

С. М. Аполлонский

ОСОБЕННОСТИ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕХНОСФЕРУ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОЛНОВОЙ ПРИРОДЫ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Дата поступления: 23.12.2016

Решение о публикации: 27.03.2017

Дата публикации: 30.04.2017

Аннотация. В среде обитания техносфера подвергается, как правило, одновременному воздействию большего числа физических факторов волновой природы, переменных по частоте и амплитуде. К наиболее уязвимым элементам техносферы необходимо отнести высокочувствительные системы управления и человека. Следует особо отметить, что человек в течение жизни подвергается сочетанному воздействию ряда волновых факторов окружающей среды, как в быту, так и на производстве. Такие воздействия многократно увеличиваются в производственных условиях, связанных с большими энергетическими мощностями, которые изменяются как во времени, так и в пространстве.

В докладе рассмотрены особенности воздействия физических факторов волновой природы на электрифицированном железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: физические факторы волновой природы, ионизирующие и неионизирующие излучения, виброакустические колебания, фоновые физические факторы волновой природы, техногенные физические факторы волновой природы, электромагнитная безопасность на электрифицированном железнодорожном транспорте.

S. M. Apollonskiy

FEATURES OF COMBINED EFFECTS OF PHYSICAL FACTORS OF WAVE NATURE ON ELECTRIFIED RAILWAY TRANSPORT ON TECHNOSPHERE

Abstract: As a rule, the habitat technosphere is affected by simultaneous actions of numerous wave nature physical factors with variable frequency and amplitude. The most vulnerable elements of technosphere include the highly sensitive control systems and human population. It should be underlined that during a lifetime any person is exposed to the combined effects of environmental wave factors, both at home and at work. These effects increase significantly in industrial areas associated with large energy capacity that is time- and space-varying.

The report describes wave nature physical factors impact caused by electrified railways.

Key words: wave nature physical factors, ionizing and non-ionizing radiation, vibrations, vibroacoustics, background wave nature physical factors, man-made wave nature physical factors, electromagnetic safety on electrified railways.

1. Введение

В среде обитания техносфера подвергается, как правило, одновременному воздействию большего числа физических факторов волновой природы. К ним относятся электромагнитные поля (ЭМП) широкого частотного спектра; неионизирующие электромагнитные излучения (видимое излучение, инфракрасное излучение, ультрафиолетовое и лазерное излучения); ионизирующие излучения; виброакустические воздействия (шум, инфразвук, ультразвук, вибрации) и др. Эффект от одновременного воздействия таких факторов может оказаться более значительным, чем при изолированном воздействии того или иного фактора.

Рассматривая сочетанное действие неблагоприятных физических полей и других факторов, следует отметить, что на высоких уровнях воздействия наблюдается потенцирование, антагонизм и независимый эффект. На низких уровнях, как правило, наблюдаются аддитивные зависимости.

Человек, будучи элементом техносферы, в течение всей своей жизни подвергается воздействию комплекса факторов как на производстве, так и в быту, среди которых одно из ведущих мест занимают физические поля и излучения. При определенных условиях каждый из них, а также их разнообразные комбинации могут приводить к существенному напряжению адаптационных возможностей организма человека, а в дальнейшем и к срыву адаптации. Стрессовое воздействие данных факторов определяется как их физическими характеристиками (дозовая нагрузка), так и функциональным состоянием ведущих систем организма, его индивидуальной чувствительностью к раздражителю.

В качестве примера комплексного подхода можно привести результаты исследований условий труда и состояния здоровья специалистов, осуществляющих эксплуатацию средств радиолокации, радионавигации и связи. В процессе осуществления своей трудовой деятельности эти лица подвергаются воздействию целого комплекса факторов производственной среды и трудового процесса. Ведущими среди физических факторов являются ЭМП широкого диапазона частот, а также шум и вибрация. Кроме того, для персонала, обслуживающего системы локации, навигации и связи, важную роль играют микроклиматические параметры, так как часть работ производится не в помещении, а на открытых территориях. Высокая личная ответственность за обеспечение безопасности движения транспорта является дополнительным стрессовым фактором.

Другим примером сочетанного действия вредных факторов на человека может служить работа с компьютером. Сегодня число пользователей компьютерами составляет в России свыше 60 млн. человек. Не следует забывать, что далеко не все компьютеры отвечают санитарно-гигиеническим требованиям. Пользователи в процессе работы в этих случаях подвергаются комплексному воздействию вредных факторов.

Исследования показали, что неблагоприятные изменения функционального состояния пользователей персональных компьютеров определяются сочетанием рядом факторов: уровнями генерируемых ЭМП, параметрами освещенности, микроклиматом в помещении, состоянием здоровья, возрастом, интенсивностью и длительностью работы с компьютером.

В отечественной и зарубежной литературе имеются довольно многочисленные сведения, в той или иной мере отражающие попытку интегрально оценить этот комплекс воздействующих на организм человека факторов и определить значимость каждого из них в их взаимосвязи.

Имеются предложения об изменении гигиенических требований к одному из факторов, действующих в комплексе с другими.

Современные математические методы позволяют подойти к решению этой гигиенической проблемы с позиций комплексного нормирования факторов на основе построения модели, отражающей взаимосвязь совокупности показателей функционального состояния человека со всей совокупностью факторов среды.

При анализе многофакторных исследований важным является выбор адекватного статистического метода анализа и обобщения экспериментальных данных. Однако традиционный подход с использованием многофакторного дисперсионного анализа и F -критерия Фишера для оценки значимости, как отдельного фактора, так и их сочетаний не позволяет решить задачу прогнозирования функционального состояния человека (ФСЧ) по значениям параметров внешней среды. В этом случае исследователь сталкивается с необходимостью использования ряда регрессионных моделей, описывающих взаимосвязь отдельного показателя функционального состояния человека с линейной или нелинейной комбинацией факторов внешней среды (ФВС):

$$Y_i = F(X_{i1}, X_2, \dots, X_{ij}), \quad (1)$$

где Y_i - i -й из m показателей оценки ФСЧ, а $X_{i1}, X_2, \dots, X_{ij}$ - ФВС.

Число таких уравнений (в зависимости от количества используемых показателей ФСЧ) может быть весьма велико, что затрудняет их практическое использование. Кроме того, в этом случае по существу имеет место сведение многомерной (по совокупности параметров ФСЧ) задачи количественной оценки системного ответа организма человека, находящегося в неблагоприятных условиях, к m одномерным задачам.

