

С. К. МЕЩАНИНОВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой электроники ДДТУ;
А. И. ТРИКИЛО, канд. техн. наук, доцент ДДТУ;
Е. А. КОПЫТОВА, канд. техн. наук, ст. преподаватель ДДТУ;
А. В. ЛЬДОВСКАЯ, студентка ДДТУ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Введение. На сегодняшний день необходимость обеспечения безотказной работы машин и различного рода технологического и иного оборудования, не вызывает сомнений. Сбои и отказы такого рода нередко прямо связаны с деятельностью человека.

Негативные проявления человеческой деятельности можно укрупнено назвать, используя технические термины, сбоем системы «Человек – Машина - Среда» (ЧМС). Рассматривая человека как элемент социума, можно говорить о сбое функционирования его психики. Рассматривая же Человека в контексте его взаимодействия с машинами и оборудованием современного производства, транспорта и т.п., по-видимому, более целесообразно будет рассуждать о сбое системы ЧМС [1-4].

Современное общество стремится, любыми путями свести к минимуму «сбои» функционирования человека в любых ситуациях. При этом, рассматривая человека как живое существо с набором физиологических, психических и иных функций, присущих наиболее высокоразвитому млекопитающему целесообразно, как нам представляется, изучать отказы функционирования его центральной нервной системы как информационно-управляющей системы, то есть, иными словами, существенные нарушения в его психоэмоциональном состоянии (ПЭС).

Постановка задачи исследований. Так как человеческий организм является открытой самоорганизующейся и самообновляющейся системой, справедливо предположить, что контроль за его психофизиологическим состоянием (ПС) целесообразно осуществлять с помощью системы, имеющей способность гибко адаптироваться как к изменяющимся внутренним процессам в человеческом организме, так и к переменным условиям окружающей его среды. Таким образом, **целью настоящей работы является** разработка математической модели электронной системы контроля ПС человека.

Основная часть. Причины нарушения нормального функционирования системы ЧМС можно условно представить в виде 3 групп.

Условно их можно разделить на 3 большие группы:

- технические сбои (неисправная или устаревшая техника, эксплуатация в режимах чрезмерной нагрузки);
- негативные проявления человеческого фактора (безответственное отношение, отсутствие необходимой квалификации и знаний, напряженные условия труда, чрезмерное психологическое напряжение, болезненное физическое состояние);
- непредсказуемое и негативно дестабилизирующее достаточно интенсивное воздействие со стороны внешней среды на человека, которое может привести к неконтролируемому и непредсказуемому преобразованию энергии в другие ее виды, приводящее к возможным катастрофическим изменениям в окружающей среде.

Любой из перечисленных факторов может привести к отказу системы ЧМС, и, следовательно, к аварии.

В настоящее время активно разрабатываются различные методы анализа и прогнозирования ПС и ПЭС человека [5].

В силу актуальности данной проблемы, потребность в аппаратуре, осуществляющей такой анализ, в настоящее время очень высока. Существует довольно большое количество систем предназначенных для диагностики психоэмоционального состояния (ПЭС), либо позволяющих ее проводить (системы Mind Reader [6], Барьер [7], Крис [8], Поларг [9] и др [10]). Регулярно появляются новые системы психофизиологической диагностики. Однако ни одна из них не способна выполнять контроль ПЭС в соответствии с требованиями современного высокопроизводительного производства. Все комплексы осуществляют периодический контроль с довольно большим периодом (от одной до нескольких десятков минут), не позволяющим отслеживать ПЭС человека в реальном масштабе времени. В большинстве систем используются методики, требующие отрыва обследуемых от работы, либо ограничивающие их возможности.

Одни из основных трудностей на пути к созданию требуемой биометрической системы связаны со спецификой регистрируемой информации. Измеряемые параметры с одной стороны слабо коррелированы, а с другой их значения многомодальны и вариабельны от индивидуума к индивидууму. По этой причине возникают сложности при математической обработке и принятии решений.

Работы в этом направлении идут не одно десятилетие, к примеру, известны системы «прослушивания» на людных улицах, которые выдают сигнал тревоги уже при появлении «повышенных» интонаций в речи прохожих.

