

УДК 577.322.7:57.04:537.8

В.И. Дьяконов¹, И.А. Черепнев¹, Н.В. Полянова¹, А.В. Артюшенко²¹ Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, Харьков² Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНИ

В статье рассмотрена оценка значимости вибрационной болезни в общем перечне профессиональных заболеваний, ее проявление и действие на организм человека. Предложено теоретическое обоснование и аппаратно-программные средства для использования информационных высокочастотных электромагнитных излучений в целях диагностики и лечения симптомов вибрационной болезни.

Ключевые слова: вибрационная болезнь, радиотепловое картирование, низкоэнергетическое ЭМИ.

Введение

Постановка проблемы. Здоровье людей, занятых в различных отраслях экономики, и населения в целом является одним из важнейших показателей уровня благосостояния и благополучия общества.

Доказано, что приблизительно на 50 % здоровье человека определяет образ жизни. Отрицательными его факторами являются вредные привычки, несбалансированное питание, неблагоприятные условия работы, моральные и психические нагрузки, малоподвижный образ жизни, плохие материально-бытовые условия, несогласие в семье, одиночество, низкий образовательный и культурный уровень и т.п. Отрицательно сказывается на формировании здоровья и неблагоприятная экологическая обстановка, в частности, загрязнение воздуха, воды, грунта, а также сложные природно-климатические условия (взнос этих факторов – до 20 %). Важное значение имеет состояние генетического фонда популяции, склонность к наследственным болезням. Это еще около 20 %, которые определяют современный уровень здоровья населения. На здравоохранение приходится 10 % "взноса" в тот уровень здоровья населения, которое мы имеем на сегодняшний день [1].

По отечественным данным, ухудшение условий труда наблюдается практически во всех отраслях промышленности: «...за умов економічної, екологічної та демографічної кризи в Україні склалася надзвичайна ситуація з умовами праці та виробничим середовищем на більшості підприємств, особливо середнього і малого бізнесу. За даними Держкомстату, за останні роки понад 1,5 млн. працівників працювали в антисанітарних умовах збільшеної забрудненості повітря на робочому місці хімічними речовинами, пилом, перевищень рівнів шуму та вібрації, важкості та напруженості праці. На деяких підприємствах кількість таких робітників становить до 2/3 загальної кількості. Загалом в усіх галузях

економіки України 70,6% підприємств не відповідають вимогам санітарного законодавства» [2].

Сложившаяся в Украине ситуация с профессиональной патологией не может удовлетворять как врачей, так и работодателей, работников, органы государственного управления и общество в целом. В последние годы количество зарегистрированных профессиональных заболеваний в Украине составляет 6 – 7 тыс. на 10 тыс. работающих уровень профессиональной заболеваемости в разные годы составлял от 4,63 до 5,38 случаев (рис. 1) [3].

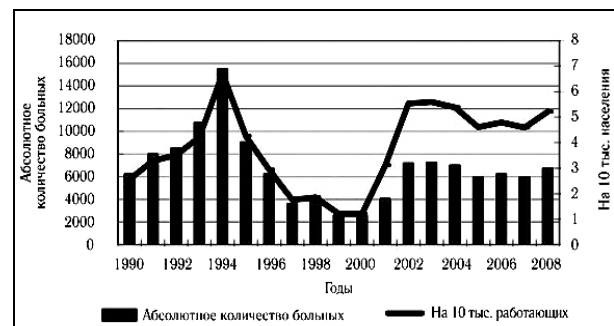


Рис. 1. Абсолютное количество больных и уровень профессиональной заболеваемости в Украине на 10 тыс. работающих (1990–2008 гг.)

По статистическим данным каждую секунду в мире на производстве травмируется 4 человека; каждые три минуты умирает один человек; в Украине каждые 8 минут травмируется один человек и каждые 5 часов умирает один человек. На предприятиях Украины каждый день травмируется в среднем 200 человек, из них 30 – становятся инвалидами, 22 – получают профессиональные заболевания, а 5 человек гибнут. По количеству несчастных случаев на 1000 работающих Украина занимает ведущее место среди экономически развитых стран – 0,1 (Великобритания – 0,016, Япония – 0,02, Швеция – 0,032, Финляндия – 0,038, Германия – 0,08). Распределение

профзаболеваний по отраслям: 80% – угольная промышленность; 12,7% – черная металлургия; 8% – машиностроение. В структуре профзаболеваний на первом месте находится вибрационная патология (более 40 % всех случаев), дальше следуют заболевания органов дыхания – 25-35%. Анализ распределения смертельных случаев по результатам анализа данных надзора показывает, что последние годы на первых местах находятся агропромышленный комплекс, угольная промышленность, непродовольственная сфера, строительство и транспорт. В машиностроении ежегодно травмируется свыше 2300 человек, гибнет в среднем 44-67 человек. С учетом отсутствия чрезвычайных опасностей в отрасли уровень травматизма достаточно высокий [4]. Кроме того, существует ряд объективных и субъективных факторов, которые ухудшают положение сельских жителей по сравнению с городскими с точки зрения риска для жизни и здоровья [5].

