

Выводы

Применение интеллектуальных датчиков в системе прогнозирования состояния СД ЭГПА на семи компрессорных станциях ОАО «Газпром» дает возможность:

- 1) оперативно получать полную и достоверную информацию о техническом состоянии приводного электродвигателя ЭГПА в режиме on-line;
- 2) планировать капитальные и текущие ремонты приводного электродвигателя на основе его фактического состояния, сократив время простоя в ремонте с 12 до 2...3 тыс. ч;
- 3) за счет предотвращения повреждений СД в работе исключить тепловое действие токов и снизить стоимость капитальных ремонтов в 3 раза;
- 4) на СД с гибкой многослойной слюдинитовой обмоткой выполнять текущие ремонты вместо капитальных с заменой дефектных стержней (стоимость ниже в 4 раза);
- 5) контролировать работу системы охлаждения СД и поддерживать оптимальные режимы, позволяющие увеличить ресурс изоляции;
- 6) при совместном использовании данных вибрационного анализа и FFT-анализа потребления мощности точно выявлять причины повышенных уровней вибрации СД;

*Крюков Олег Викторович – канд. техн. наук, доцент, главный специалист ОАО «Газпрогазцентр».
Контактный телефон (831) 428-25-84.
E-mail: o.kryukov@ggc.nnov.ru*

- 7) повысить технический уровень эксплуатации ЭГПА, за счет чего снизить общие эксплуатационные расходы.

Список литературы

1. Пужайло А. Ф., Савченков С. В., Спиридович Е. А. и др. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций: монография // Под ред. О. В. Крюкова. Н. Новгород: Вектор ТиС. Т 2. 2011.
2. Захаров П. А., Киянов Н. В., Крюков О. В. Системы электрооборудования и автоматизации для эффективного транспорта газа // Автоматизация в промышленности. 2008. №6.
3. Кадин С. Н., Казаченко А. П., Крюков О. В. и др. Вопросы разработки метрологического обеспечения при проектировании объектов ОАО «Газпром» // Измерительная техника. 2011. № 8.
4. Бабичев С. А., Захаров П. А., Крюков О. В. Мониторинг технического состояния приводных электродвигателей газоперекачивающих агрегатов // Контроль. Диагностика. 2009, № 7.
5. Крюков О. В. Встроенная система диагностирования и прогнозирования работы асинхронных электроприводов // Изв. Вузов. Электромеханика. 2005. № 6.
6. Бабичев С. А., Крюков О. В., Титов В. Г. Автоматизированная система безопасности электроприводных газоперекачивающих агрегатов // Электротехника. №12. 2010.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА В ТЕЧЕНИЕ РАБОЧЕГО ДНЯ

А.Н. Варнавский, Ю.С. Крахмаль, Е.С. Малахов, М.Н. Питерская, А.С. Чубаров (РГРТУ)

Рассмотрен прибор для динамической коррекции функционального состояния оператора в течение рабочего дня, направленной на осуществление здоровьесбережения работника и обеспечения максимального уровня его работоспособности. В качестве способа коррекции выбрана аудиовизуальная стимуляция. Предложена конструкция портативного прибора, позволяющего осуществить анализ психоэмоционального состояния оператора и сформировать терапевтические воздействия, величина и продолжительность которых зависит от величины отклонения функционального состояния работника от оптимального.

Ключевые слова: функциональное состояние оператора, работоспособность, коррекция, аудиовизуальная стимуляция, электроэнцефалограмма, портативный прибор.

Введение

В сфере трудовой деятельности стрессовые состояния у работников приводят к ухудшению функционального состояния, увеличению риска развития целого ряда заболеваний стрессовой этиологии так называемых «болезней стресса»: некоторых сердечно-сосудистых заболеваний, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, невротических состояний и др. Стрессовые состояния помимо угрозы здоровью, а часто и жизни человека, являясь причиной несчастных случаев, аварий, травм по вине «человеческого фактора», существенным образом снижают успешность и качество выполнения работы, увеличи-

вают уровень психофизиологической цены деятельности, а также могут приводить к возникновению целого ряда неприемлемых социально-экономических и социально-психологических последствий: повышению текучести кадров, снижению удовлетворенности трудом, деформации личностных и характерологических качеств человека [1]. Зависимость уровня работоспособности и эффективности деятельности от активации нервной системы и уровня психоэмоциональных воздействий на работающего человека описывается законом Йеркса-Додсона: «максимальная работоспособность обеспечивается оптимальным уровнем активации» (рис. 1).