Такой подход не является в полной мере адекватным. Наиболее логичным является изучение многомерной системы многомерными математическими методами.

Известен способ гигиенической оценки влияния содержащихся в воздухе физических факторов волновой природы на организм человека по кратности превышения предельно допустимых уровней содержащихся в воздушной среде физических факторов. Например, в отношении одного содержащегося в воздухе физического фактора или группы факторов, обладающих между собой аддитивным действием на организм человека, гигиеническая оценка влияния факторов определяется по формуле [15]:

$$\frac{TU_1}{ПДУ_1} + \frac{TU_2}{ПДУ_2} + \dots + \frac{TU_n}{ПДУ_n} \leq 1, \quad (2)$$

где TU_1, TU_2, \dots, TU_n - текущие уровни содержащихся в воздухе физических факторов (H – А/м, E – В/м, p – Па (H/m^2) и др.); $ПДУ_1, ПДУ_2, \dots, ПДУ_n$ - нормируемые предельно допустимые уровни содержащихся в воздухе физических факторов (тех же размерностей, что и TU_i).

Для физических факторов, обладающих между собой независимым действием на организм, гигиеническая оценка влияния содержащихся в воздухе факторов на организм человека производится на основе определения кратности превышения их предельно допустимых уровней, но по наиболее опасному фактору.

Таким образом, в имеющемся способе гигиенической оценки влияния содержащихся в воздухе физических факторов на организм человека и действующих нормативах содержания физических факторов в атмосферном воздухе населенных мест и в воздухе рабочей зоны производственных помещений, категория предельно допустимого уровня (ПДУ) физического фактора представлена в качестве критерия санитарного благополучия воздушной среды, но в формах, не имеющих отношения, например, к факторам трудового процесса, хотя ПДУ физического фактора веществ создается для человека, который является субъектом трудового процесса и, следовательно, имеет к факторам трудового процесса непосредственное отношение. Вывод о необходимости учета взаимосвязи между факторами среды и трудового процесса при гигиенической оценке влияния содержащихся в воздухе физических факторов волновой природы на организм человека вытекает также из определения понятия ПДУ. Предельно допустимый уровень воздействия физического фактора - это такой его уровень, воздействие которого, независимо от наличия других факторов, не превышающих нормативов, при работе установленной продолжительности в течение всего трудового стажа не вызывает заболевания или другого отклонения в состоянии здоровья как самого работающего, так и его потомства.

Описанный способ гигиенической оценки влияния содержащихся в воздухе физических факторов на практике часто приводит к противоречивым ситуациям, когда при различных мышечных нагрузках, категориях тяжести труда и обусловленных ими функциональных состояниях организма (в том числе и превышающих предельно допустимые), гигиеническая характеристика, например, производственной среды по критерию кратности превышения ПДУ физических факторов в воздухе рабочей зоны, получает одну и ту же оценку. Между тем известно, что физическая мышечная нагрузка оказывает мощное и разностороннее влияние на все органы и системы организма, изменяет условия резорбции, распределения, превращения и течение интоксикации в целом. Динамические физические нагрузки активизируют основные вегетативные системы жизнеобеспечения - дыхание и кровообращение, усиливают активность нервно-эндокринной системы, а также многие ферментативные процессы. В связи с этим при наличии сопутствующих воздействию содержащихся в воздухе других физических факторов, превышающих нормативные значения, в данных условиях критерий ПДУ, согласно определению этого понятия, не может являться гарантом безопасного уровня.

Таким образом, описанный способ гигиенической оценки влияния содержащихся в воздухе физических факторов волновой природы на организм человека недостаточно точно характеризует степень этого влияния при наличии сочетанного воздействия на человека других факторов, превышающих нормативы.

В целях обеспечения преемственности по отношению к традиционным принципам гигиенической оценки загрязнения воздушной среды физическими факторами волновой природы и удобства применения получаемых данных в различного рода исследованиях условий труда человека в [15] предложена другая формула, однако нет экспериментальных подтверждений её справедливости.

Ниже рассмотрены некоторые подходы к оценке влияния физических факторов волновой природы в техносфере на функциональное состояние человека на основе полученных интегральных показателей ФСЧ и ФФС и установления взаимосвязи между ними.

2. Особенности сочетанного воздействия электромагнитных полей широкого спектра частот

Сочетанное воздействие ЭМП с различными длинами волн, частотами и интенсивностями сказывается на работе жизненно важных систем организма, прежде всего нервной, иммунной, эндокринной и репродуктивной систем. Сочетанное воздействие ЭМП на нервную систему приводит к изменениям высшей нервной деятельности человека.

Имеющиеся результаты свидетельствуют о возможной модификации биоэффектов ЭМП как тепловой, так и нетепловой интенсивности под влиянием ряда факторов как физической, так и химической природы. Условия комбинированного действия ЭМП и других факторов позволили выявить значительное влияние ЭМП сверхмалых интенсивностей на реакцию организма, а при некоторых сочетаниях может развиваться ярко выраженная патологическая реакция.

В последние годы появились публикации, в которых имеются весьма важные указания о наличии так называемых резонансных эффектов при воздействии на биобъекты ЭМП, о роли в биоэффектах некоторых форм модуляции; показано наличие частотных и амплитудных окон, обладающих высокой биологической активностью на клеточном уровне, а также при воздействии ЭМП на центральную нервную и иммунную системы. Во многих работах указываются на "информационный" механизм биологического действия ЭМП. Опубликованы данные о неадекватных патологических реакциях людей на модулированные электромагнитные поля.

Однако, действующие гигиенические нормативы, основанные лишь на регламентации энергетической нагрузки, слагаемой из интенсивности и времени контакта с ЭМП, не позволяют распространить ПДУ на условия воздействия ЭМП со сложными физическими характеристиками, в частности применительно к конкретным режимам модуляции.

