

Ostroukh, A. N. Osipov, N. S. Davydova [etc.]. Program model of electromyographic signal muscles to specify composite compound. Medelectronics. Means of medical electronics and new medical technologies. – Mn., 2010. 130-137. (Rus.) **9.** A.V. Ovsyannikov. Mathematical modeling of non-stationary random processes based on stochastic differential equations. Mathematics and mathematical education. Theory and practice: Hi. Sat Nauchn. Tr. No.4 – Yaroslavl: Univ. YAGTU, 2004. 6. (Rus.) **10.** T. V. Nosova, T. V. Zhemchuzhkina, V. I. Radchenko. The question of electromyographic process modeling. East European Journal of advanced technology. – Kharkov, 2008. Issue number 5/5 (35). 33-36. (Rus.) **11.** D. Farina, R. Merletti, R. M. Enoka. The extraction of neural strategies from the surface EMG. J. Appl Physiol. 2004. V. 96. (Eng.) **12.** P. A. Kaplanis, C. S. Pattichis, L. J. Hadjileontiadis. Surface EMG analysis on normal subjects based on isometric voluntary contraction. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2009. No. 19. (Eng.) **13.** P. Zhou, Zev Rymer W. Can standard surface EMG processing parameters be used to estimate motor unit global firing rate? J. Neural Eng. 2004. V.31, No. 2. (Eng.) **14.** P. Aagaard. Training-induced changes in neural function. Exercise and Sport Sciences Reviews. 2003. V. 31, No. 2. (Eng.)

*Надійшла (received) 09.06.2014*

УДК 654.9:615.8

**Л. А ПОСПЕЛОВ**, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник НТУ «ХПИ»;

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛОКАЛЬНОЙ ВЧ ГИПЕРТЕРМИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Работа посвящена анализу некоторых проблем, существующих в современной локальной высокочастотной гипертермии, решение которых способно существенно повысить эффективность комплексов, предназначенных для сочетанного лечения раковых заболеваний тяжёлых форм и глубокой локализации. Основу этой работы составляют оригинальные результаты более чем двадцатилетних исследований и разработок, с участием и под руководством автора настоящего сообщения. В настоящей работе описаны существенные пороки во всех коммерческих разработках ВЧ гипертермических комплексов, предназначенных для локальной гипертермии опухолей развитых форм и глубокой локализации.

**Ключевые слова:** онкология, гипертермия, тонометрия, термометрия, аппликаторы, алгоритм, хладагент, ВЧ.

**Введение.** С момента проведения Римского конгресса по онкологии [1] считается установленным высокая эффективность лечения рака с сочетанным применением гипертермии. Известны даже утверждения [2], что применение ВЧ гипертермии в сочетании с традиционными химио- и радиотерапией позволяет повысить вдвое пятилетнее выживание пролеченных больных. При этом уменьшается требуемая дозировка этих дорогостоящих и небезопасных для жизни этих пациентов препаратов и тем самым повышается качество их жизни. Учитывая заключение Всемирной организации здравоохранения о том, что начиная с 2003 года онкозаболевание становится главной причиной смертности населения, и эта тенденция будет сохраняться в последующие годы, гипертермия приобретает приоритетное значение в современной медицине. Поэтому, например, в Японии всем онкологическим больным, которым не

© Л. А. ПОСПЕЛОВ, 2014

противопоказана гипертермия, а их более 90%, отпускается эта процедура [2]. Есть сведения, что в некоторых странах Европы гипертермия стала обязательной в страховой медицине, тогда как химеотерапия входит в число платных услуг. В настоящее время наблюдается резкая активизация исследований и разработок в области гипертермии. Так согласно утверждениям руководителя интернет – кворума «ОНКОТЕРМ» С.В. Русакова [3], число публикаций по гипертермии превысило 20 000, что заметно превышает число работ по нетепловой терапии электромагнитным воздействием. В некоторых странах последние годы наблюдается бум в разработке и производстве ВЧ гипертермических комплексов. По проблеме гипертермии издаётся специализированный журнал и регулярно проводятся не мене двух международных конференций. В Японии строится завод по производству комплектующих для комплекса типа «Termotron - RF - 8», а в Румынии – завод по его производству. В Китае учреждено более шести фирм по разработке и производству отечественного китайского образца ВЧ гипертермических комплексов. В главном онкологическом центре Российской федерации (г. Обнинск) под руководством академика АН РФ Цыб Е.М. проводятся обширные клинические исследования ВЧ гипертермии, в частности, на комплексе «Супертерм», российского производства. Коллективом харьковских учёных проведен большой объём работ по созданию ВЧ гипертермического комплекса «Экстратерм - XXI» [4] и исследованию физико-технических проблем локальной ВЧ гипертермии [5]. Результаты этих работ опубликованы более чем в пятидесяти научных статей, докладов на конференциях, в Патентах на изобретения и в Отчётах по проведенным НИР. В результате наиболее значимых из них был создан первый и единственный на Украине оригинальный ВЧ гипертермический комплекс «Экстратерм – XXI» (в экспериментальном исполнении). Работа выполнена в соответствии с Постановлением Кабинета Министров Украины. Комплекс рекомендован Минздравом Украины для медико-технических испытаний и с этой целью поставлен в клинику. Ещё одно значимое исследование и разработка была проведена по контракту 3332 УНТЦ. В результате был разработан оригинальный электрод – аппликатор по типу полосковой линии, создающий предпосылку решения важной в ВЧ гипертермии проблемы – перегрева подкожного жира и других органов, характеризующихся пониженной диэлектрической проницаемостью, у пациента во время проведения гипертермической процедуры. И, несмотря на столь обширный и, казалось бы, всеобъемлющий процесс исследований разработок, проблем, и очень важных, в гипертермии ещё очень много. В наших публикациях давно уже доказана несостоятельность идеологических основ и технических решений всех без исключения и западных. и российских разработок. Причина возникновения этих пороков состоит в ажиотажном захвате рынка вроде бы перспективными изделиями. Этим же обусловлено и установление несуразно высокой монопольной цены на них – \$870000, без решения объёмных и дорогостоящих исследований и разрешения различного рода проблем, выявленных в процессе эксплуатации этих комплексов. Формулировке некоторых из наиболее актуальных физико-