Поэтому задача поиска путей предотвращения производственных стрессов для сохранения физического и психического здоровья, оптимизации функционального состояния работающего человека является актуальной.

В самом общем смысле под профилактикой неблагоприятных функциональных состояний понимается комплекс мероприятий, направленных на предупреждение развития или на ликвидацию (полную или частичную) уже возникших состояний.

Существует множество организационных способов улучшения или нормализации состояния работающего человека: рационализация процесса труда, режимов труда и отдыха, форм чередования различных трудовых заданий и обогащения содержания труда; правильная организации рабочих мест; усовершенствование орудий и средств труда; нормализация условий работы; создание благоприятного социально-психологического климата в коллективе, повышение материальной и моральной заинтересованности в результатах труда, формирование сознательной дисциплинированности и др.

Поскольку при выполнении производственных заданий работник неизбежно сталкивается со всевозможными трудностями, неожиданными ситуациями, необходимостью работать интенсивно и часто в течение длительного времени, то невозможно для оптимизации функционального состояния использовать только организационные мероприятия. В таких случаях не менее важно использовать возможности воздействия непосредственно на функциональное состояние для управления ходом его развития. 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].

Проблема подбора адекватных по содержанию профилактических средств, обладающих наибольшим оптимизирующим эффектом, существует и по отношению к частным формам внутри одного вида состояний.

Целью работы является разработка интеллектуального портативного прибора, осуществляющего динамическую коррекцию психофизиологического состояния работника в течение рабочего дня в зависимости от особенностей его текущего функционального состояния.

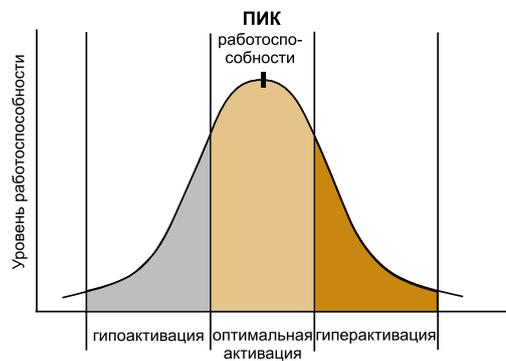


Рис. 1. Закон Йеркса-Додсона

Аудиовизуальная стимуляция

Задача коррекции функционального состояния может быть решена с помощью нейросенсорной терапии, важной составляющей которой является аудиовизуальная стимуляция (АВС). В отличие от других психотерапевтических методик АВС не затрагивает высшие психические процессы, а лишь создает условия для осуществления осознанного выбора оптимальной поведенческой реакции

и облегчения произвольной регуляции психических функций и вегетативных реакций благодаря оптимизации нервных процессов в коре головного мозга и устранению предпосылок для функционирования генератора патологически усиленного возбуждения. Обладая такими возможностями, АВС может использоваться в качестве профилактического средства, обеспечивающего повышение адаптационного резерва механизмов защиты внутренних органов от эмоциональных и психо-социальных нагрузок, а также оптимизации адаптивных реакций непосредственно в процессе экстремальных воздействий. Для проведения АВС используются приборы, генерирующие 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].

