

8. *Pinto I.R., Marques J. M. & Abrams D.* Membership status and subjective group dynamics: Who triggers the black sheep effect?, *Journal of Personality and Social Psychology*, 2010, Vol. 99 (1), pp. 107-119.
9. *Carron A.V., Brawley L.R.* Cohesion: Conceptual and Measurement Issues, *Small. Group Research*, 2000, No. 31, pp. 89.
10. *Popechitelev E.P., Bolsunov K.N.* Biotekhnicheskie sistemy otsenki urovnya gotovnosti k sovmestnoy rabote malyykh grupp operatorov [Biotechnical system of assessing the level of willingness to work together small groups of operators], *Izvestiya SPbGETU LETI* [Izvestiya Saint-Petersburg State Electrotechnical University], 2010, No. 6, pp. 83-91.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.П. Тарасов.

**Попечителев Евгений Парфирович** – Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ”; e-mail: eugeny\_p@mail.ru; 197376, Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, 5; тел.: +79219465462; 88122343012; кафедра биотехнических систем; д.т.н.; профессор; Заслуженный деятель наук РФ.

**Popchitelev Yevgeny Parfirovich** – St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"; e-mail: eugeny\_p@mail.ru; 5, prof. Popova, steet, Petersburg, 197376, Russia; phones: +79219465462, +78122343012; the department of biotechnical systems; dr. of eng. sc.; professor; Honored worker of science of Russia.

УДК 681.515.8:612.821

**Т.В. Кухарова**

#### **СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПСИХИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛЕЧЕНИЯ**

*Результаты клинических исследований показывают возможность оценки психического состояния человека по небольшому числу объективных параметров. В частности, для определения принадлежности психического состояния человека к диапазону нормы или патологии нами синтезирован критерий, осуществляющий распознавание по пяти измеренным параметрам кожной электропроводности. В результате математической обработки данных эксперимента, проведенного в Клинике пограничных состояний Ставропольского государственного медицинского университета, получена математическая модель реакции психического состояния человека на воздействие применяемых для лечения психических расстройств лекарственных препаратов в виде матрицы передаточных функций по каждой паре вход-выход. Полученная передаточная матрица не обладает свойством диагональной доминантности. В связи с этим для синтеза системы управления осуществлен переход к матрице передаточных функций по пространственным модам путем разложения решения по собственным вектор-функциям оператора объекта. С использованием матрицы передаточных функций по пространственным модам показана возможность синтеза системы управления психическим состоянием человека методами, применяемыми для синтеза распределенных систем управления.*

*Психическое состояние; параметры электропроводности; классифицирующие функции; передаточная матрица; пространственные моды.*

**T.V. Kukharova**

#### **HUMAN MENTAL STATE ESTIMATE SYSTEM AND MODELING OF TREATMENT PROCESS**

*Clinical study results show the possibility of human mental state estimation by using few objective parameters. Particularly, a criterion to identify whether a human mental state is normal or pathological, using five skin conductance parameters, is synthesized. The mathematical data*

processing at the Clinic of Borderline Mental Disorders of Stavropol State Medical University resulted in the mathematical model of the human mental state reaction to the impact of mental health treatment medicines in the form of a transfer function matrix with each input-output pair. The obtained transfer matrix isn't characterized by diagonal dominance. Hence, the transition to the transfer function matrix is performed using spatial modes by solution decomposition with vector eigenfunctions of object operator to synthesize the control system. Using the matrix of spatial mode transfer functions shows the possibility to synthesize the mental state control system by methods of distributed control systems.

*Mental state; conductance parameters; classing functions; transfer matrix; space modes.*

Организм человека представляет собой сложную, многомерную систему. В данной работе психическое состояние человека рассмотрено как объект, испытывающий влияние множества входных воздействий, и характеризующийся множеством функций выхода. Значения функций выхода определяют положение психического состояния в фазовом пространстве состояний. Процесс управления рассмотрен как переход от фазового состояния, соответствующего диапазону психических отклонений к диапазону фазового пространства нормы [2] (рис. 1).

