур диадинамотерапії на дисплей апарата виводиться середньквдратическе значення диадинамічного вихідного току (в мА) в серії.

В апараті АНЭТ-50М передбачені широкі можливості для проведення процедур **ампліпульстерапії**. При проведенні процедур по цьому методу на окремі частки тіла пацієнта оказують вплив синусоїдальними модульованими токами (СМТ). Эти токи представляють собою гармонічні колибання з перемінною амплітудою, котрі отримують путем модуляції несущих колибаний з частотою $f_H = 1/T_H$, модулюючими колибаннями з частотою $f_M = 1/T_M$ (см. рис. 4).

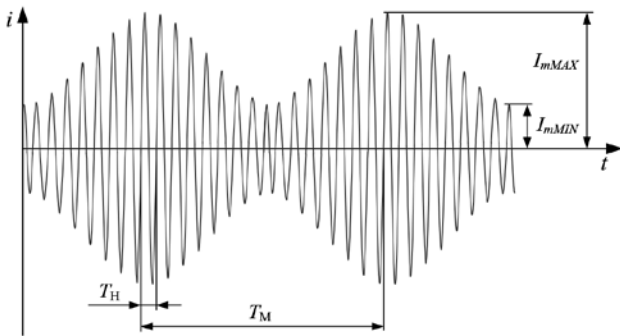


Рис. 4. Діаграма синусоїдального модульованого току

В апараті АНЭТ-50М частоту несущих колибаний можна задавати в діапазоні від 2000 Гц до 10000 Гц (з кроком 1000 Гц), а частота модулюючих колибаний вибирається з ряду дискретних значень: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 25, 50, 100 і 150 Гц. При цьому коефіцієнт амплітудної модуляції k_{AM} , значення котрого прийнято визначати як

$$k_{AM} = \frac{U_{mMAX} - U_{mMIN}}{U_{mMAX} + U_{mMIN}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где U_{mMAX} і U_{mMIN} — максимальне і мінімальне значення амплітуд промодульованого сигналу (см. рис. 3) може бути вибрано з ряду: 0, 25, 50, 75, 100 і 125% (в останньому випадку між промодульованими колибаннями мають місце паузи).

Всього апарат АНЭТ-50М формує п'ять видів синусоїдальних модульованих токів:

— СМТ1 — неперервний синусоїдальний амплітудно-модульований ток з заданими значеннями частоти несущого сигналу f_H , частоти модулюючого сигналу f_M і коефіцієнта амплітудної модуляції k_{AM} . СМТ1 має збуджуючий ефект, сила котрого наростає з зменшенням частоти модуляції і збільшенням коефіцієнта амплітудної модуляції;

— СМТ2 — серії синусоїдального амплітудно-модульованого току з заданими значеннями частоти несущого сигналу f_H , частоти модулюючого сигналу f_M і коефіцієнта амплітудної модуляції k_{AM} , чергуються з паузами. Длительності серій і пауз вибираються з дискретних пар значень 1—1,5; 2—3 або 4—6 с. СМТ2 забезпечує кон-

трастність впливу синусоїдального амплітудно-модульованого току на фоні пауз і має найбільш вираженим нейроміостимулюючим ефектом;

— СМТ3 — серії синусоїдального амплітудно-модульованого току з заданими значеннями частоти несущого сигналу f_H , частоти модулюючого сигналу f_M і коефіцієнта амплітудної модуляції k_{AM} , чергуються з серіями немодульованого синусоїдального току. Длительності серій модульованого і немодульованого токів вибираються з дискретних пар значень 1—1,5; 2—3 або 4—6 с. У СМТ3 стимулюючий вплив виражено в меншій ступені, ніж у СМТ2, але починає проявлятися анальгетичний ефект;

— СМТ4 — синусоїдальний амплітудно-модульований ток з заданими значеннями частоти несущого сигналу f_H і коефіцієнта амплітудної модуляції k_{AM} , з котрого формуються чергуються серії токів з двома різними значеннями частоти модулюючого сигналу f_M . При цьому в нечетних серіях частота модулюючого сигналу $f_{Mн}$ вибирається з ряду дискретних значень, а в четних серіях — $f_{Mч} = 150$ Гц. Длительності серій модульованого току з різними значеннями частоти модуляції вибираються з дискретних пар значень 1—1,5; 2—3 або 4—6 с. СМТ4 оказує найбільш анальгетичний ефект, котрий зростає при зменшенні різниці між частотами модулюючих колибаний в нечетних і четних серіях.