При проведении электромагнитного мониторинга не следует забывать о структуре поля, которая в общем случае может быть весьма сложной и представлять собой до шести компонент напряженности ЭП и МП. В отечественной и зарубежной санитарно-гигиенической практике принята энергетическая концепция учета отдельных составляющих поля. Если в данной точке пространства создается ЭМП, описываемое несколькими несинфазными пространственными компонентами в декартовой E_x, E_y, E_z (или H_x, H_y, H_z) или круговой цилиндрической E_r и E_z (или H_ϕ) системах координат (это характерно для линий электропередачи), то напряженность поля от i -го источника ($i \in [1, n]$) - E_{Σ_i} (или H_{Σ_i}) от каждого такого технического средства определяется следующим образом:

$$E_{\Sigma_i} = \sqrt{E_{x_i}^2 + E_{y_i}^2 + E_{z_i}^2}; \quad E_{\Sigma_i} = \sqrt{E_{r_i}^2 + E_{\phi_i}^2 + E_{z_i}^2}; \quad (3)$$

$$H_i = \sqrt{H_{x_i}^2 + H_{y_i}^2 + H_{z_i}^2}; \quad H_{\Sigma_i} = \sqrt{H_{r_i}^2 + H_{\phi_i}^2 + H_{z_i}^2}. \quad (4)$$

С критериями оценки опасности ЭМП тесно связан характер воздействия, под которым понимают совокупное загрязнение окружающей среды ЭМП и другими факторами. Характер воздействия ЭМП может быть:

1. Изолированным - от одного источника ЭМП. В этом случае оценка опасности электромагнитной обстановки производится непосредственно по

предельно допустимому уровню ЭМП, определяемому по виду и рабочей частоте технических средств.

2. Сочетанным - от двух и более источников ЭМП, имеющих одинаковую величину предельно допустимого уровня одного и того же нормируемого параметра.

3. Смешанным - от двух и более источников ЭМП, имеющих различные величины предельно допустимых уровней одного или различных нормируемых параметров.

4. Комбинированным - в случае воздействия ЭМП и какого-либо другого неблагоприятного загрязняющего фактора (материального или энергетического).

Сочетанное, смешанное и комбинированное воздействие ЭМП предполагает введение критериев и алгоритмов, по которым производится оценка состояния окружающей среды.

Воздействие может быть постоянным и прерывистым. Типичным случаем прерывистого воздействия является облучение от сканирующих антенн радиолокационных станций.

При воздействии на окружающее пространство i источников ЭМП широкого частотного спектра суммарные напряженности ЭМП могут быть рассчитаны в виде:

$$E_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_{\Sigma_i}^2}, \quad H_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n H_{\Sigma_i}^2}. \quad (5)$$

Подводя итог, отметим, что нормирование ЭМП осуществляется в зависимости от частоты ЭМП (с увеличением частоты имеется четкая тенденция уменьшения предельно допустимого уровня, т. е. нормы становятся строже), от категории облучаемых людей (население, производственный персонал, пользователи), от вида технических средств (телевидение, сотовая связь, радиолокаторы, ЛЭП, печи СВЧ, видеодисплейные терминалы и т. д.).

3. Особенности сочетанного воздействия шума и других физических факторов на человека

В процессе жизнедеятельности человек, как правило, подвергается одновременному воздействию не только шума, но и других факторов, что обуславливает необходимость проведения различного вида исследований по оценке их комбинированного влияния на организм.

Результаты исследования механизмов одновременного действия шума и других физических факторов на организм и методические подходы к их сочетанной оценке представлены в ряде работ отечественных и зарубежных авторов. Некоторые из них посвящены оценке функционального состояния человека во взаимосвязи с воздействующими

факторами, в отдельных работах сделана попытка представить в качестве критерия комплексной оценки показатели здоровья и риска его нарушения; в некоторых - отражена методология комплексной оценки функционального состояния организма.

В работе [6] проанализированы воздействия шума и различных физических факторов волновой природы на биосферу и человека. Используются материалы многочисленных работ отечественных и зарубежных специалистов. Основные результаты исследований можно суммировать следующим образом:

1. Совместное действие шума и нагревающего микроклимата приводит к более значительным изменениям функционального состояния человека и снижению его работоспособности, чем воздействие каждого из них. Одновременное действие нагревающего микроклимата и шума на уровне выше ПДУ сопровождается большим увеличением заболеваемости с временной утратой трудоспособности по классу болезней органов кровообращения (гипертоническая болезнь) [3]. Тепловое воздействие на работников операторского труда, сочетающееся с действием других производственных факторов, проявляется также и в большем снижении внимания при решении поставленных задач, а также изменении чувствительности слухового анализатора.

2. В статье [5] делается попытка подойти к комплексной оценке условий труда, исходя из суммы баллов соответствующих степеней вредности каждого фактора: вибрация, шум, пыль, температура воздуха, скорость движения воздуха, загрязненность воздушной среды (СО акромин, СО керосин). Определялся интегральный показатель факторов среды. Установлена его тесная корреляционная взаимосвязь с показателями заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Степень вредности факторов определяли двумя способами: по наиболее жесткой оценке всех рабочих мест (B_{\max}), а также по среднеарифметическому значению показателей и среднеквадратическому отклонению. При этом учитывали статистическое распределение степеней по всем трём классам, а класс ниже нормы считали нулевым. Для расчета среднего значения индекса умножали долю (относительно 1) рабочих мест с превышением ПДК и ПДУ в пределах данного класса на его индекс, принимая для случая ниже нормы 1, 2, 3 степеней вредности, значения индексов 0, 1, 2, 3 соответственно. Сложение 4-х компонентов составляющих давало среднее значение степени.

3. Такие факторы физической природы, как шум и электромагнитные излучения, играют значительную роль в формировании антропогенной нагрузки в техносфере: имеется прямая зависимость между их уровнями и распространённостью заболеваний (нервно-психическая сфера, заболевания системы кровообращения, органов зрения и др.) [9].

4. Физические факторы среды (шум и электромагнитные поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ)) при совместном воздействии могут

вызывать разнонаправленные изменения в различных органах и системах у био-организмов, которые, которые в зависимости от уровня и продолжительности действия каждого фактора, могут ослаблять или усиливать системный ответ. Комплексное воздействие ЭМП ПЧ с высоким уровнем магнитной индукции и шума средних уровней угнетает активность ферментов ЦТК в митохондриях головного мозга и печени. Действие ЭМП ПЧ с низким уровнем магнитной индукции и высокими уровнями шума приводит к увеличению скорости процессов дегидрирования в ЦТК митохондрий головного мозга и печени.