Проводимые научно-исследовательские испытания [11] показали, что вестибулярные рефлексы и параметры микродвижений головы человека отражают его психоэмоциональное состояние. Таким образом, можно говорить о наличии у человека вестибулярно-эмоционального рефлекса, который характеризует психоэмоциональное состояние человека параметрами микродвижений головы. При этом решается практическая задача определения психоэмоционального состояния человека при проведении бесконтактного дистанционного телевизионного сканирования человека, находящегося в квазистационарном состоянии за время не более 10 секунд. Проведенные в 2007 году испытания данной системы в аэропортах Пулково и Домодедово показали, что система позволяет выявлять пассажиров, находящихся в агрессивном или стрессовом состоянии, и может применяться в качестве технического средства профайлинга пассажиров.

Однако в общем проблема дистанционного мониторинга ПС человека в той или иной ситуации все еще далека от своего решения.

В связи с этим, целесообразно, разработать и внедрить там, где это технически возможно, электронную систему непрерывного мониторинга за психическим и физическим состоянием работников в реальном масштабе времени в течение рабочей смены без отрыва от выполняемой задачи.

Решить поставленную задачу может электронная система контроля ПС человека.

Современный уровень развития компьютерной техники, а также устройств для получения и регистрации текущей информации позволяет практически не ограничивать себя в выборе набора контролируемых параметров, требованиям к точности и достоверности получаемой информации. Однако необходимо правильно задать алгоритм работы такой системы, создав математическую модель ее функционирования.

Весь набор информативных биометрических параметров, характеризующих ПС и ПЭС человека и может быть использован в работе электронной системы контроля состоит, по нашему мнению из трех групп:

1. α – группа неизменных параметров конкретного человека, которые не будут изменяться в течение всей его жизни, см. табл. 1, $\alpha = \{ \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \}$;
2. β – квазипостоянные биометрические параметры, которые характеризуют ПС человека, то есть те параметры, которые меняются периодически (табл. 2), $\beta = \{ \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m \}$;
3. γ – непрерывно меняющиеся биометрические параметры (табл. 3), $\gamma = \{ \gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k \}$.

Таблица 1. - Неизменные биометрические параметры ПС человека

№ п/п	Наименование	Значение (индекс)	Примечания
1	Пол	Мужской / Женский α_1	
2	Наследственные особенности	α_2	Наличие наследственных болезней, характеристика места жительства с экологической точки зрения и т.п.
3	Национальность	α_3	
4	Тип нервной системы	Нормотоники, пимпатоники, парасимпатоники α_4	Оптимизация физической трудоспособности индивидов с разным типом автономной нервной системы
5	Цвет радужной оболочки глаза	α_5	

Таблица 2. - Квазипостоянные биометрические параметры, которые характеризуют ПС человека

№ п/п	Наименование	Значение (индекс)	Примечания
1	Место жительства	β_1	
2	Вид деятельности	β_2	
3	Материальное состояние	β_3	
4	Семейное положение	β_4	
5	Наличие детей	β_5	
6	Размеры глаза, нормальные для данного индивида	β_6	
7	Размеры зрачка, нормальные для данного индивида	β_7	
8	Комфортность условий труда	β_8	

Таблица 3. - Непрерывно меняющиеся биометрические параметры, которые характеризуют ПС человека

№ п/п	Наименование	Значение (индекс)	Примечания
1	Возраст	γ_1	
2	Наличие заболеваний	γ_2	Острые, хронические, наследственные, приобретенные в результате несчастных случаев экологической ситуации, вредных привычек и т.п.
3	Вид трудовой деятельности	γ_3	
4	Наличие вредных привычек	γ_4	
5	Сложность конкретной задачи	γ_5	

По поводу диапазона можно сказать следующее. Для каждого конкретного случая (производственной ситуации, уровня общественной организации, климата, времени года и т.п.) диапазон допустимых изменений тех или иных параметров будет различным. Сказать это означает, по-сути, не сказать ничего. Поэтому целесообразным представляются предварительные эксплуатационные испытания всей системы ЧМС и занесение полученной биометрической информации в память системы. Сама система при этом должна быть адаптивной, то есть иметь возможность «настраиваться» на данную ситуацию, гибко перерасчитывая диапазоны допустимых изменений контролируемых параметров с учетом изменений во внутренней и внешней средах системы ЧМС, корректируя диапазоны допустимых изменений информативных параметров во всех трех группах.

