

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА

Варнавский А. Н.

Работа направлена на предотвращение профессиональных заболеваний и повышению качества деятельности человека-оператора. Предлагается в течение рабочего дня осуществлять динамическую коррекцию состояния оператора путем применения световых и звуковых стимулов и бинауральных ритмов. Причем начало и окончание корректирующих воздействий, и их частота задается нейронной сетью, на вход которой подаются параметры биоэлектрических сигналов оператора. Реализация предложенного способа позволит повысить эффективности коррекции состояния человека-оператора, заблаговременно и оперативно предотвратить его переутомление прежде, чем он достигнет состояния, не позволяющего ему качественно выполнять возложенные на него функции.

Робота спрямована на запобігання професійних захворювань і підвищенню якості діяльності людини-оператора. Пропонується протягом робочого дня здійснювати динамічну корекцію стану оператора шляхом застосування світлових і звукових стимулів і бінауральних ритмів. Причому початок і закінчення коригувальних впливів і їх частота задається нейронною мережею, на вхід якої подаються параметри біоелектричних сигналів оператора. Реалізація запропонованого способу дозволить підвищити ефективність корекції стану людини-оператора, завчасно і оперативно запобігання – брехати його перевтома перш, ніж він досягне стану, що не дозволяє йому якісно виконувати покладені на нього функції.

The work is aimed at preventing occupational diseases and improving the quality of human activity operator. Offered during working hours to carry out the dynamic correction of the operator through the use of visual and auditory stimuli and binaural beats. Moreover, the beginning and ending of corrective actions and their frequency is set by the neural network, the input parameters which served bioelectric signals operator. Implementation of the proposed method will improve the efficiency of correction of a human operator, and advance quickly to prevent its exhaustion before he reaches a state that does not allow him to qualitatively carry out its functions.

Варнавский А. Н.

канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доц. РГРТУ

varnavsky_alex@rambler.ru

РГРТУ – Рязанского государственного радиотехнического университета, г. Рязань.

УДК 614.8.084

Варнавский А. Н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА

Задача коррекции функционального состояния оператора в процессе трудовой деятельности является актуальной, поскольку относится к сфере здоровьесбережения и предотвращения появления профессиональных заболеваний, а также направлению повышения качества деятельности.

Вследствие высокого уровня психоэмоционального напряжения, которому подвергаются операторы технологических (особенно рискованных) производств, возникают стрессовые состояния, приводящие к ухудшению их функционального состояния, увеличению риска развития целого ряда заболеваний стрессовой этиологии – так называемых «болезней стресса»: некоторых сердечно-сосудистых заболеваний, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, некоторых невротических состояний и др. Стрессовые состояния помимо угрозы здоровью, а часто и жизни человека, являются причиной несчастных случаев, аварий, травм по вине «человеческого фактора», существенным образом снижают успешность и качество выполнения работы [1].

Можно привести статистические данные по затратам и потерям, возникающих в процессе трудовой деятельности и связанных со здоровьем работников. В частности, экономические потери предприятия связанные с ухудшением состояния здоровья работников делятся на группы: страховые выплаты по болезни, прямые медицинские затраты, расходы на обучение работников взамен выбывших; снижение производительности труда.

Величина этих затрат в США составляет 150 млрд. долл. в год, а в России – 110 млрд. долл. в год. Данная величина затрат примерно в 5 раз превышает бюджет здравоохранения, и примерно в 5 раз бюджет образования.

Кроме того по статистике ежегодно на производстве происходит 270 млн. несчастных случаев, в результате чего умирает 2 млн. человек, а 500 млн. становятся инвалидами. При этом трудовая деятельность за счет воздействия негативных факторов производства приводит к возникновению различных нарушений и профессиональных заболеваний. По статистике средний уровень профессиональных заболеваний составляет примерно 3 человека на 20000 работающих.