— СМТ5 — синусоїдальний амплітудно-модульований ток з заданими значеннями частоти несущого сигналу f_H і коефіцієнта амплітудної модуляції k_{AM} , з котрого формуються чергуються серії токів з двома різними значеннями частоти модулюючого сигналу f_M , розділені паузами. При цьому в межах періоду повторення частота модулюючого сигналу f_{M1} для першої серії вибирається з ряду дискретних значень, а для другої серії — $f_{M2} = 150$ Гц. Длительності серій модульованого току з різними значеннями частоти модуляції і пауз вибираються з набору дискретних значень 1—1,5—2,5; 2—3—5 або 4—6—10 с. СМТ5 забезпечує слабо виражену контрастність впливу током на фоні пауз і має м'який нейроміостимулюючий і трофічний вплив.

В апараті АНЭТ-50 М проведення процедур ампліпульстерапії можливо як синусоїдальними, так і випрямленими (однополярними) токами. В останньому випадку у СМТ2 і СМТ5 посилюється стимулюючий ефект. Крім того випрямленими токами дозволяють проводити процедури **ампліпульсфореза** лікарських речовин. При проведенні процедур ампліпульстерапії на дисплей апарата виводиться середньквдратическе значення (в мА) синусоїдального модульованого вихідного току в серії.

Апарат АНЭТ-50М можна використовувати для проведення процедур **флюктуоризації**, при котрій на окремі частки тіла пацієнта впливають флюктуючими токами (токи з шумовим спек-

тром). Такие токи представляют собой гармонические колебания со спонтанно (хаотически, беспорядочно) изменяющейся частотой и амплитудой (рис. 5).

Особенность действия флюктуирующих токов состоит в том, что беспорядочная смена параметров колебаний электрического тока препятствует возникновению суммационных и адаптационных процессов в тканях, которые обычно имеют место при ритмическом воздействии одинаковых по характеру импульсов или гармонических колебаний.

В аппарате предусмотрена возможность использования трех видов флюктуирующих токов:

- биполярный симметричный ($I_{max} = | - I_{max} |$, см. рис. 5, а);
- биполярный несимметричный (преимущественно отрицательной полярности $I_{max} < | - I_{max} |$, см. рис. 5, б);

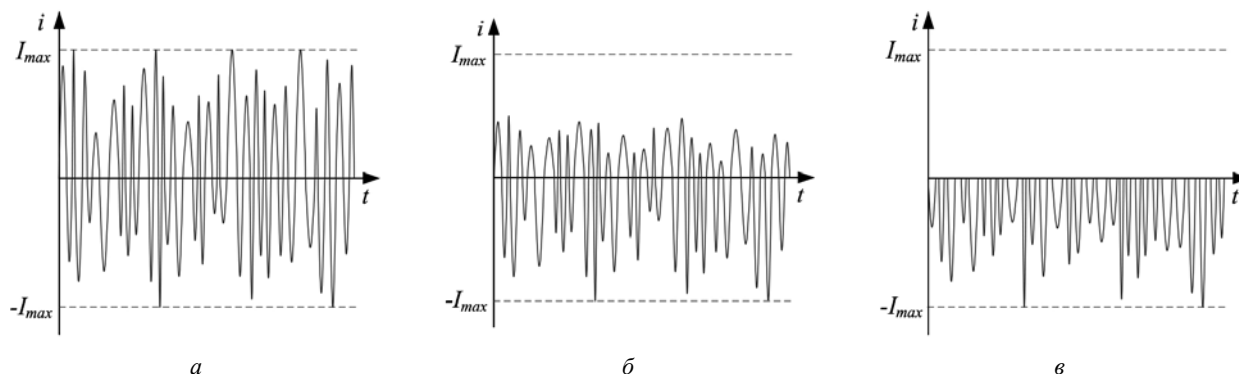


Рис. 5. Диаграммы флюктуирующих токов

- монополярный прямоугольный с амплитудой I_m , длительностью $\tau_{И}$ и периодом следования $T_{И}$ (рис. 6, а);

- монополярный треугольный с амплитудой I_m , длительностью $\tau_{И}$ (на уровне $I_m/2$) и периодом следования $T_{И}$ (рис. 6, б);

