

**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.  $\alpha$  – 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.  $\beta$  – 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.  $\gamma$  – 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 $\alpha_1$	
2	Наследственные особенности	$\alpha_2$	Наличие наследственных болезней, характеристика места жительства с экологической точки зрения и т.п.
3	Национальность	$\alpha_3$	
4	Тип нервной системы	Нормотоники, пимпатоники, парасимпатоники $\alpha_4$	Оптимизация физической трудоспособности индивидов с разным типом автономной нервной системы
5	Цвет радужной оболочки глаза	$\alpha_5$	

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

№ п/п	Наименование	Значение (индекс)	Примечания
1	Место жительства	$\beta_1$	
2	Вид деятельности	$\beta_2$	
3	Материальное состояние	$\beta_3$	
4	Семейное положение	$\beta_4$	
5	Наличие детей	$\beta_5$	
6	Размеры глаза, нормальные для данного индивида	$\beta_6$	
7	Размеры зрачка, нормальные для данного индивида	$\beta_7$	
8	Комфортность условий труда	$\beta_8$	

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

№ п/п	Наименование	Значение (индекс)	Примечания
1	Возраст	$\gamma_1$	
2	Наличие заболеваний	$\gamma_2$	Острые, хронические, наследственные, приобретенные в результате несчастных случаев экологической ситуации, вредных привычек и т.п.
3	Вид трудовой деятельности	$\gamma_3$	
4	Наличие вредных привычек	$\gamma_4$	
5	Сложность конкретной задачи	$\gamma_5$	

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.

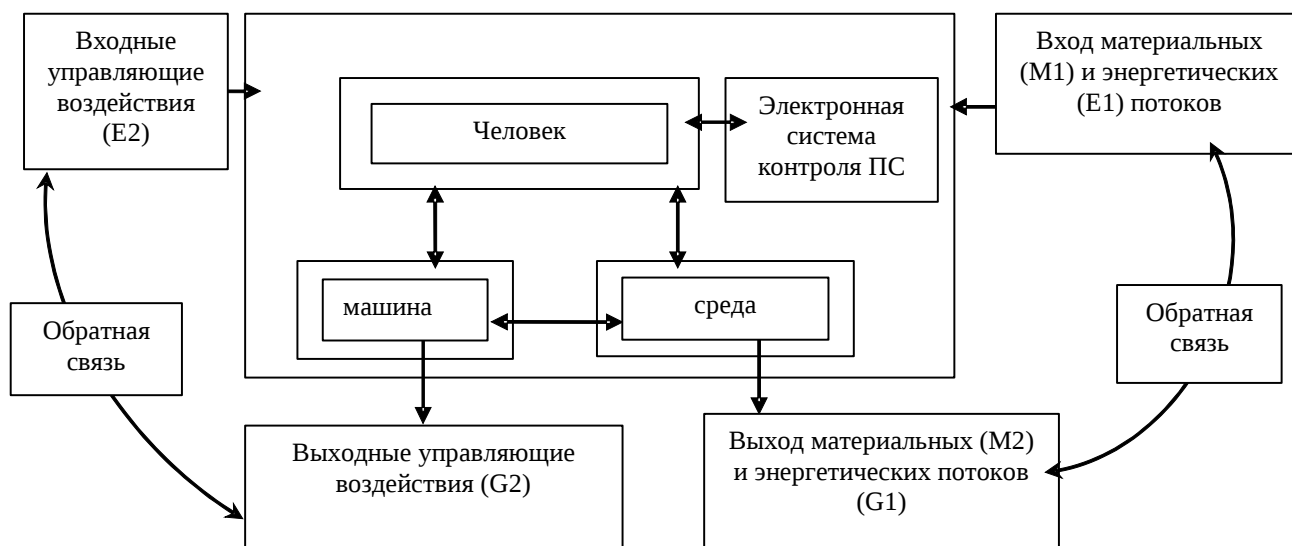


Рис. 1. Модель функционирования ЧМС

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 identifiatsiya 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 teoretychnoy 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 samoorganizuyushihsiya 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