технических проблем и обсуждению предложений по их разрешению и посвящен настоящий доклад.

**Проблемы локальной ВЧ гипертермии.** К ним можно отнести наличие и степень обоснованности алгоритма управления мощностью ВЧ генератора и температурой хладагента на участке поверхности тела пациента, через который водится ВЧ излучение. В статье С.В. Русакова[3], в рекламных проспектах на комплексы, да и в сообщении профессора Ямомото[2] указано, что обоснованного, хотя бы как-то, алгоритма разработчиками не предложено. Используется же методика введения в организм пациента излучения постоянной мощности (порядка 500 Вт) и практикуется подача к телу пациента хладагента с постоянной температурой  $-3^{\circ}\text{C}$  [3]. При таком «лечении» происходит массиванный ожог кожи и подкожного жира. Это визуально обнаруживается, а невидимые травмы внутренних органов, диэлектрическая проницаемость которых существенно ниже таковой мышечной ткани, в этих работах не обсуждается. А это нервные волокна, слои внутреннего жира, костные ткани и другие. Всё это травмируется неконтролируемым образом, никак и нигде не учитывается и поэтому остается вне внимания этого метода медицины. И устранение этого требует серьезного и длительного лечения уже в специальном ожоговом центре.

Недопустимой с позиций гуманизма проявляет себя практикуемая в этих комплексах термометрия внутренних органов. Дело в том, что без контроля температуры, на этом этапе развития гипертермии, проводить процедуру нельзя из соображений безопасности. Но разработчики и владельцы указанных комплексов, пренебрегая достижениями современной науки о методах неинвазивной термометрии, из побуждений получения максимальной прибыли, используют недопустимые методы инвазивной техники, вводя в организм пациента до восьми катетеров длиной до 10–15 см и диаметром до 7–8 мм. Устранение последствий такой термометрии требуют специального, серьезного и длительного лечения.

В подавляющем большинстве существующих на мировом рынке гипертермических комплексов используют для введения в тело пациента электромагнитного поля ёмкостные электроды, создающие в теле пациента нормальные к его поверхности напряжённости электрического поля. Ещё на заре развития ВЧ гипертермии было установлено, что такие поля формируют повышенные плотности электромагнитной энергии в тканях с пониженной диэлектрической проницаемостью. Так в подкожном жире эта величина в восемь раз может превосходить таковую в прилегающей мышечной ткани. При используемых мощностях ( $\sim 500$  Вт) электромагнитного поля это «гарантирует» ожог, или, в лучшем случае, – сильный болевой удар.

Обязательная при гипертермии тонометрия также далека от совершенства. Она основана на использовании метода Короткова, изобретенного ещё сто десять лет назад и несущего на себе «врожденный» порок – необходимость механического воздействия на артерию пациента. Эта процедура сама по себе

неприятна, и становится трудно переносимой пациентом при высоком уровне артериального давления. Кроме того, измерять артериальное давление желательно как можно чаще, а при использовании метода Короткова требуется выдерживать технологический перерыв в несколько минут.

Далека от совершенства и любая из используемых систем циркуляции хладагента, обеспечивающих неизбежное при гипертермии охлаждение поверхности тела пациента. Дело в том, что система формирования мощного теплового потока сильно инерционна. Тогда как система автоматического управления (АСУ) практически безинерционна. Это приводит к тому, что исполнение команды АСУ системой хладагента запаздывает, и возникает известный эффект, так называемой, «перерегулировки», когда регулируемая температура колеблется вокруг требуемых программой регулировки значений. Это может привести к появлению на теле пациента нагрева, или охлаждения, не совместимых с «Медико-техническими требованиями на гипертермический комплекс». Не заслуживает доверия принцип ориентации и не обосновано увеличение их числа более двух [5].