- биполярный прямоугольный с равными значениями амплитуд $I_m = | - I_m |$ и длительностей $\tau_{И+} = \tau_{И-}$ положительной и отрицательной частей импульса (рис. 6, в);

- биполярный треугольный с равными значениями амплитуд $I_m = | - I_m |$ и длительностей $\tau_{И+} = \tau_{И-}$ положительной и отрицательной (на уровне $I_m/2$) частей импульса (рис. 6, д);

- биполярный ассиметричный с равными значениями амплитуд $I_m = | - I_m |$ и длительностей $\tau_{И+} = \tau_{И-}$ положительной и отрицательной (на уровне $I_m/2$) частей импульса (рис. 6, е).

Длительность импульсов (треугольных — на уровне $0,5I_m$, см. рис. 6) выбирается из дискретного ряда 0,05, 0,1, 0,3, 0,4 и 0,5 мс. Импульсы тока подводятся к телу пациента сериями. Количество импульсов n в серии задается от 5 до 100 (с шагом 5), при этом скважность, которая определяется выражением

$$S = \frac{T_C + T_{П}}{n \cdot T_{И}}, \quad (2)$$

- монополярный ($I_{max} = 0$, рис. 5, в).

Флюктуирующие токи обладают местным миостимулирующим и анестезирующим эффектами. Монополярный флюктуирующий ток может быть использован для **флюктуофореза** лекарственных веществ. При проведении процедур флюктуоризации на дисплей аппарата выводится среднееквадратическое значение (в мА) флюктуирующего тока в контуре пациента.

Еще одним методом электротерапии, который может быть реализован с помощью аппарата АНЭТ-50М, является **короткоимпульсная электроанальгезия** (чрескожная электронейростимуляция). Этот метод электротерапии заключается в воздействии на болевой участок тела короткими импульсами тока с частотой следования от 1 до 150 Гц. Для короткоимпульсной электроанальгезии используют импульсы тока различной формы:

- где T_C — длительность серии импульсов, равная произведению количества импульсов n на период их следования $T_{И}$; $T_{П}$ — продолжительность паузы между сериями импульсов, может быть выбрана от 1 до 5 с шагом 1 (чем больше значение скважности, тем выше продолжительность паузы $T_{П}$ между сериями и, соответственно, ниже интенсивность воздействия).

При проведении процедур короткоимпульсной электроанальгезии на дисплей аппарата выводится амплитудное значение (в мА) импульсов выходного тока. Основные лечебные эффекты — анальгетический, сосудорасширяющий, трофостимулирующий.

С учетом изложенного следует, что один аппарат АНЭТ-50М может заменить совокупность таких аппаратов как «Поток-1», «Тонус-2М», «Ампульс-5», АСБ-2М и ЧЭНС.

Дополнительными функциональными возможностями аппарата АНЭТ-50М являются:

- плавное автоматическое уменьшение силы тока по окончании процедуры;
- автоматическая самодиагностика при включении и отключение пациента при выявлении аварийных ситуаций (обрыв в контуре пациента или превышение током заданного значения);
- звуковая сигнализация при выявлении аварийных ситуаций и по окончании процедуры.