Таблица. Сводные данные по влиянию различных частот на функциональное состояние

Волны	Частота, Гц	Эффект
Дельта	0,1...3	Глубокий сон, усиление иммунитета, гипноз
Тета	3...8	Глубокая релаксация, улучшение памяти, концентрация, творчество, гипнотическое состояние
Альфа	8...12	Легкая релаксация, «сверхобучаемость», позитивные мысли
Низкие бета	12...15	«Сенсомоторный ритм», легкая фокусировка, улучшение познавательных способностей
Средние бета	15...18	Улучшение умственных функций, концентрация, настороженность, увеличение интеллекта
Высокие бета	> 18	Полная активность, нормальное состояние настороженности, стресс и тревожность
Гамма	40	Связывается с обработкой больших объемов информации и обработкой высокоуровневой информации

Для осуществления визуальных воздействий обычно используются световые стимулы с частотой 0,5...50 Гц. В таблице приведены сводные данные по влиянию различных частот 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 использовании световых стимулов белого цвета повышается уровень серотонина, что повышает стремление к лидерству, активности. Белый и синий цвета повышают уровень мелатонина, что способствует нормализации временных биологических ритмов (сон-бодрствование). Красный цвет увеличивает мышечный тонус, оранжевый – умственную работоспособность, улучшает память, желтый – повышает умственные способности. Зеленый, голубой и синий цвета способствуют релаксации мышц, снижают артериальное давление и пульс.

В понятие частоты звуковой стимуляции закладывается два значения:

- несущая частота – звуковой тон (непрерывный звуковой сигнал),
- модулирующая частота – совпадает с частотой подачи световых стимулов (прерывистый звуковой сигнал).

Обычно используется несущая частота 50...2000 Гц. Наиболее часто используемый диапазон – 60...400 Гц. Подбор тона производится исходя из психо-акустических 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.

Короткая длительность воздействия (7...15 мин) используется с целью возбуждения активизирующих систем межзачечного и среднего мозга и повышения двигательной активности. Большая длительность (25...30 мин) приводит к снижению двигательной активности, развитию процессов разлитого торможения. Дальнейшее увеличение длительности процедуры (≥ 35 мин) приводит к нарастанию процесса торможения фазной активности и увеличению пластического тонуса. Проявление описанных эффектов зависит от исходного психофизиологического состояния человека [4].

Существующие приборы для аудиовизуальной стимуляции (например, АВП Навигатор, ТММ МИРАЖ и др.) позволяют осуществить терапевтическое воздействие по предварительно заданной программе. За счет этого они могут использоваться, например, в периоды отдыха или по окончании работы и не используются для динамической коррекции состояния человека в течение рабочего дня. Рассмотрим задачу разработки интеллектуального прибора, который анализировал бы функциональное состояние работника и осуществлял формирование аудиовизуальных воздействий при отклонении состояния от оптимального в течение рабочего дня.

Определение параметров электрической активности мозга

Изменения параметров электрической активности мозга традиционно используются в качестве непосредственного индикатора динамики уровня активации и функционального состояния человека. Различным уровням бодрствования соответствуют характерные изменения спектрального состава электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

Функциональное значение ЭЭГ и ее составляющих

Выделяют следующие ритмы мозга. *Альфа-ритм* с частотой 8...13 Гц и амплитудой 5...100 мкВ регистрируется преимущественно в затылочной и теменной областях. Этот ритм характерен для «нейтрального» бездеятельного состояния мозга здорового человека. *Бета-ритм* имеет частоту 18...35 Гц и амплитуду колебаний около 2...20 мкВ. Его локализация – в прецентральной и фронтальной коре. Это ритм бодрствующего, активного человека. *Гамма-колебания* охватывают частоты 35...170 Гц, а по данным некоторых авторов – до 500 Гц при их амплитуде около 2 мкВ. Их можно наблюдать в прецентральной, фронтальной, височной, теменной и специфических зонах коры. Этот ритм характеризует интегрирующую функцию мозга. *Дельта-волны* возникают в диапазоне 0,5...4,0 Гц (20...200 мкВ), зона их появления варьируется. Они доминируют при погружении в сон. *Тета-волны* имеют частоту 4...7 Гц (5...100 мкВ) и чаще наблюдаются во фронтальных зонах во время глубокого сна. Например, лица с хорошо выраженным и регулярным альфа-ритмом часто проявляют себя активными, стабильными и надежными людьми. В то же время при диффузном распростра-

нении бета-волн отмечается низкая продуктивность и стресс-устойчивость. Депрессивный характер фоновой ЭЭГ наблюдается у лиц, подвергшихся хроническому стрессу, вызванному физическими и психическими факторами.