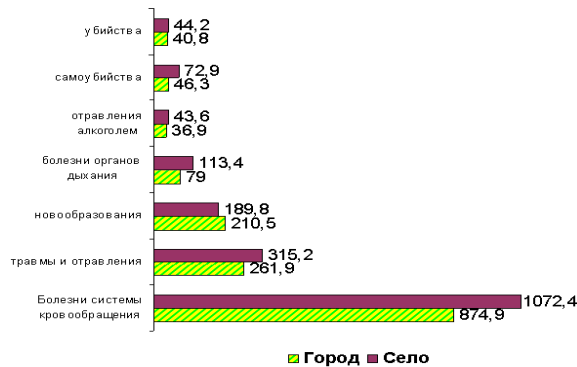


Рис. 2. Показатели смертности городского и сельского населения (на 100 тыс. населения по данным российских ученых)

Все вышесказанное делает вопросы своевременной диагностики и лечения вибрационной болезни актуальными.

Анализ последних исследований. Авторами в ряде публикаций [6, 7] проанализированы основные источники вибрации в промышленности, в сельском хозяйстве, транспорте и пр. Поэтому ниже будут рассмотрены основные симптомы вибрационной болезни, методы диагностики и лечения.

В производственных условиях может наблюдаться сочетанное действие локальной и общей вибрации.

В табл. 1 представлены основные клинические синдромы при вибрационной болезни [8].

Патологии, вызываемые вибрацией, многообразны. Рассмотрим действие на белок актомиозина. Резонансная частота составляет 200 Гц, но эффект влияния вибрации проявляется и на 25 Гц. При действии вибраций с этой частотой белок теряет способность расщеплять АТФ и получать энергию для работы мышц. В ходе экспериментальной проверки, группа животных подвергалась действию вибрации, тестом на реакцию была способность к плаванию.

Результаты опытов (рис. 3) показали, что они утратили физическую силу держаться на воде [9].

Таблица 1
Основные клинические синдромы при вибрационной болезни

Клинический синдром	Основные симптомы	Характер вибрации и стадия заболевания, при которой наблюдается данный синдром
ангиодистонический	вегетативно-сосудистые нарушения на конечностях, нарушение капиллярного кровообращения (спастико-атоническое или атоническое состояние)	при высокочастотной и общей вибрации в начальных стадиях, при среднечастотной – в начальной и умеренно выраженной стадиях, при низкочастотной вибрации во всех стадиях
ангиоспастический синдром различной степени выраженности вплоть до генерализованного	приступ «белых пальцев», спастическое состояние капилляров, нарушение кожной температуры, выраженное снижение вибрационной чувствительности с преимущественной локализацией на руках и ногах	при высокочастотной вибрации в выраженных стадиях и стадии генерализации; при общей вибрации в начальной и выраженной стадиях
синдром вегетативного полиневрита (полинейропатии)	болевые феномены, нарушение кожной чувствительности, снижение кожной температуры, вегетативные симптомы	при низкочастотной вибрации в начальных стадиях; при общей вибрации в начальных стадиях
синдром вегетомиофасцита	болевые феномены, сосудистые нарушения, изменение чувствительности по периферическому или сегментарному типу	при низкочастотной вибрации (особенно при наличии статического напряжения и значительного обратного удара) и реже при среднечастотной вибрации в различных стадиях

Окончание табл. 1

синдром неврита (локтевого, срединного нерва), плексиита (плечевого), радикулита (шейного)	избирательные амиотрофии, нарушение чувствительности и рефлекторных сфер	низкочастотная вибрация в сочетании со значительным обратным ударом, травматизацией при упоре инструментом
диэнцефальный синдром с нейрорегуляторными нарушениями	генерализованные сосудистые нарушения и кризы (церебральные, коронарные), обменные эндокринные нарушения	при высокочастотной вибрации (локальной и общей) в далеко зашедших стадиях
вестибулярный	головокружения, нистагм, атаксия, меньероподобные кризы	при общей вибрации, реже при высокочастотной локализации вибрации

Подобные эксперименты позволяют дать теоретическое объяснение фактам невероятной физической усталости, которую ощущают экипажи вертолетов, танков и лица других профессий, которые, не выполняя в процессе своей трудовой деятельности непосредственно физической работы, подвергаются действию вибрации.