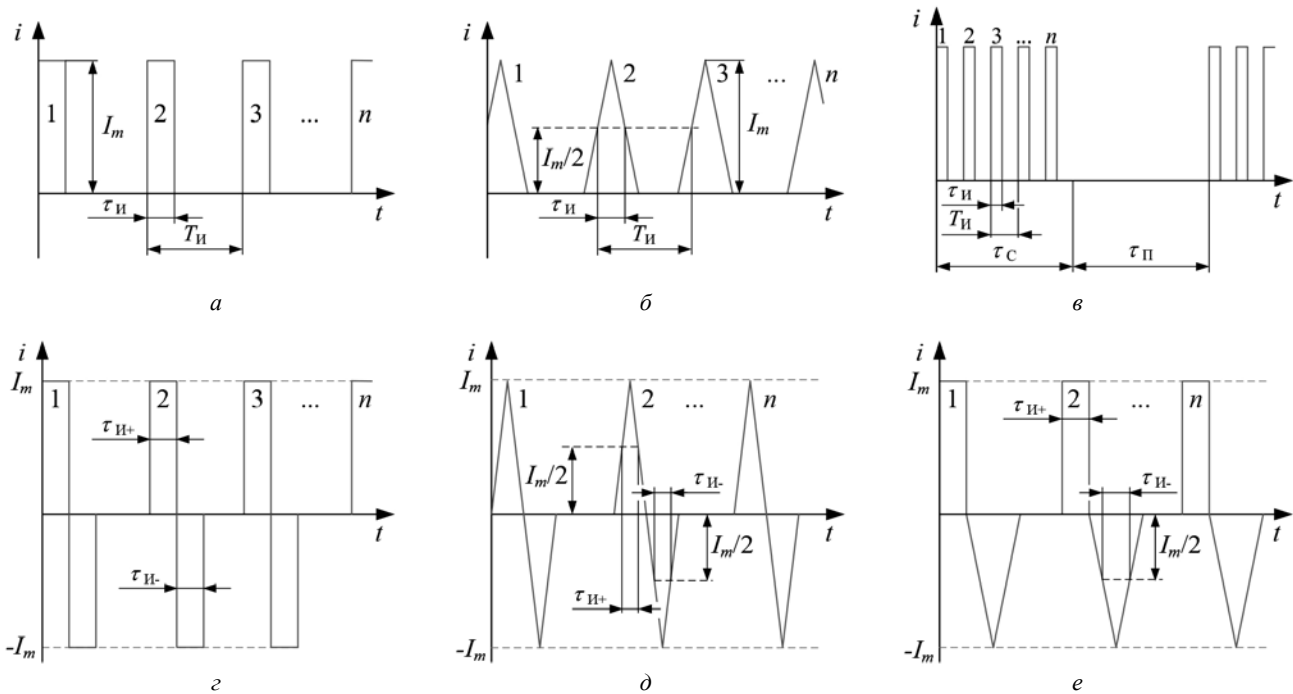


Рис. 6. Диаграммы токов для короткоимпульсной электроанальгезии

Кроме того, достоинствами аппарата являются малая масса (до 1,5 кг) и низкая потребляемая мощность (не более 20 ВА), что позволяет его использовать не только в медицинских учреждениях, но и на дому у пациента.

Для проведения процедур **ультравысокочастотной (УВЧ) терапии** фирмой «РАДМИР» был разработан и серийно выпускается аппарат УВЧ-60R. Этот аппарат реализован с использованием современных технологий, что делает его безопасным, надежным и удобным в эксплуатации (рис. 7). Для работы аппарата не требуется экранированных помещений, что позволяет легко его использовать в пределах всего медицинского учреждения. В аппарате предусмо-

трена индикация выбранного режима работы, установленного значения выходной мощности, продолжительности временного интервала, оставшегося до окончания процедуры, значения коэффициента стоячей волны.

При проведении процедур УВЧ-терапии на участки тела пациента оказывают воздействие электрической составляющей высокочастотного (27,12 МГц) электромагнитного поля, которая создается между двумя дисковыми электродами, подключенными к аппарату. Отличительной особенностью аппарата УВЧ-60R является возможность проведения процедур не только непрерывным, но и импульсным электрическим полем, которое получают путем импульсной модуляции электромагнитных колебаний. При этом длительность модулирующих импульсов может быть выбрана равной 100 или 400 мкс, а частота их следования устанавливается дискретно: 20, 50—500 Гц (с шагом 50 Гц). Кроме того, в аппарате предусмотрено восемь ступеней регулирования выходной мощности: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 и 60 Вт.

В ходе проведения процедуры электрическим полем на дисплей аппарата выводится номер ступени регулирования мощности. Следует учитывать, что при воздействии на пациента импульсным электрическим полем среднее значение выходной мощности $P_{СР\text{ имп}}$ будет определяться выражением

$$P_{СР\text{ имп}} = P_{СТ} \cdot \tau_{ИМП} \cdot f_{ИМП} \quad (3)$$

где $P_{СТ}$ — выходная мощность аппарата, соответствующая установленному номеру ступени ее регулирования (Вт); $\tau_{ИМП}$ — длительность модулирующих импульсов (с); $f_{ИМП}$ — частота следования модулирующих импульсов (Гц).

Таким образом, устанавливая выходную мощность аппарата и параметры модулирующих импульсов



Рис. 7. Аппарат для УВЧ-терапии УВЧ-60R

(в імпульсному режимі), а також використовують електродами різного діаметра (45, 80 і 110 мм), можливо регулювання інтенсивності впливу в широкому діапазоні.