ЭЭГ показатели эмоционального напряжения

Установлено, что для состояния покоя характерно преобладание синхронизирующих влияний, что соответствует хорошо выраженному альфа-ритму. Одним из ЭЭГ симптомов эмоционального возбуждения служит усиление тэта-ритма с частотой колебаний 4...7 Гц, сопровождающее переживание как положительных, так и отрицательных эмоций. По своему происхождению тэта-ритм связан с кортико-лимбическим взаимодействием. Предполагается, что усиление тэта-ритма при эмоциях отражает активацию коры больших полушарий со стороны лимбической системы.

При положительных эмоциях усиливается возбуждение, однако одновременно наблюдается нарастание тормозящих влияний. Это обстоятельство проявляется периодами экзальтации (возрастанием амплитуды ЭЭГ колебаний) альфа-волн и усилением тэта-активности. При сильных положительных эмоциях может наблюдаться депрессия альфа-ритма и усиление высокочастотных бета-колебаний.

Для отрицательных эмоциональных переживаний наиболее типична депрессия альфа-ритма и нарастание быстрых колебаний. Необходимо подчеркнуть, что на первых этапах развития таких эмоций тормозные влияния еще продолжают возрастать, что проявляется и случаями экзальтации альфа-ритма и усилением

тэта-активности. Однако в отличие от положительных эмоций напряжение стабилизирующих механизмов вскоре преодолевается растущим возбуждением.

ЭЭГ и мышление

Установлено, что при умственной деятельности происходит перестройка частотно-амплитудных параметров ЭЭГ, охватывающая все основные ритмические диапазоны от дельта до гамма. Так, при выполнении мыслительных заданий может усиливаться дельта- и тета-активность. Причем усиление последней составляющей положительно соотносится с успешностью решения задач. В этих случаях тета-активность наиболее выражена в передних отделах коры, причем ее максимальная выраженность соответствует по времени периодам наибольшей концентрации внимания человека при решении задач и обнаруживает связь со скоростью решения задач. Следует подчеркнуть, что разные по содержанию и сложности задания вызывают неодинаковые изменения тета-диапазона.

По данным ряда авторов, умственная активность у взрослых людей сопровождается повышением мощности бета-ритма, причем значимое усиление высокочастотной активности наблюдается при умственной деятельности, включающей элементы новизны, в то время как стереотипные, повторяющиеся умственные операции, сопровождаются ее снижением. Установлено также, что успешность выполнения вербальных заданий и тестов на зрительно-пространственные отношения оказывается положительно связанной с высокой активностью бета-диапазона ЭЭГ левого полушария.

Динамика альфа активности при умственной деятельности имеет сложный характер. При анализе альфа-ритма в последнее время принято выделять три (иногда две) составляющие: высоко-, средне- и низкочастотную. Оказывается, что эти субкомпоненты альфа-ритма по-разному связаны с умственной деятельностью. Низкочастотный и высокочастотный альфа-ритм в большей мере соотносится с когнитивными аспектами деятельности, тогда как среднечастотный альфа-ритм в основном отражает процессы неспецифической активации [5].