**Некоторые наши новые важные результаты.** На основе решения теоретической задачи распространения в модели тела пациента электромагнитных и тепловых полей построен и проверен на комплексе «Экстратерм - XXI», нагруженном на частный фантом пациента, оптимальный алгоритм управления гипертермической процедурой, исключаяющий не только ожог, но и болевой эффект.

Нами разработан, предварительно теоретически и экспериментально исследован излучательный электрод – аппликатор, создающий в теле пациента тангенциальные поля, исключаяющие накопления энергии в тканях организма, характеризуемых уменьшенными значениями показателя диэлектрической проницаемости. Найден способ и устройство для неинвазивного измерения температуры внутренних органов, способный обеспечить измерения с точностью, вплоть до  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

Разработан способ устранения эффекта «перерегулировки» в системах циркуляции хладагента.

Разработана, теоретически и экспериментально исследована система непрерывной тонометрии, использующая метод анализа пульсовой волны и не содержащая электромеханических и резинотехнических элементов конструкции.

Разработана, создана в экспериментальном варианте, теоретически и экспериментально исследована криогенная система циркуляции хладагента.

**Актуальные направления дальнейших разработок и исследований.** Из проведенного выше анализа следуют актуальные задачи для дальнейших работ в этом направлении. Их можно кратко обозначить следующим образом.

Требуется развить метод построения оптимального алгоритма управления гипертермической процедурой с использованием ЯМР данных о конкретном пациенте и виртуального фантома как среды для распространения электромагнитных и тепловых полей, а на основе этого решения найти алгоритм при наличии известных медицинских ограничений.

Необходимо довести разработки созданных экспериментальных макетов (излучающий электрод- аппликатор; пульсволновой тонометр; криогенная система циркуляции хладагента; ультразвуковой термометр; адаптивный алгоритм с использованием массива данных ультразвукового термометра; комплекс «Экстратерм – XXI», использующий все эти наработки) до опытного образца. Требуется также большая работа по коммерциализации всех этих результатов, как в виде отдельных комплектующих и комплекса в целом, так и управляющего и адаптивного алгоритмов в виде программного продукта.

### **Заключение.**

В настоящей работе описаны существенные пороки во всех коммерческих разработках ВЧ гипертермических комплексов, предназначенных для локальной гипертермии опухолей развитых форм и глубокой локализации. Дано изложение наших достижений по всем сформулированным выше проблемам. Сформулирована программа доведения полученных результатов до создания опытных образцов соответствующих приборов.

**Список литературы:** 1. Гипертермическая онкология. Материалы международного конгресса. Рим. 1998г. 2. Всеукраинский семинар совещание: «Состояние гипертермии в Украине». НИИ онкологии. Киев. 1998г. 3. Интернет – форум «Онкотерм» под руководством С. В. Русакова. <http://oncothermia.ru/?view=20362003> 4. *Поспелов Л. А. (1994) Міжнародній конференції: «СВЧ-техніка і супутниковий зв'язок», Севастополь, 1994.* 5. *Поспелов Л. А. Фізико-технічні проблеми ВЧ-гіпертермії. Доповідь Міжнародної конференції: «СВЧ-техніка і супутниковий зв'язок», Севастополь, 1995.*

**Bibliography (transliterated):** 1. Hyperthermic Oncology (1998). Proceedings of the International Congress. Rome. 1998. 2. Ukrainian seminar meeting: "The state of hyperthermia in Ukraine." Oncology Research Institute. Kiev. (1998). 3. Internet - Forum "Oncothermia" led by S. V. Rusakov <http://oncothermia.ru/?view=20362003>. 4. Pospelov L. A. (1994) Report International conference: "Microwave tehnika i satellite reception", Sevastopol. 5. Pospelov L. A. (1995) Physic-Technical merit problemi RF hypertermii. Report International conference: "Microwave tehnika i satellite reception", Sevastopol.

*Надійшла (received) 02.06.2014*

УДК 615.47

**М. Ю. ТЫМКОВИЧ**, аспирант, ХНУРЭ, Харьков;  
**О. Г. АВРУНИН**, д-р. техн. наук, проф., ХНУРЭ, Харьков;  
**Х. И. ФАРУК**, аспирант, ХНУРЭ, Харьков;

## **МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИХ ДОСТУПОВ**

В работе рассматриваются вопросы, связанные с разработкой компьютерной системы планирования нейрохирургических вмешательств. Одной из важных составляющих является определение значения инвазивности хирургического доступа. Рассмотрены различные подходы к определению инвазивности нейрохирургических доступов, выявлены их недостатки и преимущества. Показано, что карта инвазивности мозга человека является эффективным подходом при определении риска хирургического доступа.

© М. Ю. ТИМКОВИЧ, О. Г. АВРУНИН, Х. И. ФАРУК, 2014