Електричне поле УВЧ викликає противопалительне діяння, стимулює регенерацію пошкоджених тканин, знімає спазми судин, м'язів, усуває біль. Физиологические реакції в більшій ступені пов'язані з інтенсивністю застосованого поля. Поле слабкої інтенсивності викликає виражений противопалительний ефект. Поле середньої інтенсивності добре стимулює обмінні процеси. Поле великої інтенсивності в ряді випадків призводить до посилення запалення. УВЧ-терапія незамінна при відновленні трудоспособності, в період реабілітації, після перенесених травм або захворювань.

Апарат УВЧ-60R може бути використаний замість апаратів УВЧ-30, УВЧ-50-02 і УВЧ-60.

При виникненні аварійних ситуацій в апараті передбачено автоматичне відключення і блокування включення вихідної потужності.

Додатковими перевагами апарату УВЧ-60R є хороші масогабаритні показники (326 × 298 × 144 мм і 6,5 кг) і низька споживана потужність (не більше 350 ВА).

Для **дециметроволнової (ДМВ) терапії** фірмою «РАДМИР» освоєно виробництво нового апарату АМВТ-50 (рис. 8). В відмінність від раніше випускаемого апарату з такою ж назвою, новий апарат володіє значно кращими масогабаритними показниками.

В апараті АМВТ-50 передбачено неперервне і імпульсне випромінювання електромагнітної енергії СВЧ діапазону. Імпульсне випромінювання отримують шляхом подвійної модуляції СВЧ електромагнітних коливань з частотою 434 МГц. Це дозволяє формувати імпульси випромінювання (з тривалістю $\tau_{\text{и}} = 1,25$ мс, з періодом повторення $T_{\text{и}} = 2,5$ мс), які йдуть рядами з тривалістями $\tau_{\text{с}}$ і чергуються з паузами $\tau_{\text{п}}$ (см. рис. 9). Період повторення рядів дорівнює $T_{\text{с}} = 1250$ мс, а тривалість рядів може змінюватися в діапазоні від 100 до 1000 мс.

В апараті передбачено плавне регулювання вихідної потужності в п'яти піддіапазонах: I (від 1 до 5 Вт); II (від 5 до 15 Вт); III (від 15 до 25 Вт); IV (від 25 до 35 Вт) і V (від 35 до 50 Вт).

При імпульсному впливі СВЧ-полем на пацієнта на дисплеї апарату виводиться середнє значення $P_{\text{ср}} \text{ імпл}$ його вихідної потужності (в Вт), яке визначається виразом

$$P_{\text{ср СВЧ}} = P_{\text{імпл}} \cdot \frac{\tau_{\text{и}}}{T_{\text{и}}} \cdot \frac{\tau_{\text{с}}}{T_{\text{с}}}, \quad (4)$$

де $P_{\text{імпл}}$ — вихідна потужність апарату в імпульсі (Вт); $\tau_{\text{и}}$ і $T_{\text{и}}$ — тривалість і період повторення модулюючих імпульсів (мс); $\tau_{\text{с}}$ і $T_{\text{с}}$ — тривалість і період повторення рядів імпульсів (мс).

Вплив дециметровими хвилями на ділянки людського тіла призводить до виділення тепла в

облаштованих областях, яке досягає максимуму за 10–15 хвилин терапії, потім зупиняється. Найбільшому нагріванню підлягають тканини і органи, багаті водою (кров, лімфа, легені, м'язи). Їх температура може підніматися на 3–4 градуси. В меншій ступені нагріваються шкіра і жирові відкладення.



Рис. 8. Апарат для мікрохвильової терапії АМВТ-50

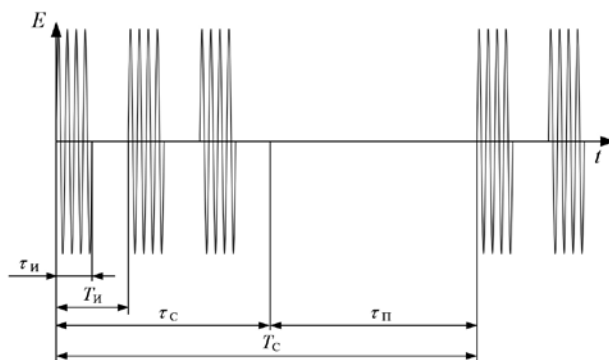


Рис. 9. Діаграма випромінювання електромагнітної енергії в імпульсному режимі

Під впливом тепла в тканинах розширюються дрібні судини, посилюються обмінні процеси. Зниження судинного опору призводить до покращення кровообігу і благотворно відбивається на роботі серцевої м'язи. У пацієнтів збільшується скоротлива активність міокарда, посилюється кровопостачання всіх, в тому числі ішемізованих, ділянок серця. Трохи зменшується артеріальний тиск.