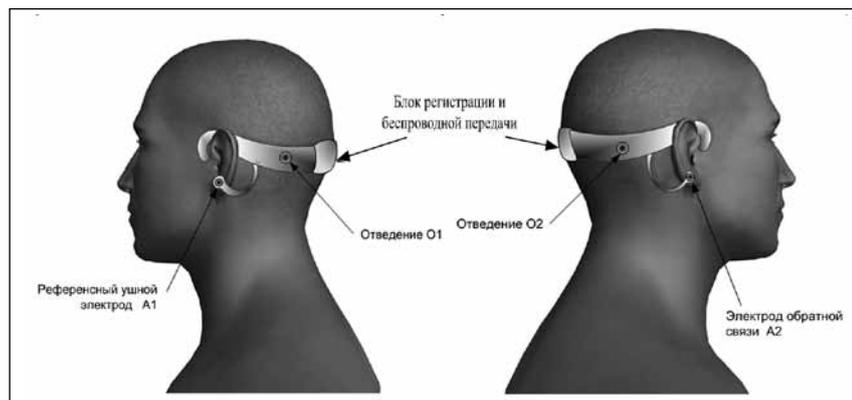


Рис. 2. Вариант конструкции портативного устройства регистрации ЭЭГ

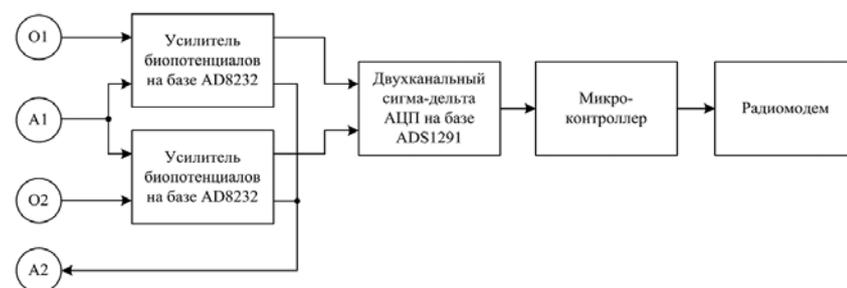


Рис. 3. Функциональная схема портативного устройства регистрации ЭЭГ

Разработка конструкции интеллектуального портативного прибора коррекции состояния оператора

Можно предложить создание интеллектуальной модели прибора для изменения функционального состояния работника в течение рабочего дня, которая будет осуществлять

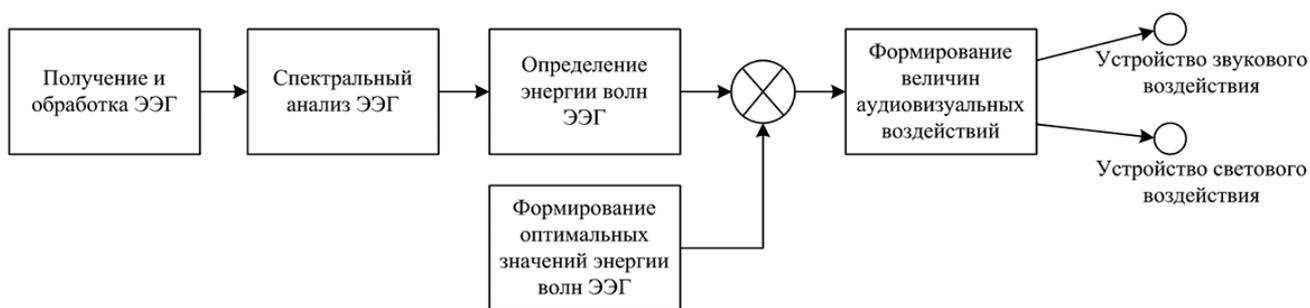


Рис. 4. Функциональная схема интеллектуального прибора коррекции состояния оператора

свою работу в автоматическом режиме без предварительно заданной программы, т.е. начало, окончание (продолжительность) и величина терапевтических воздействий будут определяться автоматически в зависимости от величины отклонения функционального состояния работника от оптимального.

Характеристика функциональных состояний работающего человека с использованием метода ЭЭГ требует обязательного исследования характеристик биоэлектрической активности, регистрируемых с затылочных отведений. Причем для контроля психофизиологического состояния затылочных отведений будет достаточно для получения диагностически значимой информации [6].

Сокращение числа отведений до двух позволяет предложить вариант технической реализации устройства регистрации ЭЭГ, который будет отличать компактность, комфортность ношения. Можно предложить использовать конструктивное исполнение в виде обруча, одеваемого на затылок с фиксацией на ушных раковинах. При этом электроды должны выполняться в виде чашечек (типовое решение для ЭЭГ) и прижиматься обручем к коже со стороны затылка. Референсный электрод предлагается выполнить в виде клипсы с креплением на мочку уха с левой или правой стороны. Вся электронная часть — блок регистрации и беспроводной передачи располагается со стороны затылка в отдельном отсеке вместе с элементами питания (рис. 2). Функциональная схема электронной части устройства регистрации показана на рис. 3.