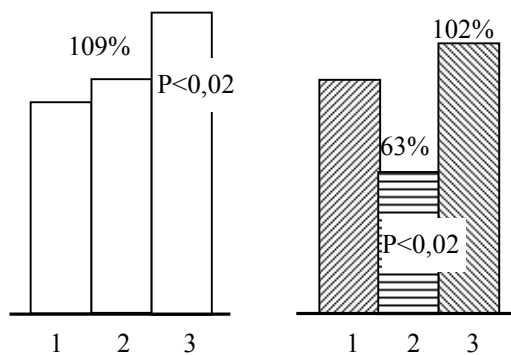


Рис. 3. Подавление физической выносливости животных вибрацией с частотой 25 Гц, ускорением 5 g, в течение 30 минут: 1 – фон: время плавания до вибрации, принимаемое за 100; 2 – после 24 часов; 3 – 2-е сутки; слева – контроль, справа – опыт (после вибрации)

Проведенные в 90-е гг. эксперименты позволили сделать три вывода:

- вибрация подавляет физическую выносливость человека в первые же часы действия на организм, и этот эффект сохраняется в течение нескольких часов;

- лицам, которые подвергались воздействию вибрации, противопоказаны физические нагрузки;

- вибрация оказывает избирательное воздействие на возникновение патологических процессов.

На клеточном уровне вибрация затрагивает важнейшие функции: размножение, способность к репарации, резистивность и другие морфофизиологические процессы.

Любая биологическая структура особо чувствительна к своей резонансной частоте.

На сегодняшний день для диагностики вибрационной болезни используется врачебное обследование у квалифицированного специалиста при наличии в анамнезе приступов побледнения пальцев у лиц, подвергающихся на рабочем месте воздействию вибрации от ручных инструментов. Для оценки поражения сосудов пальцев при вибрационной болезни используют несколько методов, включая время до восстановления кровотока после сдавливания ногтевого ложа, микроскопию капилляров ногтевого валика, плетизмографию, термометрию и термографию, а также лазерное доплеровское исследование и измерение скорости кровотока. Некоторые из указанных методов оценивают микроциркуляцию в коже пальцев, другие – кровоток в артериях пальцев. Большинство используемых диагностических методов проводят в сочетании реакции сосудов пальцев на провокацию холодом. Теоретически одна и та же интенсивность холодового воздействия может вызывать более выраженный вазоспазм у пациентов с тяжелой вибрационной болезнью по сравнению с пациентами с более легким течением заболевания [10, 11].

При вибрационной патологии пульсовое кровенаполнение в области верхних конечностей может снижаться. Таким образом, для оперативного выявления состояния кровеносной системы человека, подвергающегося действию негативных факторов и в т.ч. вибрации, необходимо использовать дистанционный, неинвазивный метод контроля.

Результаты исследований

Рассмотрим возможность использования низкочастотных электромагнитных излучений для диагностики кровеносной системы организма человека. В работах [12, 13] было проведено исследование нестационарного движения крови в сосудах при отсутствии и наличии внешнего ЭМИ. Данные исследования позволили получить зависимость скоростей кровотока от диаметра сосуда, величины импульса давления, величины скважности следования импульсов, амплитуды и частоты внешних электромагнитных полей. Полученные результаты позволяют перейти к исследованию следующего важного вопроса, а именно, влияния изменений кровотока на собственные электромагнитные излучения организма и вытекающей отсюда возможности термографирования кровеносных сосудов в СВЧ диапазоне.

Поскольку форменные элементы крови, в том числе и эритроциты, несут отрицательный электрический заряд, то кровоток можно рассматривать как переменный ток, взаимодействие электромагнитных полей с которым вызывает появление дополнительных излучений, не учтенных в результатах работ [12, 13]. Данные излучения будут зависеть от степени отклонений кровотока от нормы, от наполняемости сосудов, от процессов тромбообразования и других факторов. Названные изменения физиологического состояния человека определенным образом отразятся на собственном излучении кровотока, а также на его электрофизических параметрах, что скажется на коэффициенте отражения внешних ЭМИ от участков с нарушенным кровотоком.

По прямолинейному участку кровеносного сосуда с радиусом R движется поток крови. На этот поток действует переменное электромагнитное поле с частотой f и амплитудой электрической составляющей \vec{E}_0 и магнитной составляющей $-\vec{H}_0$. Определим поле скоростей кровотока и его электромагнитные характеристики [15, 16].