Нагрівання м'язів сприяє усуненню спастичних станів. Виникає звільнення затиснутих спазмованими волокнами судин і нервів. Такий ефект проявляється послабленням болевих синдромів і відновленням нормальної роботи органів.

Внаслідок розширення бронхів більш глибоким стає дихання. Полегшується стан біль-

ных с бронхиальной астмой, купируется астматический статус.

Установлено, что под влиянием дециметровых волн также усиливаются функции эндокринных желез. В первую очередь это касается надпочечников и щитовидной железы. В надпочечниках повышается образование глюкокортикоидов, блокирующих развитие в организме воспалительных процессов. Деятельность щитовидной железы может усиливаться или подавляться в зависимости от исходного состояния органа.

Наличие поверхностных (\varnothing 40 мм, \varnothing 100 мм и 160×120 мм) и внутрисполостного аппликаторов в совокупности с широким диапазоном регулирования мощности (в том числе и за счет регулирования параметров импульсного режима) позволяет использовать аппарат для лечения дегенеративно-дистрофических и воспалительных процессов опорно-двигательного аппарата, заболеваний сердечно-сосудистой системы, легких, желудочно-кишечного тракта, ЛОР-органов, воспалений органов малого таза.

В медицинских учреждениях аппарат АМВТ-50 может заменить такие широко известные аппараты как «Волна-2», «Ромашка», «Ранет», «Электроника терма».

Для удобства работы аппарата в нем предусмотрена индикация режима излучения (непрерывный или импульсный), продолжительности серии импульсов, степени и уровня выходной мощности (в Вт), продолжительности временного интервала, оставшегося до окончания процедуры. При возникновении аварийных ситуаций в аппарате предусмотрено автоматическое отключение выходной мощности и блокирование ее включения.

Специальные средства защиты позволяют использовать аппарат в неэкранированных помещениях, а хорошие массогабаритные показатели (масса аппарата при полной комплектации не более 6,5 кг) — перемещать аппарат не только от пациента к пациенту в пределах палаты, но и от палаты к палате. Потребляемая мощность аппарата не превышает 160 ВА.

Кроме электромагнитных колебаний в физиотерапии широкое применение нашли механические колебания с ультразвуковой частотой. Метод, использующий такие колебания, называется *ультразвуковой (УЗ) терапией*. Для проведения процедур ультразвуковой терапии фирмой «РАДМИР» разработан и серийно выпускается аппарат УЗТ-13.01 Ф-Р (рис. 10). В отличие от аналогичных аппаратов этот аппарат имеет два номинальных значения частоты УЗ колебаний 0,88 МГц и 2,64 МГц.

Аппарат УЗТ-13.01 Ф-Р позволяет оказывать механическое воздействие на отдельные участки тела пациента в непрерывном и в импульсном режимах. Импульсный режим достигается путем импульсной модуляции переменного напряжения (с частотой 0,88 или 2,64 МГц), которое подается на ультразвуковые излучатели. При этом частота следования импульсов составляет 50 Гц, а их длительность может выбираться из дискретного ряда 1, 2, 4 и 10 мс. В лю-



Рис. 10. Аппарат для ультразвуковой терапии УЗТ-13.01 Ф-Р

бом из режимов работы в аппарате предусмотрена возможность регулирования эффективной интенсивности УЗ-колебаний. Она может быть задана равной 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6 и 1 Вт/см².

Лечебные свойства ультразвука, прежде всего, заключаются в том, что механические колебания, образованные высокочастотными ультразвуковыми волнами, эффективно стимулируют работу клеток человеческого организма.