На рис. 1. Представлена модель функционирования системы ЧМС с учетом внешних и внутренних контролирующе-управляющих воздействий и потоков вещества и энергии. Здесь входные и выходные управляющие воздействия вырабатываются электронной системой контроля ПС человека с учетом данных о функционировании системы ЧМС.

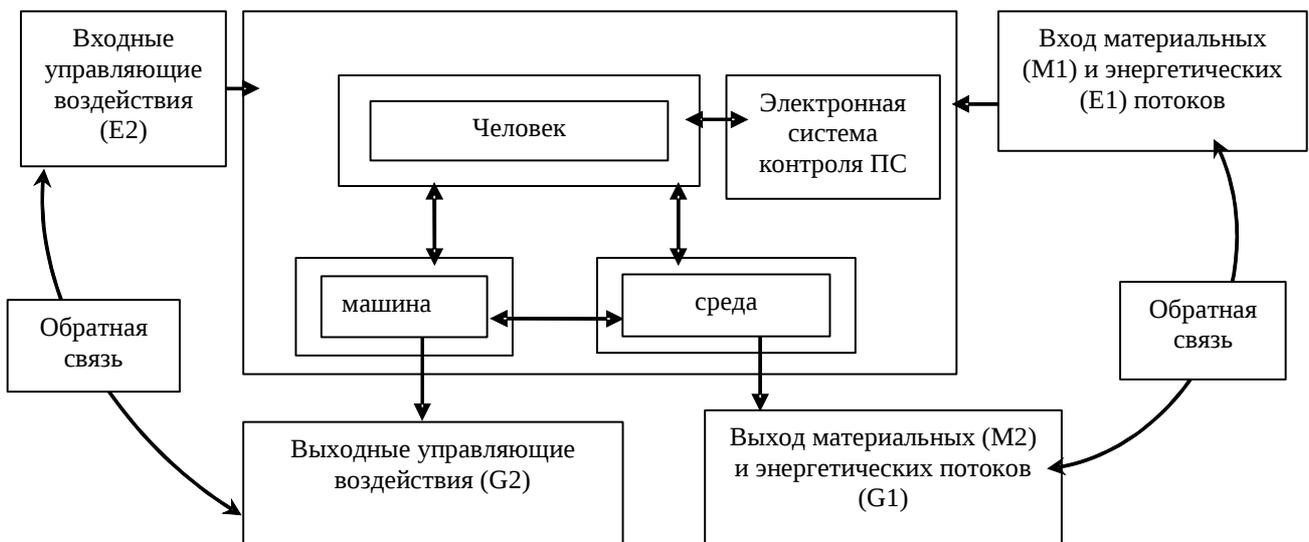


Рис. 1. Модель функционирования ЧМС

Работа такой системы может быть описана с помощью **математической модели**:

$$E_1[a] + E_2[b] + E_3[t] = F \{G_1[c] + G_2[d] + G_3[t]\},$$

где E_1, E_2, G_1, G_2 – функционалы, характеризующие интенсивность информационно-управляющих и материально-энергетических потоков на входе и выходе системы ЧМС соответственно; матрицы $[a], [b], [c], [d]$ – содержат переменные параметры, характеризующие все влияющие факторы; $E_3[t]$ и $G_3[t]$ – стохастические функции, отображающие стохастический характер входных и выходных потоков; F – динамический коэффициент функциональной корреляционной связи между входом и выходом системы ЧМС, величина которого характеризует устойчивость функционирования системы в целом. Величина F определяется в результате опытно-промышленных испытаний системы и служит интегральным параметром, характеризующим устойчивость ее функционирования.

Выводы.

1. Сформулирована математическая модель системы контроля состояния системы ЧМС.
2. Предложен набор информативных параметров системы дистанционного контроля ПС человека.
3. Направлением дальнейших исследований представляется развитие представлений о наборе информативных параметров предложенной системы, разработка аналитического аппарата для максимальной корреляции значений энтропии системы ЧМС с уровнем надежности ее функционирования и создание прикладного программного обеспечения для его реализации.