5. Для изучения эффектов сочетанного действия вибрации и шума на организм проведен [1] двухфакторный (вибрация 121 и 127 дБ, шум 80 и 100 дБ) эксперимент. Математическая обработка полученных результатов позволила установить вклад уровня шума в изменение порогов слуховой и вибрационной чувствительности, а также влияние уровней вибрации и шума на процесс восстановления этих показателей. Полученные данные указывают на существенную роль фактора шума в развитии изменений не только слуховой, но и вибрационной чувствительности при сочетанном действии двух факторов, вклад которого в величину смещения порогов вибрационной чувствительности на величину ВСП составил 23,5 %. Влияние уровня вибрации на величину ВСП слуха было статистически малозначимым, однако, оно сказывалось в замедлении процесса восстановления порогов слуха.

Вибрация значительно (в среднем в 1,5-2,0 раза) усиливает неблагоприятное влияние транспортного шума на физиологические показатели (в частности, КЧСМ) населения. Отмечено, более выраженное напряжение адаптационных реакций организма. Наибольшее количество жалоб на совместное действие шума и вибрации зарегистрировано среди лиц, страдающих заболеваниями нервной и сердечно-сосудистой системы. На основании исследования выявляемости кардио- и цереброваскулярной патологии лиц, подвергающихся воздействию шума и вибрации, обнаружено, что она в два раза выше, чем в популяции.

Комбинированное воздействие шума и вибрации вызывает большее увеличение потоотделения с ладони, чем каждый из этих факторов. В наибольшей степени эффект выражен у лиц, имеющих большую чувствительность к вибрации или шуму. Одновременное воздействие вызывает более выраженную вазоконстрикцию в сосудах пальцев. Известно, что ладонное потоотделение контролируется симпатическими холинэргическими волокнами и может считаться как индекс симпатических реакций. 70% пациентов с вибрационным синдромом страдает ладонным гипергидрозом, и их симпатическая система может находиться в стадии возбуждения. Операторы ручных инструментов подвергаются воздействию как вибрации, так и шума. При этом реакции на вибрацию и шум, действующие совместно, более выражены, чем при действии одной лишь

вибрации. Лица, которые более значительно реагировали на шум, также выразительно реагировали и на вибрацию, и еще более интенсивно на их одновременное воздействие. Следует отметить, что по данным ряда авторов эффект на комбинированное воздействие проявляется и в случае, когда реакции на раздельное действие шума и вибрации незначительны.

6. При исследовании [12] биологического эффекта воздействия трех физических факторов: шум, вибрация, нагревающий микроклимат, установлен синергизм в реакциях организма на шум и тепло и антагонизм в действии вибрационного и теплового факторов. Данные свидетельствуют о методической сложности оценки сочетанного воздействия факторов, поскольку биологический эффект не является алгебраической суммой независимых между собой воздействий. Автор ставит вопрос о возможности использования неспецифических реакций различных функциональных систем организма в качестве показателя чувствительности организма к комбинированному действию физических факторов производственной среды (шум, вибрация, нагревающий микроклимат). Делается вывод, что устойчивость организма к комбинированному действию указанных выше факторов как система является нелинейной, поскольку не подчиняется принципу суперпозиции, т.е. реакция системы не выражается в виде алгебраической суммы независимых между собой воздействий. Это означает, что без проведения факторного и кластерного анализа построение уравнений множественной регрессии представляется не вполне корректным, принимая во внимание также, что единицы измерения одних факторов (например, температура) – линейные, а других (шум, вибрация) – логарифмические. Использование адекватных математических методов позволяет выявить характер и направленность различных физиологических реакций при комбинированном воздействии на человека физических факторов, а также значимость адаптации к ним с позиций разработки дифференцированных норм.

4. Нормирование сочетанного воздействия физических полей и других факторов на человека

На основании общетеоретических положений отечественной медицины труда, международного опыта ВОЗ, МОТ, ИСО, МЭК по стандартизации, гармонизации нормативов и методов их контроля в настоящее время разработана новая методология нормативно-прогностической регламентации физических факторов производственной и окружающей среды. В ней успешно сочетаются традиционное гигиеническое нормирование с обоснованием предельно допустимых уровней физических факторов и концепция оценки риска для здоровья от их воздействия. основополагающими принципами новой системы

регламентации, на примере виброакустических факторов, являются следующие [14]:

1. Единое нормирование виброакустических факторов производственной среды и среды обитания для учета и оценки их суммарной нагрузки на работающее население.

2. Интегральная, одночисловая оценка виброакустических факторов, воздействующих на человека-оператора, по экспозиции, вместо традиционных частотно-амплитудных характеристик.

3. Дифференцированное нормирование виброакустических факторов с учетом тяжести и напряженности трудового процесса (а не по принципу технической достижимости или отраслевому принципу).

4. Оценка риска нарушения здоровья при воздействии виброакустических факторов с целью управления качеством среды (производственной, окружающей, обитания) и вероятностью развития профессиональных заболеваний.

5. Оценка и нормирование виброакустических колебаний в комплексе с другими физическими факторами и факторами иной природы, воздействующими на работающих в реальных производственных условиях. Отличительная особенность гигиенического нормирования виброакустических колебаний в том, что степень вредности или опасности воздействующих уровней факторов устанавливается исходя из результатов сопоставления временных смещений порогов восприятия адекватных анализаторных систем в динамике рабочего дня и постоянных необратимых изменений у рабочих. Кроме того, при гигиеническом нормировании шума, вибрации, инфразвука, ультразвука наметился переход от устоявшегося частотного принципа (то есть спектральных характеристик, имеющих важное значение, прежде всего для разработчиков инженерно-технических, архитектурно-планировочных и других мер по борьбе с виброакустическими колебаниями) к одночисловой интегральной оценке факторов по экспозиции. Новая система регламентации физических факторов хорошо адаптирована для решения задач социально-гигиенического мониторинга. Целенаправленный переход на новую систему регламентации физических факторов и внедрение на ее основе социально-гигиенического мониторинга переориентирует гигиеническую профилактику на оценку риска в целях управления качеством среды (окружающей, производственной, обитания) и здоровья работающего населения. В связи с этим несомненный интерес представляет система прогнозов вероятности развития профессиональной патологии от воздействия шума, вибрации, контактного ультразвука и других физических факторов. Вопросы прогнозирования риска вибрационных нарушений являются актуальными, поскольку затрагивают закономерности формирования патологии и непосредственно связаны с возможностью предотвращения развития заболевания. Существует несколько моделей