УЗ-терапия открывает широкие возможности для лечения, обеспечивая механический, термический и физико-химический эффекты. При механическом воздействии происходит существенное улучшение межклеточного обмена, рассасываются имеющиеся уплотнения, например, целлюлитные отложения. Термическое воздействие обеспечивает эффективность протекания обменных процессов, повышая температуру в клетках на несколько градусов. Физико-химический эффект от применения данного метода терапии способствует ускорению выработки необходимых ферментов, в результате, ускоряется процесс метаболизма.

Воздействие ультразвуком значительно повышает проницаемость стенок сосудов, поэтому применять физиотерапевтическое ультразвуковое лечение при острых воспалениях тканей не рекомендуется. Это может ухудшить течение заболевания. Зато при хронических воспалительных процессах ультразвук использовать вполне можно, учитывая его рассасывающее воздействие.

Ультразвук обладает спазмолитическим действием, поэтому его часто применяют при лечении бронхоспазмов, почечной колике, спазмах мочевого пузыря, дискинезии кишечника и других заболеваниях, сопровождающихся спазмами.

С учетом указанных возможностей регулирования параметров УЗ-колебаний (аналогично регулированию параметров электромагнитных колебаний в аппарате УВЧ-60R, см. выражение (2)) и того, что аппарат УЗТ-13.01 Ф-Р комплектуется двумя излучателями с различной площадью излучения (1 см² и 4 см²), он может быть эффективно использован для лечения деформирующего артроза, болезни Бехте-

рева, келоидных рубцов, невритов и невралгий, растяжения связок и вывихов, целлюлита и нейродермита, язвы желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрита и других заболеваний.

Таким образом, аппарат УЗТ-13.01 Ф-Р позволяет заменить совокупность двух аппаратов УЗТ-101 и УЗТ-31.

Удобство проведения процедур обеспечивается в аппарате путем индикации всех показателей воздействия: частота УЗ-колебаний, режим и интенсивность излучения, длительность импульсов (для импульсного режима воздействия), продолжительность временного интервала, оставшегося до окончания процедуры. Кроме того, в аппарате предусмотрена звуковая сигнализация о его готовности к работе, при отсутствии контакта излучатель-поверхность тела, по окончании установленной продолжительности процедуры.

Выводы. Анализ технических данных физиотерапевтических аппаратов, серийно выпускаемых фирмой «РАДМИР», позволяет сделать следующие выводы:

— использование современных технологий производства и микропроцессорных систем управления аппаратами нового поколения позволяет в су-

щественной степени расширить их функциональные возможности, улучшить технические характеристики и упростить процесс эксплуатации;

— широкие функциональные возможности аппаратов нового поколения могут способствовать созданию новых методик лечения и профилактики заболеваний, а также реабилитации пациентов в процессе выздоровления;

— технические решения, использованные при разработке аппаратов нового поколения, обеспечивают полную безопасность (при строгом выполнении правил, указанных в «Руководствах по эксплуатации» и «Инструкциях по медицинскому применению») пациентов и обслуживающего медицинского персонала при проведении процедур физиотерапии.

В заключение следует отметить, что рассмотренные физиотерапевтические аппарата прошли все виды испытаний, соответствуют техническому регламенту медицинских изделий, внесены в Государственный реестр медицинской техники и изделий медицинского назначения Украины, разрешены к серийному производству и рекомендованы Министерством здравоохранения Украины для использования в медицинской практике.