Список литературы: 1. Татарченко Н. В. Биометрическая идентификация в интегрированных системах безопасности / Н. В. Татарченко, С. В. Тимошенко // Специальная техника. – 2002. - №2. – С. 2-7. 2. Тарасов Ю. Контрольно-пропускной режим на предприятии. Защита информации // Конфидент. – 2002. – № 1. – С. 55-61. 3. Барсуков В. С. Биоключ - путь к безопасности // Специальная техника. – 2003. - №3. – С. 26-35. 4. Татарченко И. В. Концепция интеграции унифицированных систем безопасности / И. В. Татарченко, Д. С. Соловьев // Системы безопасности. – 2009. – № 1 (73). – С. 86-89. 5. Блум Ф. Мозг, разум и поведение / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. – М.: Мир, 1988. – 248с. 6. Лысенко О.В. Системно-синергетический подход в медицинских исследованиях / О. В. Лысенко, В. М. Лысенко // Актуальні питання теоретичної медицини. Актуальні питання клінічної медицини: матеріали науково-практичних конференцій студентів, молодих вчених, лікарів та викладачів, Суми, 20-22 квітня 2011 року / Відп. за вип. Л.Н. Приступа. — Суми: СумДУ, 2011. — Ч.1. — С. 89. 7. Маренко В.А. Информационно-синергетический подход к анализу медицинских данных / В. А. Маренко // Медицинская информатика. – 2009. - №2(20). – С. 33-40. 8. Хакен Г. Синергетика: Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах / Г. Хакен. – М.: Мир, 1985 - 419 с. 9. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / Г. Хакен. - Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. - 320 с. 10. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного / Г. Николис, И. Пригожин. - М.: Мир, 1990. – 344 с. 11. Научно-технический отчет по НИР «Создание системы дистанционного бесконтактного сканирования и идентификации психофизиологического состояния человека» в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002-2006 годы», Государственный контракт от 23 июня 2005 г. № 02.435.11.6002. Элсис, СПб, 2006.

Bibliography (transliterated): 1. Tatarchenko N.V., Timoshenko S.V. Biometricheskaya identifikatsiya v integrirovannuh systemah bezopasnosti // Special'naya tehnik 2 (2002): 2-7. 2. Tarasov Yu. Kontrolno-propusknoy rigim na predpriatii. Zashchita informatsii // Confident, № 1 (2002): 55-61. 3. Barsukov V.S., Bioklyuch – kl'uch k bezopasnosti // Special'naya tehnik 3 (2003): 26-35. 4. Tatarchenko I.V., Soloviev D.S. Konceptiya integratsii unifitsirovannyh system bezopasnosti // Sistemy bezopasnosti 1 (73): 86-89. 5. F. Blum, A. Leiserson, Hofstedter L. Mozg, razum I povedenie. – M.: Mir, 1988 – 248p. 6. Lysenko O.V., Lysenko V.M. Systemno-synergeticheskiy podhod v medicinskih issledovaniyah // Aktual'ni putannya teoretichnoy mediciny 1 (2011): p.89. 7. Marenko V.A. Informatsionno-synergeticheskiy podhod k analizu meditsinskih dannyh. - Meditsinskaya Informatika, 2 (2009): 33-40. 8. G. Haken Synergetika: Ierarhiya neustoychevostey v samoorganizuyushih sistemah / G. Haken. – M.: Mir, 1985 – 419p. 9. Haken G. Tayny prirody. Synergetika: uchenie o vzaimodeystvii / G. Haken.- Moskva-Izhevsk: Institut komp'yuternyh issledovaniy, 2003. – 320p. 10. Nikolis G., Prigogine I. Poznanie sloynogo / G. Nikolis, I. Prigogine. - M.: Mir, 1990. – 334p. 11. Scientific and technical research report on "Establishment of the remote non-contact scanning and identification of psychophysiological state of the person" within the State program "Research and development on priority directions of science and technology" for 2002-2006 "State contract on June 23, 2005 № 02.435 .11.6002. Elsys, St. Petersburg, 2006.

Поступила (received) 07.09.2015