прогноза вероятности развития вибрационных нарушений у работающих с ручным вибро-инструментом. Первая модель прогностической оценки вероятности развития вибрационной болезни была представлена в приложении к стандарту ИСО 5349.2 (1986) в виде «Руководства по оценке воздействия вибрации, передающейся на руки человека». Эта модель дозо-эффективной зависимости вероятности вибрационной болезни положила начало разработке ряда отечественных моделей, основанных на реальной диагностике вибрационной болезни 1-й и 2-й степени в соответствии с «Классификацией вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации», утвержденной Минздравом России № 10-11/143 от 9 декабря 1985 г., определяющих вероятность развития вибрационной болезни в зависимости от воздействующей экспозиции (дозы) вибрации и стажа работы в профессии. Сопоставление данных модели стандарта ИСО 5349.2 с данными отечественных моделей свидетельствует об их существенных различиях. Выявленное несовпадение результатов прогноза по модели стандарта ИСО и отечественным моделям обусловлено различием во взглядах отечественных и зарубежных ученых на патогенез вибрационной патологии, разными подходами к диагностике вибрационных нарушений и используемыми при этом критериями. Можно предположить, что при выявлении вибрационной патологии в нашей стране определенная часть заболеваний либо не диагностируется вообще, либо выявляется на стадии выраженных признаков'. В связи с этим при составлении прогноза по отечественным моделям рассчитанные показатели вероятности заболевания оказываются ниже реальных, которые, однако, не достигают величин, прогнозируемых по стандарту ИСО. Некоторые специалисты считают, что стандарт ИСО 5349.2 значительно переоценивает риск вибрационной болезни: в два-три раза по частоте случаев и до 10 раз по латентности развития. Среди отечественных моделей наиболее адекватной для оценки риска развития вибрационной болезни следует считать модель, разработанную в [14]. На основании анализа распределения частоты случаев вибрационной болезни 1-й степени среди работающих на виброопасных участках машиностроительных предприятий средней полосы России выведена математическая зависимость вероятности появления вибрационной патологии у работающих от уровня воздействующей вибрации и продолжительности контакта. В соответствии с установленной зависимостью воздействие вибрации с эквивалентным уровнем 112 дБ не приведет к развитию заболевания на протяжении 32 лет работы у 90% работающих, тогда как уровень 124 дБ будет безопасным для того же процента работающих лишь в течение четырех лет. На основании гигиенических, клинико-физиологических исследований выявлена дозоэффективная зависимость вероятности развития синдрома вегетативно-сенсорной полиневропатии вибрационной болезни от уровня общей вибрации и стажа работы. На протяжении последних лет большое внимание

уделяется изучению сравнительно новых техногенных факторов - инфразвука и контактного ультразвука. Проведены исследования по оценке степени вредности инфразвука и низкочастотных акустических колебаний, их совместного действия с другими факторами производственной среды, изучены механизмы влияния и биологического восприятия инфразвука. На основании литературных данных и собственных материалов об объективных и субъективных признаках инфразвукового воздействия разработана классификация зон риска для здоровья человека в зависимости от параметров инфразвука. Установлено, что кратковременное интенсивное воздействие инфразвука на человека обуславливает высокую степень вероятности развития тягостного состояния сенсорно-сомато-вегетативно-висцерального симптомокомплекса, что позволило впервые обосновать представление об инфразвуковом гипоталамическом синдроме (диэнцефальном кризе). Разработана концептуальная патогенетическая модель инфразвукового воздействия на человека, согласно которой особенностью повреждающего действия инфразвука является развитие сочетанных взаимосвязанных патологических процессов. Один из них обусловлен развитием общего адаптационного синдрома, другой - альтерацией нервных образований головного мозга, органов-мишеней эндокринной системы и внутренних органов. Основным патогенетическим звеном этого процесса является развитие тканевой гипоксии вследствие церебральной гипертензии из-за ликвор-гемодинамических и микроциркуляторных нарушений. Риск возникновения симптомокомплекса (синдрома) может быть рассчитан по определенной формуле. Полученные материалы использованы при обосновании гигиенических, клинко-физиологических, медико-биологических критериев нормирования инфразвука, учитывающих не только состояние статокинетической системы, но и в равной степени реакции целостного организма, что нашло отражение в новых санитарных нормах. Действующие санитарные правила СП 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» разработаны с позиций дифференцирования предельно допустимых уровней фактора в зависимости от степени тяжести и напряженности трудового процесса (в производственных помещениях и на территории предприятий) и составляют 100 и 95 дБ Лин соответственно. Отечественным гигиенистам принадлежит приоритет в обосновании принципов, критериев и методов гигиенической оценки и нормирования ультразвука. Следует отметить, что в результате снижения на 15 - 25 дБ уровней воздушного ультразвука, генерируемого современным ультразвуковым оборудованием, по сравнению с уровнем оборудования предыдущего поколения проблема воздушного ультразвука отошла на второй план. Вместе с тем, использование ультразвукового оборудования и аппаратуры в промышленности, медицине сопровождается ростом численности работающих с источниками контактного ультразвука,

подвергающихся его неблагоприятному воздействию. В целях унификации критериев и методов оценки условий труда работающих с источниками ультразвуковых колебаний разработана «Гигиеническая классификация ультразвука, воздействующего на человека-оператора», которая включена в действующие санитарные нормы. Развивающиеся под влиянием контактного ультразвука неблагоприятные эффекты, обладающие способностью к накоплению, проявляются обычно сильнее в зоне контакта - в пальцах, кистях рук. Клинико-физиологические исследования показали, что для ультразвукового воздействия характерны сенсорные, вегетативно-сосудистые нарушения и изменения опорно-двигательного аппарата рук в виде вегетативно-сенсорной (ангионевроз) полиневропатии рук, которая впервые включена в список профессиональных заболеваний в 1989 году. По результатам многолетних исследований разработана математическая модель прогноза вероятности развития профессиональной патологии у работающих с источниками контактного ультразвука различной частоты в зависимости от интенсивности и длительности контакта. Модель позволяет определять безопасный стаж работы в профессии, что дает возможность управлять риском нарушения здоровья за счет «защиты временем». В действующих санитарных нормах реализована концепция совместного действия воздушного и контактного ультразвука путем установления понижающей поправки, равной 5 дБ, к нормативному уровню контактного ультразвука. В условиях современного производства на фоне происходящей интеллектуализации труда, роста удельного веса операторских профессий повышается значение шумов средних уровней (ниже 80 дБА), не вызывающих потерь слуха, но оказывающих мешающее, раздражающее, утомляющее действие. Оно суммируется с действием напряженного труда и при возрастании стажа может привести к общесоматическим нарушениям и заболеваниям. В связи с этим был обоснован биологический эквивалент действия на организм шума и нервно-напряженного труда, равный 10 дБА шума на одну категорию напряженности трудового процесса. Этот принцип положен в основу действующих санитарных норм по шуму. Оценка и прогнозирование риска нарушений от действия шума предполагают количественную оценку как специфических, так и неспецифических, экстраауральных эффектов. В соответствии с рекомендациями стандарта ИСО 1999 (1990) «Акустика. Определение профессиональной экспозиции шума и оценка нарушений слуха, вызванных шумом» и на основе отечественных критериев оценки потерь слуха разработан прогноз развития тугоухости. В России степень профессиональной тугоухости оценивается по средней величине потерь слуха на трех речевых частотах (0,5-1-2 Гц). Величины более 10, 20, 30 дБ соответствуют I, II, III степени снижения слуха. Причем у женщин из-за более медленного, чем у мужчин, нарастания возрастных изменений слуха данные слегка отличаются: для стажа более 20 лет у женщин безопасный стаж на один год больше, чем у мужчин, а для