Список использованной литературы

1. Новости Укринформ // Новости медицины и фармации в Украине. — К., 2005, № 5 (165). С. 17.
2. Яковлева О.А., Барало Р.П. Актуальные вопросы фармакологии. Итоги научно-практической конференции // Новости медицины и фармации в Украине. — К., 2005, № 1 (161). С. 16—17.
3. Объем ввезенных в Украину фальсифицированных серий лекарств составляет менее 1%. URL: https://censor.net.ua/news/3052276/obem_vvezennyh_v_ukrainu_falsifitsirovannyh_seriya_lekarstv_sostavlyayet_menee_1_goslekslujba (Дата обращения 30.07.2018).
4. Количество фальсифицированных лекарств в Украине намного больше, чем отчитывается Гослекслужба. URL: <https://www.unian.net/health/country/2306899-kolichestvo-falsifitsirovannyh-lekarstv-v-ukraine-namного-bolshechem-otchityvaetsya-goslekslujba-oo.html> (Дата обращения 30.07.2018).
5. Нові технології оздоровлення природними та преформованими факторами (фізіотерапія, озонотерапія, курортологія) // Матеріали наук.-практ. конф., 26-27 листопада 2002 р. — Харків: ХМАПО. — 252 с.
6. Нові медичні технології в клінічній та курортній практиці // Матеріали наук.-практ. конф. з міжнародн. участю, 20-22 травня 2004 р. — К.: НМЦ «Медінтех». — 212 с.
7. Кипенский А.В. Электромагнитная энергия как средство лечения, реабилитации и профилактики заболеваний населения Украины // Вісник Національного технічного університету «ХПІ», Тем. вип. «Актуальні проблеми розвитку українського суспільства». — Харків: НТУ «ХПІ», 2010. — № 35. — С. 116—136.
8. Расширение функциональных возможностей электронного медицинского аппарата для гальванизации и лекарственного электрофореза / Е.И. Сокол, А.В. Кипенский, Е.И. Король и др. // Технічна електродинаміка. — Київ: ІЕД НАНУ, 2006. — Тем. вип. Проблеми сучасної електротехніки. — Ч. 7. — С. 107—110.
9. Функциональные возможности электротерапевтического аппарата и повышение его качества за счет совершенствования программно-математического обеспечения / А.В. Кипенский, Н.И. Кубышкина, Е.И. Король и др. // Прикладная радиоэлектроника. — Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2012. — Т. 11. — № 3. — С. 354—360.
10. Улащик В.С. Новые методы и методики физической терапии. — Мн.: Беларусь, 1986. — 175 с.
11. Верещак В.А. Многофункциональный аппарат для низкочастотной электротерапии АНЭТ-50М // Материалы ХХІХ Международной науч.-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии», 21—24 мая 2008 г., г. Харьков. — Харьков: НПМБК «Лазер и здоровье», 2008. — С. 2005—2007.
12. Результаты исследования изменения сопротивления межэлектродного участка при проведении процедур лекарственного электрофореза / А.В. Кипенский, Ю.М. Гура, Н.И. Кубышкина и др. // Технічна електродинаміка. — Київ: ІЕД НАНУ, 2010. — Тем. вип. Силовая електроніка та енергоефективність. — Ч. 1. — С. 251—255.
13. Кипенский А.В., Доценко М.Е. Терапевтические свойства диадинамических токов и их гармонический состав // Радиотехника. — Харьков: ХНУРЭ, 2009. — Вып. 158. — С. 152—161.

Фізіотерапевтичні апарати нового покоління

Проф. А.В. Кіпенський¹, к.т.н. В.О. Верещак², І.В. Смотров², В.І. Діцький², М.Ю. Міхненко²

¹Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків

²Фірма «РАДМІР», м. Харків

У статті проаналізовані технічні дані та функціональні можливості фізіотерапевтичних апаратів нового покоління, серійне виробництво яких було освоєно фірмою «РАДМІР» (м. Харків). Показано, що використання мікропроцесорних систем управління апаратами дозволяє здійснювати регулювання в широких межах параметрів фізіотерапевтичного впливу. Оригінальні технічні рішення дозволяють здійснювати безпечну експлуатацію апаратів і забезпечують зручність їх використання.

Ключові слова: фізіотерапевтичні апарати, електричний струм, електричне поле, ультразвук, мікропроцесор, сучасні технології.

Physiotherapy apparatus of the new generation

Prof. A.V. Kipenskyi¹, PH.D. V.A. Vereshchak², I.V. Smotrov², V.I. Ditskiy², M.J. Mihnenko²

The article analyzes technical data and functional capabilities of the new generation physiotherapy devices, the serial production of which was mastered by the company "Radmir" (Kharkiv). It is shown that the use of microprocessor control systems for apparatuses allows to adjust physiotherapeutic effects within a wide range. Original technical solutions allow to carry out safe operation of the devices and ensure the convenience of their use.

Key Words: physiotherapeutic apparatus, electric current, electric field, ultrasound, microprocessor, modern technologies.

Контактна інформація: Кіпенський Андрій Володимирович — декан факультету соціально-гуманітарних технологій, професор кафедри промислової та біомедичної електроніки, науковий керівник навчально-методичної та науково-дослідної лабораторії біомедичної електроніки, Харків, 61002, НТУ «ХПІ», ул. Кирпичова, 2, тел.: 70-76-481 (раб.), e-mail: kavkri@ukr.net

Стаття надійшла до редакції 04.01.2018 р.