Поэтому необходимо осуществлять поиск путей предотвращения негативных воздействий (в частности производственных стрессов) для сохранения физического и психического здоровья, оптимизации функционального состояния работника или оператора. Существуют различные организационные способы улучшения или нормализации состояния работающего человека, однако они эффективны не во всех случаях.

Существуют различные аппаратные и неаппаратные способы непосредственного управления и регуляции функциональных состояний человека, осуществляющие воздействия на определенный уровень функционирования психофизиологических систем. При этом актуально использовать адекватные по содержанию профилактические средства, обладающие наибольшим оптимизирующим эффектом. Так, для борьбы с монотонией необходимо применение активизирующих процедур. Снятие чрезмерных степеней утомления ориентировано, прежде всего, на формирование условий для полноценного отдыха. Снижение степени эмоциональной напряженности требует устранения излишнего возбуждения и коррекции эмоционально-мотивационных установок у индивида [2]. В качестве корректирующих воздействий могут использоваться аудиовизуальные стимулы и бинауральные ритмы.

Для повышения эффективности коррекции состояния необходимо учитывать особенности каждого человека-оператора, тенденцию и динамику изменения его состояния для эффективного формирования величины корректирующего воздействия, т. е. использовать обратную связь по состоянию оператора.

Следует отметить, что современные существующие приборы для аудиовизуальной стимуляции (например, АВП Навигатор, ТММ МИРАЖ и др.) могут иметь ограниченное применение на производстве, поскольку осуществляют терапевтические воздействия только по предварительно заданной программе и не обладают обратной связью. Данная работа направлена на поиск решения, реализация которого позволит создать прибор, функционирующий в автоматическом режиме без предварительно заданной программы и начало, окончание (т. е. продолжительность) и величина корректирующих воздействий будут определяться автоматически в зависимости от величины отклонения функционального состояния работника от оптимального отклонения.

Целью работы является разработка способа повышения эффективности динамической коррекции функционального состояния оператора в течение рабочего дня на основе использования нейронных сетей.

Коррекция функционального состояния оператора.

При коррекции функционального состояния с использованием аудиовизуальной стимуляции не затрагиваются высшие психические процессы, а лишь осуществляется оптимизация поведенческой реакции и облегчение произвольной регуляции психических функций и вегетативных реакций благодаря оптимизации нервных процессов в коре головного мозга и устранению предпосылок для функционирования генератора патологически усиленного возбуждения. В результате возможно повышение адаптационного резерва механизмов защиты внутренних органов от эмоциональных и психосоциальных нагрузок, а также оптимизация адаптивных реакций непосредственно в процессе экстремальных воздействий. Для проведения аудиовизуальной стимуляции необходимо формировать световые и звуковые сигналы, которые воздействуют через зрительный и слуховой анализаторы, с вовлечением в процесс корковых, лимбических структур и ретикулярной формации головного мозга, что косвенно влияет на нейрогуморальную регуляцию человека [3].

Для осуществления визуальных воздействий обычно используются световые стимулы с частотой 0,5–50 Гц. При этом каждая частота имеет свои особенности влияния на функциональное состояние человека. Частота подачи стимулов может быть одинакова, но соотношение значений времени включения / выключения сигналов может быть разным. Обычно используется соотношение 50 / 50, а также рассчитанное по правилу «золотого сечения» – 12,8/87,2; 37,6/62,4 и наоборот. Короткие импульсы оказывают более возбуждающее действие, длинные – более затормаживающее.

При звуковой стимуляции обычно используется несущая частота 50–2000 Гц. Подбор тона производится исходя из психоакустических эффектов различных звуковых тонов. Возможно также проведение многотонального воздействия за счет генерации сигналов специальной формы. Диапазон частот до 150 Гц включает резонансные частоты внутренних органов, поэтому бинауральные биения в дельта диапазоне, организованные на несущих до 150 Гц, могут подавлять метаболические процессы. Бинауральные биения в дельта диапазоне, организованные на несущих 150–500 Гц, могут подавлять ментальные функции. Соответственно бинауральные биения в бета диапазоне на тех же несущих будут ускорять метаболические процессы, и активировать сознательную активность.