Для регистрации потенциалов ЭЭГ предлагается использовать специализированный усилитель биопотенциалов AD8232 фирмы Analog Devices. Это усилитель разработан для регистрации электрокардиосигнала, но может быть с успехом использован для систем регистрации других электрофизиологических сигналов в полосе до 1 кГц, что вполне достаточно для ЭЭГ. Фактически усилитель AD8232 является интегрированным блоком обработки сигнала и предназначен для извлечения, усиления и первичной фильтрации биопотенциалов в присутствии шумовых артефактов, которые возникают при движении или особенностей размещения электродов. Возможности микросхемы AD8232 позволяют реализовать двухполосный фильтр высоких частот для устранения артефактов движения и подключить электрод для ком-

пенсации сетевой помехи, путем подачи ее на участок тела в обратной полярности. Также имеется возможность включения трех полюсного фильтра нижних частот для удаления дополнительного шума. Для всех фильтров имеется возможность выбора частоты среза. Полезной функцией AD8232 является реализация механизма быстрого восстановления, который сокращает продолжительность колебательных процессов после резкого изменения сигнала по причине долгого урегулирования фильтров высоких частот. При этом AD8232 автоматически настраивается на более высокую частоту среза фильтра. Эта функция позволяет AD8232 быстро восстановиться и, следовательно, продолжить регистрацию неискаженного сигнала.

Важным элементом схемы устройства регистрации биопотенциалов является аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В данной реализации предлагается использовать не АЦП общего применения, а выбрать специализированную микросхему, рассчитанную на работу в двухканальном режиме, имеющую большой динамический диапазон с разрядностью ≥ 16 бит. Под такие требования попадают АЦП по технологии сигма-дельта преобразования. В данной реализации рекомендуется применение специализированного АЦП ADS1292 фирмы Texas Instrument, специально разработанного для систем медицинского мониторинга, прежде всего на базе ЭКГ. Однако по рекомендации производителя этот АЦП может быть использован для других электрофизиологических сигналов. Микросхема ADS1292 является многоканальным, с одновременной выборкой по всем каналам, 24-битным сигма-дельта ($\Delta\Sigma$) АЦП со встроенным усилителем с программируемым коэффициентом усиления, внутренним источником опорного напряжения и встроенным генератором. Максимальная частота дискретизации 8 кГц с учетом того, что для оцифровки сигнала ЭЭГ достаточно 200 Гц.

Микросхема ADS1292 имеет универсальный последовательный синхронный интерфейс SPI, что значительно упрощает ее подключение ко всем известным микроконтроллерам. В данной реализации при выборе микроконтроллера предлагается использовать решения фирмы Atmel, например серию AVR и ATmega 328P.

Использование AD8232 и ADS1291 в портативном устройстве регистрации ЭЭГ позволит резко сократить временные и финансовые затраты на его разработку.

Отправку данных от устройства регистрации до части системы, выполняющей функции обработки, анализа получаемых сигналов и формирующей аудиовизуальные воздействия предлагается осуществить по беспроводному каналу с использованием радиомодема [7].

После получения ЭЭГ по беспроводному каналу осуществляется обработка, спектральный анализ полученного сигнала, и определяется энергия всех волн и ритмов. Текущие значения энергий волн сравниваются с оптимальными значениями (например, сформированных или заданных на этапе преданализа или перед началом работы). В зависимости от полученных значений разностей энергий осуществляется формирование величин аудиовизуальных воздействий, которые управляют работой соответствующих устройств звукового и светового воздействия. Таким образом реализуется принцип биологической обратной связи и осуществляется коррекция функционального состояния оператора при его отклонении от оптимального в течение рабочего дня (рис. 4).