Как показано в [16, 17], при движении крови по кровеносному сосуду на него действует сила \vec{f}_e :

$$\vec{f}_e = \mu_0 [\vec{j}, \vec{H}], \quad (1)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная проницаемость свободного пространства;

\vec{j} – плотность электрического тока, создаваемого течением крови;

\vec{H} – напряженность составляющей магнитного поля, действующего на кровоток.

Величина \vec{H} состоит из двух слагаемых: \vec{H}_c (магнитной составляющей самосогласованного ЭМП) и $\vec{H}_{вн}$ (магнитной составляющей внешнего ЭМП). Самосогласованное поле создается текущей кровью, то есть это внутреннее электромагнитное поле кровотока. В случае, когда проводится термографирование собственных излучений организма человека, в том числе и его кровотока, \vec{H}_c несет основную информацию об исследуемом объекте.

На основании проведенных авторами исследований стало возможным сформулировать основные требования и совместно со специалистами АО НИИРИ построить образец медицинской диагностической системы, позволяющей на основании регистрации собственных радиоизлучений организма выявлять изменения кровообращения, опухолей, воспалительных и других процессов в организме человека [18, 19].

На рис. 4, 5 приведена структурная схема двухчастотной медицинской диагностической системы радиотеплового картирования и аппарат СВЧ терапии.

В ходе дальнейших исследований на основании теоретических исследований были определены основные биотропные параметры низкоэнергетического ЭМИ, позволяющие осуществлять эффективное терапевтическое воздействие на биологические объекты. Изготовлен опытный образец терапевтического устройства осуществляющего воздействие низкоэнергетическими ЭМИ СВЧ диапазона. В настоящее время проводится оформление патентов по ряду технических решений, реализованных в этом устройстве.

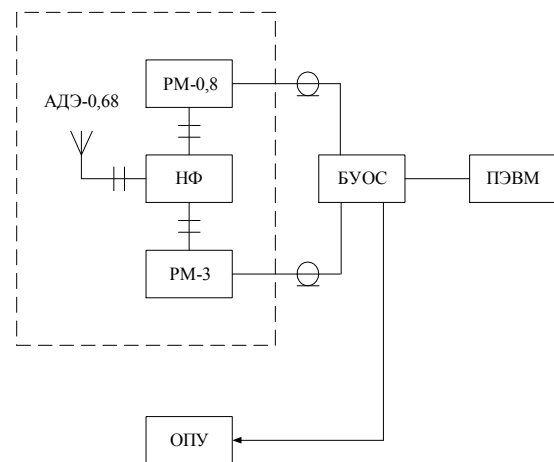


Рис. 4. Структурная схема двухчастотной медицинской диагностической системы радиотеплового картирования



Рис. 5. Аппарат СВЧ терапии

Выводы

1. Вибрационная болезнь занимает одно из первых мест в общем списке профессиональных заболеваний.
2. Вибрация оказывает комплексное воздействие на организм в целом и на составные системы, включая клеточную структуру.
3. Целесообразно использовать для диагностики организма, подвергающегося действию вибрации, радиометрическую систему, регистрирующую собственные ЭМИ биологического объекта.
4. Необходимо проведение дальнейших экспериментальных исследований по изучению возмож-

ностей разработанного аппарата СВЧ терапии для лечения различных патологий организма человека и в том числе вызванных действием вибрации.