Используются различные формы звуковых сигналов: синусоидальный, прямоугольный, треугольный, пилообразный, а также различные формы произвольных сигналов, в том числе «розовый», «белый» шум.

При формировании звуковых тонов в наушниках с различной частотой дополнительно к звучанию этих тонов возникает ощущение звуковых пульсаций с частотой, равной разности частоты звука в правом и левом наушнике. Например, если в левое ухо подавать тон

с частотой 200 Гц, а в правое – 208 Гц, то человек слышит звуковой тон с частотой $(200+208)/2=204$ Гц с ощущением модулированных звуковых пульсаций с частотой $208 - 200=8$ Гц.

Использование нейронной сети при коррекции состояния оператора.

Для того чтобы корректно задать частоту корректирующих стимулов необходимо определить функциональное состояние оператора. Функциональное состояние может быть определено путем анализа совокупности биоэлектрических сигналов: электрокардиосигнала (ЭКС), кожно-гальванической реакции (КГР), электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Комплексное использование указанных биоэлектрических сигналов при формировании обратной связи позволит осуществить контроль действия аудиовизуальной стимуляции, оценку результатов терапевтического воздействия на оператора, показателя уровня активности симпатической нервной системы, результат их анализа может служить индикатором начала и окончания терапевтических воздействий.

Можно выделить следующие основные параметры для использования при задании частоты f_{st} световых и звуковых стимулов: математическое ожидание RR и дисперсия длительностей кардиоциклов D, величина тонической составляющей кожно-гальванической реакции T, число скачков фазической составляющей кожно-гальванической реакции в единицу времени N, энергия альфа-ритма E_α , энергия бета-ритма E_β , энергия тета-ритма E_θ .

Тоническая составляющая КГР характеризует психофизиологическое состояние человека-оператора. Соответственно, чем меньше сопротивление кожи, тем выше активность нервной системы, уменьшение сопротивления кожи свидетельствует об утомлении человека-оператора. Фазическая составляющая КГР характеризует колебания сигнала под действием эмоционально значимых факторов. Соответственно, большое число колебаний сигнала в единицу времени может свидетельствовать о негативном воздействии на оператора текущих психоэмоциональных факторов.

Альфа-ритм ритм ЭЭГ характерен для «нейтрального» бездеятельного состояния мозга здорового человека. Бета-ритм – для состояния бодрствования и активности человека. Тета-ритм – для состояния утомления, засыпания. Например, лица с хорошо выраженным и регулярным альфа-ритмом часто проявляют себя активными, стабильными и надежными людьми. В тоже время при диффузном распространении бета-волн, отмечается низкая продуктивность и стресс-устойчивость. Депрессивный характер фоновой ЭЭГ наблюдается у лиц, подвергшихся хроническому стрессу, вызванному физическими и психическим факторами.

Математическое ожидание длительностей кардиоциклов ЭКС характеризует средний уровень функционирования сердечнососудистой системы или частоту сердечных сокращений, а дисперсия длительностей кардиоциклов – колебания частоты сердечных сокращений относительно среднего уровня.

Можно построить нейросетевую модель, которая будет связывать параметры состояния оператора с частотой корректирующих стимулов. Соответственно, при изменении состояния будет происходить изменение частоты стимуляции и установка оптимального значения частоты световых и звуковых импульсов. Использование нейронной сети позволит учесть индивидуальные особенности оператора, и то, что у каждого оператора оптимальное состояние характеризуется своим оптимальным набором параметров.