стажа более 40 лет - на два года. Правда, стандарт не учитывает характер трудовой деятельности, как это предусмотрено в санитарных нормах, дифференцированных по тяжести и напряженности трудового процесса и тем самым охватывающих неспецифическое действие шума, что важно для сохранения здоровья и работоспособности лиц операторских профессий. В настоящее время подготовлено информационное письмо «Прогнозирование потерь слуха от действия производственного шума по стандарту ИСО 1999 (1990)», в котором изложены принципиальные положения этого стандарта и даны рекомендации по его применению. Проблема гигиенической оценки импульсных шумов актуальна как в нашей стране, так и за рубежом. Действующие санитарные нормы по шуму устанавливают предельно допустимые уровни (далее ПДУ) для импульсного шума на 5 дБ ниже, чем для постоянных шумов, и дополнительно ограничивают максимальный уровень звука (125 дБА), но не регламентируют пиковые значения. Тем самым нормы ориентированы на громкость шума, а не на травматическое действие его пиков, являющееся общепризнанным. В последние десятилетия проведены исследования, позволившие уточнить ПДУ электромагнитных полей (далее ЭМП) в ряде частотных диапазонов с учетом режимов облучения и ввести дозовый (энергетический) подход, обосновывающий более адекватную оценку облучаемости персонала. Основным нормативным документом, регламентирующим допустимые уровни воздействия ЭМП, является СанПиН 2.2.4/ 2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона». В ПДУ наряду с интенсивностными параметрами (Е, Н, ППЭ) нормируется энергетическая экспозиция за рабочий день, выражающаяся произведением Е2, Н2 или ППЭ за время воздействия Т. Такой подход позволяет определять допустимые уровни ЭМП с учетом времени воздействия исходя из предельно допустимой энергетической экспозиции. В последнее время широкое распространение получили такие источники ЭМП, как видео-дисплейные терминалы (далее ВДТ) и радиотелефоны. Достаточно широкий спектр частот, излучаемых ВДТ, и особенности пользования радиотелефонами с максимальным приближением к голове пользователя потребовали разработки отдельных гигиенических регламентов. Были разработаны «Временные допустимые уровни электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи» (ГН 2.1.8/2.2.4.019-94) и СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видео-дисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ». Однако расширение частотного диапазона систем сотовой связи, увеличение числа пользователей радиотелефонами и ВДТ обуславливают необходимость проведения фундаментальных исследований влияния создаваемых ими ЭМП на организм человека с целью разработки научно обоснованных регламентов, уточнения методов измерения и гигиенической оценки. В связи с проведением социально-

гигиенического мониторинга предполагается разработка методов оценки влияния ЭМИ на показатели здоровья населения, проживающего в районах с неблагоприятной электромагнитной обстановкой. Поэтому необходима организация эпидемиологических исследований различных контингентов населения для апробации действующих ПДУ, изучения отдаленных последствий длительного воздействия ЭМП малой интенсивности. Нормирование микроклимата на рабочих местах и разработка мер защиты от перегревания и охлаждения базируются на результатах теоретических, экспериментальных и производственных исследований теплообмена человека с окружающей средой, порогов температурной чувствительности организма, состояния функциональных систем, обеспечивающих температурный гомеостаз, а также на изучении показателей здоровья работающих, имеющих как научное, так и практическое значение. Для разработки нормативных требований к параметрам микроклимата производственных помещений использованы показатели критериев, характеризующие тепловое состояние работающего за рабочую смену либо как оптимальное, либо как допустимое. При этом если в отношении оптимального теплового состояния человека за рабочую смену существует вполне определенная позиция отечественных и зарубежных исследователей, и их мнения практически не расходятся, то в отношении оценки допустимого охлаждения и перегревания организма это мнение неоднозначно. Это определяет различные требования к уровню термического стресса. К допустимым в период рабочей смены отнесены такие величины показателей теплового состояния человека, которые не вызывают неприятных тепло-ощущений, обуславливающих желание покинуть рабочее место для нормализации теплового состояния, увеличить или уменьшить теплоизоляцию одежды; не изменяют существенно работоспособность человека, но, при этом не исключено ее снижение у 20% индивидуумов на 10%. Пребывание в нагревающей или охлаждающей среде не является риском нарушения состояния здоровья. Показано, что кратковременное пребывание в охлаждающей или нагревающей среде может сопровождаться большим охлаждением или перегревом организма (предельно допустимым), но при условии, что в остальные периоды рабочей смены трудовая деятельность человека осуществляется в микроклиматических условиях, способствующих нормализации теплового состояния организма, то есть должно быть выдержано условие сохранения среднесменных величин показателей теплового состояния на допустимом уровне. Нормативные требования к оптимальным и допустимым показателям микроклимата, а также показателям, характеризующим различные классы вредных и опасных условий труда, разработаны на основе их взаимосвязи с критериальными показателями теплового состояния человека и его здоровья. Для оценки нагревающего микроклимата представлены требования к величинам интегрального показателя