Список литературы

1. Нагорная А.М. Социально-экономические детерминанты здоровья населения Украины. Обзор литературы и собственных исследований. [Электронный ресурс] / А.М. Нагорная. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.infmed.kharkov.ua/1rus.htm>.
2. Федерація професійних спілок України. Праця в Україні: необхідність якісних змін для суспільної ефективності та гідного життя. Національна профспілкова доповідь Президенту України В.Ф. Януковичу. Березень 2010 р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.ntser.gov.ua/assets/files/Plenar/nationdop.pdf>.
3. Состояние профессиональной заболеваемости в Украине и особенности текущего периода // Охрана труда. – 2010. – № 3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к журналу: <http://xn--80aap7beodrlp.net/archive/2010/3/2>.
4. Дементий Л.В. Охрана труда в автоматизированном производстве. Правовые и организационные основы / Л.В. Дементий, А.Л. Юсина. – Краматорск: ДГМА, 2007. – 140 с.
5. Зуев В.И. Организация медицинской помощи на селе: социологический анализ. [Электронный ресурс] / В.И. Зуев, Н.Г. Чевтаева, О.А. Шипиловская. – Режим доступа к ресурсу: <http://vestnik.uara.ru/ru-ru/issue/2009/04/13>.
6. Черепнев И.А. Возможные методы повышения эффективности работы экипажей существующих и перспективных боевых машин / И.А. Черепнев, Н.М. Кириенко, А.В. Артюшенко, А.А. Аверьянов // Системи обробки інформації. – Х.: XV ПС, 2005. – Вип. 5 (45). – С. 152-169.
7. Черепнев И.А. Вплив факторів вібрації та шуму на діяльність екіпажу, бойової і спеціальної техніки / И.А. Черепнев, Є.С. Мелентьєва, І.Є. Биков // Системи озброєння і військової техніки. – 2006. – № 4(8). – С. 47-52.
8. Артамонова В.Г. Профессиональные болезни: Учебник / В.Г. Артамонова, Н.А. Мухин. – М.: Медицина, 2004. – 480 с.
9. Романов С.Н. Биологическое действие вибрации и звука: Парадоксы и проблемы XX века / С.Н. Романов. – Л.: Наука, 1991. – 158 с.
10. Четукова Д.Х. Основные методы диагностики вибрационной болезни в клинико-экспертной оценке [Электронный ресурс] / Д.Х. Четукова. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.science-education.ru/pdf/2012/3/337.pdf>.
11. Николаенко В.Ю. От локальной вибрации до вибрационной болезни / В.Ю. Николаенко, Н.Д. Ласткова // Международный неврологический журнал. – 2011. – №1(39). – С. 131-139.
12. Пиротти Е.Л. Математическая модель кровотока в нестационарном режиме / Е.Л. Пиротти // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. – Х.: ХГПУ, 1998. – Вып. 6, ч. 4. – С. 515-517.
13. Пиротти Е.Л. Анализ кровотока при наличии внешнего электромагнитного поля / Е.Л. Пиротти // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. – Х.: ХГПУ, 1998. – Вып. 6, ч. 4. – С. 518-521.
14. Пиротти Е.Л. Изменения в кровотоке операторов специальных РТС под воздействием внешних электромагнитных излучений / Е.Л. Пиротти, И.А. Черепнев // Механіка та машинобудування. – 1999. – № 2. – С. 104-108.
15. Черепнев И.А. Моделирование радиоизлучения кровотока в кровеносных сосудах / И.А. Черепнев // Збірник наукових праць. – Х.: ХВУ, 2001. – Вип. 2(32). – С. 48-52.
16. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. 8. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1992. – 661 с.
17. Куликовски А.Г. Магнитная гидродинамика / А.Г. Куликовски, Г.А. Любимов. – М.: ФизматГИЗ, 1962. – 150 с.
18. Черепнев И.А. Возможность получения информации о состоянии человека методом электромагнитного излучения его органов / И.А. Черепнев // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – Вип. 5(15). – С. 31-38.
19. Экспериментальное обоснование медико-технических требований к аппаратуре радиотеплового картирования биологических объектов / И.А. Черепнев, Л.Ф. Кучин, Г.А. Ляшенко и др. // Збірник наукових праць ХВУ. – Х.: ХВУ, 2002. – Вип.1(39). – С. 126-130.

Поступила в редколлегию 4.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Д. Черенков, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ ВІБРАЦІЙНОЇ ХВОРОБИ

В.И. Дьяконов, И.А. Черепнев, Н.В. Полянова, А.В. Артюшенко

У статті розглянута оцінка значимості вібраційної хвороби у загальному переліку професійних захворювань, її прояв і дія на організм людини. Запропоновано теоретичне обґрунтування і апаратно-програмні засоби для використання інформаційних високочастотних електромагнітних випромінювань в цілях діагностики та лікування симптомів вібраційної хвороби.

Ключові слова: вібраційна хвороба, радіотеплове картування, низькоенергетичне електромагнітне випромінювання.

USE LOW-ENERGY ELECTROMAGNETIC RADIATION TO DIAGNOSIS AND TREATMENT OF DISEASES OF VIBRATION

V.I. Dyakonov, I.A. Cherepnev, N.V. Polyanova, A.V. Artyushenko

Evaluation of the significance of vibration disease in the general list of occupational diseases and its manifestation and effect on the human body are examined in the article. A theoretical study and the hard-versa and software for the use of information of high frequency electromagnetic radiation-sections to diagnose and treat the symptoms of vibration disease are proposed.

Keywords: vibration disease, radiothermal mapping, low-energy electromagnetic radiation.