Для обучения нейронной сети необходимо для каждого оператора определить оптимальный набор параметров RR, D, T, N, E_α , E_β , E_θ , соответствующий состоянию психоэмоционального напряжения и при котором коррекции состояния не требуется. Далее необходимо выделить наборы значений параметров, характеризующих состояния отличающиеся от оптимального. В частности это состояние психоэмоциональной напряженности, стресс, состояние активного бодрствования и утомления. Так для состояний, связанных с утомлением, необходимо использовать частоту стимуляции от 15 до 40 Гц. Причем, чем больше отклонение текущего состояния

от оптимального, тем выше частота корректирующих импульсов. Для стрессовых состояний необходимо использовать частоту стимуляции от 3 до 15 Гц. Причем, чем больше отклонение текущего состояния от оптимального, тем ниже частота корректирующих импульсов. Полученные наборы значений RR , D , T , N , E_{α} , E_{β} , E_{θ} и f_{st} необходимо использовать для обучения нейронной сети.

На рис. 1 представлена функциональная схема системы для коррекции состояния оператора с использованием нейронной сети.

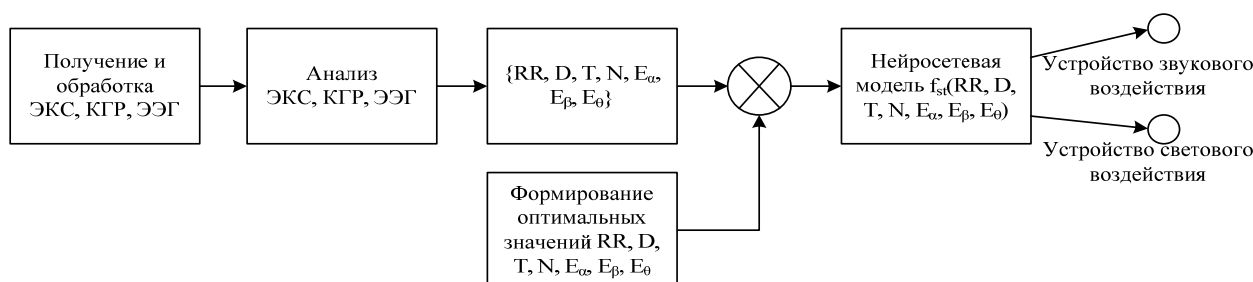


Рис. 1. Функциональная схема системы для коррекции состояния оператора

Реализация нейросетевой модели осуществлялась в программной среде Matlab с использованием приложения Neural Network Toolbox. Использовалась двухслойная нейронная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки. Для определения эффективности исследуемой нейронной сети использовалась среднеквадратичная ошибка, рассчитываемая на основе прогнозируемых и реальных значений тестовой выборки по формуле:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(f_{st_i}^{расч} - f_{st_i}^{прогн} \right)^2,$$

где $f_{st_i}^{расч}$ – значение частоты корректирующих импульсов для i -го обучающего (тестового примера); $f_{st_i}^{прогн}$ – прогнозируемое значение частоты корректирующих импульсов для i -го обучающего (тестового) примера; N – количество примеров в обучающей (тестовой выборке).

ВЫВОДЫ.

Рассмотрена задача повышения эффективности коррекции функционального состояния оператора. В качестве корректирующих воздействий предлагается использовать световые и звуковые стимулы и бинауральные ритмы, частоту которых задает нейронная сеть в зависимости от параметров электрокардиосигнала, кожно-гальванической реакции, электроэнцефалограммы, т. е. реализуется обратную связь по состоянию оператора. Реализация двухслойной нейронной сети осуществлялась в программной среде Matlab с использованием приложения Neural Network Toolbox. Реализация предложенного способа позволит повысить эффективности коррекции состояния человека-оператора, заблаговременно и оперативно предотвратить его переутомление прежде, чем он достигнет состояния, не позволяющего ему завершить выполнение возложенных на него функций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбников О. Н. Психофизиология профессиональной деятельности. /О. Н. Рыбников. М. : Изд. центр «Академия». 2010. 124 с.
2. Леонова А. Б. Психопрофилактика стрессов. /А. Б. Леонова, А. С. Кузнецова. М. : Изд-во Моск. ун-та. 1993. 96 с.
3. Голуб Я. В. Медико-психологические аспекты применения светозвуковой стимуляции и биологически обратной связи /Я. В. Голубев, В. М. Жиров СПб : КЕРИ. 2007. 154 с.