термической нагрузки среды (далее ТНС-индекс), отражающего степень влияния нагревающего микроклимата на тепловое состояние человека и его здоровье. Рассчитаны величины стандартизованного относительного риска смерти (далее СОР) от заболеваний сердечно-сосудистой системы у рабочих в нагревающей среде в зависимости от превышения на рабочих местах верхней границы допустимого уровня ТНС-индекса. Вопросы защиты от термического стресса применительно к конкретным условиям трудовой деятельности представлены в Методических рекомендациях. В условиях производственной деятельности человек, как правило, подвергается одновременному воздействию различных факторов внешней среды. В отечественной и зарубежной литературе имеются многочисленные сведения, в той или иной мере отражающие оценку их совместного действия. Однако применяемый в этих целях традиционный подход к интегральному изучению происходящих в организме изменений с использованием многофакторного дисперсионного анализа Р-критерия Фишера для оценки значимости факторов не позволяет решать задачу прогнозирования функционального состояния человека в целом. Исследователь сталкивается с необходимостью использования ряда регрессионных моделей, описывающих взаимосвязь отдельного показателя функционального состояния человека (далее ФСЧ) с комбинацией факторов внешней среды (далее ФВС). Число таких уравнений в зависимости от количества показателей ФСЧ может быть весьма велико, что вызывает затруднения на практике. В наших исследованиях для комплексной оценки влияния ФВС (шум, вибрация, температура воздуха, освещенность) на ФСЧ использована модель, связывающая всю совокупность показателей функционального состояния человека со всей совокупностью показателей факторов внешней среды. Полученная модель позволила выявить, что комплексное воздействие ФВС в зависимости от уровня здоровья каждого человека может усиливать или ослаблять системный ответ организма. Исходя из взаимосвязи интегральных показателей функционального состояния человека и физических факторов среды, разработаны вероятностные номограммы для прогнозирования ФСЧ по его интегральному показателю ФВС. Данная методология может использоваться для решения различных гигиенических задач, касающихся оценки и нормирования комплекса физических факторов. При этом число исследуемых физических факторов может быть расширено, а в качестве ответных реакций могут использоваться не только реакции со стороны различных функциональных систем, но и показатели здоровья, что позволит прогнозировать риск его нарушения [12].

5. Заключение

Основным механизмом, посредством которого осуществляется приспособление организма к влияниям внешних для него физических факторов волновой природы, является нейрогуморальный с его рефлекторным и гуморальным звеньями, находящимися в постоянном динамическом взаимодействии. Рефлекторное звено с заложенными в коже и других тканях и органах тела человека рецепторами раздражений является первичным приемником и проводником воспринятых раздражений в центральную нервную систему. В центральной нервной системе в процессе ее весьма сложной аналитико-синтетической деятельности с участием вегетативных и высших регуляторных центров формируется ответная реакция организма на раздражение от внешнего физического фактора. Эта реакция проявляется рядом согласованных физиологических процессов в эффекторных органах и системах организма; в указанных процессах гуморальному звену принадлежит одно из ведущих мест [14].

Один и тот же физический фактор может дать различный эффект в зависимости от исходного функционального состояния организма и его нервной системы. При нормальном состоянии организма его реакции будут направлены, на устранение возникших в процессе воздействия изменений и быстрейшее восстановление нарушенного равновесия; при наличии в организме патологического процесса, когда нормальные отношения и состояние основных нервных процессов оказываются нарушенными и сопровождаются нарушением деятельности различных физиологических систем, воздействие физического фактора будет направлено на восстановление нарушенного физиологического равновесия и проявится в мобилизации и усилении естественных механизмов защиты организма против болезни.

Большое значение для ответной реакции организма имеет интенсивность применяемого физического фактора, продолжительность его действия и последовательность применения, а также локализация воздействия. Один и тот же фактор при небольшой интенсивности может оказывать возбуждающее действие, а при большой - приводить к противоположному эффекту. Короткое по продолжительности воздействие может стимулировать те или иные функции организма, продолжительное же может вызывать в центральной нервной системе тормозной эффект. Ежедневные однократные и повторные воздействия или воздействия с промежутками в один или несколько дней могут дать совершенно различные результаты. Наконец, немалое значение имеет и локализация воздействия: в одних случаях при местном приложении лечебного фактора возникают преимущественно местные ответные реакции, в других - на первый план выступает генерализованная ответная реакция организма.

Выбирая для наилучшего, целенаправленного воздействия на течение патологического процесса тот или иной физический фактор, необходимо учитывать все особенности применения и действия последнего.

Специфической особенностью гальванического тока является перемещение электрически заряженных частиц - электронов - в твердом или положительно и отрицательно заряженных ионов в жидком проводнике. В теле человека, содержащем в сложных растворах различные электролиты в виде положительно и отрицательно заряженных ионов, действие гальванического тока осуществляется в виде перемещения ионов в электрическом поле между наложенными на тело электродами в соответствии с их полярностью. У межклеточных мембран накапливаются наиболее подвижные ионы, частично проникающие через эти мембраны. Сами клеточные мембраны с их коллоидной субстанцией изменяют свою осмотическую проницаемость. Благодаря этому изменяется кислотно-щелочное равновесие в тканях, их водный баланс, электрические потенциалы, на поверхности нервного волокна изменяется содержание биологически активного вещества - ацетилхолина, в коже - гистамина и т. д. [11].

Библиографический список

1. Афанасьева Р. Ф. Сочетанное действие факторов производственной и окружающей среды на организм человека (аналитический обзор) // Бюллетень научного совета “Медико-биологические проблемы работающих”, № 2, 2005, с. 58-70.

2. Афанасьева Р. Ф. Прогнозирование теплового состояния человека при воздействии комплекса факторов/ Р. Ф. Афанасьева, Г. А. Суворов, А. Г. Антонов, А. Ф. Бобров, Т. К. Лосик, С. Н. Соколов // Медицина труда и промышленная и промышленная экология. – № 2, 2000. – 9 с.

3. Бабаян М. А., Денисов М. И. Сочетанное действие шума, тепла и оценка их биологической эквивалентности // Гигиена труда и профзаболевания. – 1991, № 9. – С. 24-26.

4. Белинский С. О. Комбинированное действие электромагнитных полей // Естествознание и гуманизм: сборник научных работ. – Томск: Сибирский государственный медицинский университет. – т. 2, № 1, 2005. – С. 60-62.

5. Беличева Д. Б. Комплексная оценка условий труда рабочих виброопасных профессий // Гигиена труда и профзаболевания. – 1992, № 3. – С. 20-23.