Реализовать функциональную схему рис. 4 можно на основе микроконтроллера (например, ATmega 328P). При этом для обеспечения портативности и возможности применения в течение рабочего дня необходимо, чтобы устройства звукового и светового воздействия имели минимальные габариты.

Заключение

В работе рассмотрена задача разработки прибора для динамической коррекции функционального состояния оператора в течение рабочего дня. Такая коррекция необходима для осуществления здоровьесбережения работника и обеспечения максимального уровня его работоспособности. В качестве способа коррекции выбрана аудиовизуальная стимуляция. Отмечено, что существующие приборы для АВС (например, АВП Навигатор, ТММ МИ-РАЖ и др.) могут иметь ограниченное применение на производстве, поскольку осуществляют терапевтические воздействия только по предварительно заданной программе и не обладают обратной связью. Соответственно, предлагаются решения, позволяющие создать интеллектуальную модель прибора для изменения функционального состояния работника в течение рабочего дня в зависимости от его текущего состояния и отклонения от оптимального. В результате возможна автоматическая работа аппарата без предварительно заданной программы, при которой начало, окончание (т.е. продолжительность) и величина терапевтических воздействий будут определяться автоматически в зависимости от величины отклонения функционального состояния работника от оптимального. Предлагаемые портативные реше-

ния позволят использовать такой прибор в течение рабочего дня.

Для оценки экономической целесообразности применения на производстве разрабатываемого прибора использовалась разработанная в [8] имитационная модель зависимости производительности труда работника от организации производственных работ. В результате моделирования получено, что за счет поддержания оптимального состояния и сокращения интервалов для перерывов на стимуляцию производительность труда работника повышается в среднем на 20...25%.

Использование результатов работы позволит сохранять физическое здоровье, снижать риски возникновения профессиональных заболеваний, аварий и травматизма на производстве по вине человеческого фактора и будем способствовать поддержанию оптимального психофизиологического состояния работников. За счет этого производительность будет стремиться к максимальной, снизятся экономические потери предприятия.

Использование прибора будет актуально, прежде всего, работниками, занимающимися умственным трудом, испытывающими значительные психоэмоциональные нагрузки, офисными работниками, операторами.

Работа проводилась в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Список литературы

1. Рыбников О.Н. Психофизиология профессиональной деятельности. М.: Изд. центр «Академия». 2010.
2. Леонова А.Б., Кузнецова А.С. Психопрофилактика стрессов. М.: Изд. МГУ. 1993.
3. Голуб Я.В., Жиров В.М. Медико-психологические аспекты применения свето-звуковой стимуляции и биологически обратной связи. СПб: КЕРИ. 2007.
4. Рыбников В.Ю., Бобрищев А.А., Голуб Я.В. Аудиовизуальная коррекция функционального состояния спортсменов: теория и практика. Монография. СПб. Политехника-сервис. 2009.
5. Костюнина Н.Б., Куликов В.Г. Частотные характеристики спектров ЭЭГ при эмоциях // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1995. Т. 45. № 3.
6. Алтатов А.В., Варнавский А.Н., Зорин Р.А. Факторный анализ параметров электроэнцефалограмм для оценки функционального состояния человека при моделировании целенаправленной деятельности // Кубанский научный медицинский вестник. 2012. №4.
7. Ашапкина М.С., Алтатов А.В. Разработка устройства контроля двигательной активности человека // Международный научно-исследовательский журнал (Research Journal of International Studies). 2013. № 4–1.
8. Варнавский А.Н. Имитационное моделирование производительности труда работника при разных вариантах организации производственных работ // Автоматизация в промышленности. 2013. № 7.

Варнавский Александр Николаевич — канд. техн. наук, старший научный сотрудник/доцент,

Крахмаль Юлия Сергеевна, Малахов Евгений Сергеевич, Питерская Мария Николаевна,

Чубаров Александр Сергеевич — техники Рязанского государственного радиотехнического университета.

Контактный телефон (4912) 46-03-43

E-mail: varnavsky_alex@rambler.ru