6. Васильев А. В. Проблемы оценки сочетанного влияния шума и других физических факторов на здоровье человека // Известия Самарского научного центра РАН. – т. 14, № 6-1, 2012.

7. Васильев А. В. Мониторинг физических полей урбанизированных территорий: современные подходы, проблемы, перспективы // Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск «ELPIT-2005». – 2005, т.1. С. 111-118.

8. Денисова С. А. Сочетанное воздействие низкоинтенсивного электромагнитного излучения терагерцового диапазона и экотоксикантов на биологические объекты. Автореф. дис. на соискание степени к.б.н. – М., 2008. – 16 с.

9. Дунаев В. Н., Быстрых В. В., Боев В. М. Вклад физических факторов в комплексную антропогенную нагрузку промышленного города // Гигиена и санитария. № 6, 1998. – С. 58-61.

10. Куликов В. Ю., Тимофеева Ю. С. Оценка сочетанного влияния различных вариаций геомагнитного и радиационного полей на осмотическую резистентность эритроцитов человека в условиях IN VITRO // Новосибирский государственный медицинский университет. Минздравсоцразвития. – Новосибирск, 2015.

11. Лукичева Т. А. Проблема сочетанного действия на человека неблагоприятных факторов; способы защиты при аварийных ситуациях. Автореф. д.м.н. – М., 1996.

12. Нормирование физических факторов. – URL: <http://doctor-centr.ru/info/normirovanie-fizicheskikh-faktorov> (дата обращения 10.12.2016).

13. Петин В. Т., Дергачёва И. П., Жураковская Г. П. Комбинированное биологическое действие ионизирующих излучений и других вредных факторов окружающей среды (Научный обзор) / Радиация и риск. – вып. 12, 2001. – С. 117-133.

14. Сочетанное действие вредных факторов. – URL: <http://12fan.ru/3338207846.html> (дата обращения 10.12.2016).

15. Суворов В. Г. Медико-биологические основы оценки сочетанного влияния производственной среды и трудового процесса на организм человека. Автореф. д.м.н. – М., 2004. – 277 с.

References

1. Afanasyeva R. F. *Byulleten' nauchnogo soveta "Mediko-biologicheskie problemy rabotayushchih"* Scientific – Bulletin Board "Medico-biological problems of working", no. 2, 2005, pp. 58–70 (in Russian).

2. Afanasyeva R. F., Suvorov G. A., Antonov A. G., Bobrov A. F., Losik T. K. & Sokolov S. N. *Medicina truda i promyshlennaya i promyshlennaya ehkologiya – Labor Medicine industrial and industrial ecology*, no. 2, 2000 – 9 p. (in Russian).

3. Babayan M. A. & Denisov M. I. *Gigiena truda i profzabolevaniya – Occupational hygiene and occupational diseases*, 1991, no. 9, pp.24–26 (in Russian).

4. Belinsky S. O. *Estestvoznanie i gumanizm: sbornik nauchnyh rabot* [Natural and Humanism: sb. Scien. Work – Tomsk, Siberian State Medical University, vol. 2, no. 1, 2005, pp. 60–62 (in Russian).
5. Belicheva D. B. *Gigiena truda i profzabolevaniya – Occupational hygiene and occupational diseases*, 1992, no. 3, pp.20–23 (in Russian).
6. Vasiliev A. V. *Izvestiya samarskogo nauchnogo centra RAN – Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, vol. 14, no. 6-1, 2012 (in Russian).
7. Vasiliev A. V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. Special'nyj vypusk «ELPIT-2005» – Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Special issue «ELPIT-2005»*, 2005, vol.1, pp. 111–118 (in Russian).
8. Denisova S. A. Sochetannoe vozdejstvie nizkointensivnogo ehlektromagnitnogo izlucheniya teragercovogo diapazona i ehkotsikantov na biologicheskie ob"ekty. Avtoref. dis. na soiskanie stepeni kandidata biologicheskikh nauk [The combined effect of low-intensity electromagnetic radiation in the terahertz range and toxicants on biological objects. Author. Dis. for the degree of Ph.D.]. Moskow, 2008. 16 p. (in Russian).
9. Dunaev V. N., Fast V. V. & Boev V. M. *Gigiena i sanitariya – Hygiene and sanitation*, no. 6, 1998, pp. 58–61 (in Russian).
10. Kulikov V. Y. & Timofeeva Yu. S. *Novosibirskij gosudarstvennyj medicinskij universitet. Minzdravsocrazvitiya – Medical University «Novosibirsk State Medical University," the Health Ministry*, Novosibirsk, 2015 (in Russian).
11. Lukicheva T. A. Problema sochetannogo dejstviya na cheloveka neblagopriyatnyh faktorov; sposoby zashchity pri avarijnyh situacijah. Avtoref. d.m.n. [Problem combined action on human adverse factors; methods of protection in emergency situations. Author]. MD Moskow, 1996 (in Russian).
12. Normirovanie fizicheskikh faktorov [Rationing physical factors]. URL: <http://doctor-centr.ru/info/normirovanie-fizicheskikh-faktorov> (10/12/2016).
13. Petin V. T., Dergacheva I. P. & Zhurakovskaya G. P. *Radiaciya i risk – Radiation risk*, no. 12, 2001, pp. 117–133 (in Russian).
14. Sochetannoe dejstvie vrednyh faktorov [The combined effect of harmful factors]. URL: <http://12fan.ru/3338207846.html> (10/12/2016).
15. Suvorov V. G. Mediko-biologicheskie osnovy ocenki sochetannogo vliyaniya proizvodstvennoj sredy i trudovogo processa na organizm cheloveka. Avtoref. d.m.n. [Biomedical bases of an estimation of the combined effect of the production environment and labor process on the human body. Author. MD]. Moskow, 2004 (in Russian).

Сведения об авторе:

АПОЛЛОНСКИЙ Станислав Михайлович, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор. Специалист в области электромагнитной безопасности технических средств и биообъектов (в том числе и человека) в техносфере; конструирования электрических машин и электрических аппаратов.

E-mail: smapollon@yahoo.com

About the author:

Stanislav M. APOLLONSKIY, Honored Worker of Science, Doctor of Technical Sciences, Professor. A specialist in the field of electromagnetic safety of technical devices and biological objects (including humans) in the technosphere; design of electric machines and electric devices.

E-mail: smapollon@yahoo.com