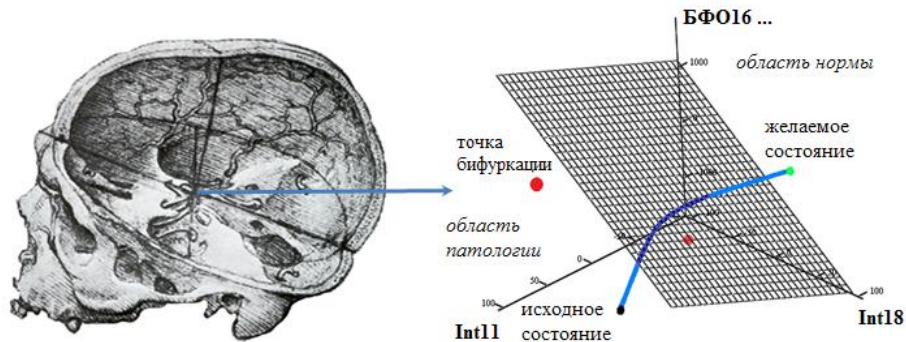


Рис. 1. Фазовое пространство психического состояния человека

Результаты клинических исследований показывают возможность оценки психического состояния по доступным измерению объективным параметрам. В частности, начавшиеся в конце XIX века исследования связи кожной электропроводности с нейрофизиологическими и психическими факторами, показали наличие изменений электрических свойств организма при воздействии эмоциональных и других внешних факторов. В настоящее время исследования кожной электропроводности ведутся в основном в связи с эндогенными психозами (шизофрениии, аффективных расстройств), а также при органических, личностных и невротических расстройствах (постстрессовых, панических, тревожных и пр.). Но проведенные исследования не характеризуются системностью, позволяя лишь установить факт наличия зависимости между психическими процессами и кожной электропроводностью, а созданные для оценки психического состояния человека по параметрам кожной электропроводности приборы либо дают в качестве результата обследования не принятые в медицине понятия и показатели, либо направлены на выявление ранних признаков пограничных расстройств и определение личностных психотипов. Целью данной работы является системное исследование возможностей диагностики и моделирования психического состояния человека исходя из параметров кожной электропроводности.

В качестве функций выхода, характеризующих психическое состояние человека, на основании проведенных исследований [1] нами рассмотрены параметры кожной электропроводности, полученные с помощью АПК «АМСАТ-КОБЕРТ».

«АМСАТ-КОВЕРТ» автоматически проводит последовательное сканирование тела человека импульсами отрицательной и положительной полярности по 22 отведениям с использованием трех пар электродов: лобных, ручных и ножных.

АМСАТ позволяет измерять от каждого отведения следующие параметры:

int – показатель проводимости, в условных единицах «шкалы Фолля» – от 0 до 100 единиц;

rik – емкостная составляющая проводимости («падение стрелки» в терминологии Р. Фолля), в условных единицах;

БФО – базовый фактор отклонения – интегральный количественный показатель, включающий в себя обработанные по заложенному в АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» математическому алгоритму первичные данные отведения, в процентах отклонения от условной нормы – от –100 до +100;

БКС - базовый коллоидный сдвиг – показатель, рассчитываемый по заложенному в АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» математическому алгоритму и характеризующий коллоидное состояние агрегации в организме при влиянии динамических факторов электрических процессов, в условных единицах.

При построении критерия оценки психического состояния как значимые для распознавания наличия у человека психического расстройства отобраны следующие параметры: параметр БФО 16-го отведения ( $Y_1$ ), параметр int 18-го отведения ( $Y_2$ ), параметр int 11-го отведения ( $Y_3$ ), параметр БКС 18-го отведения ( $Y_4$ ) и параметр БКС 7-го отведения ( $Y_5$ ). Отбор параметров осуществлялся по результатам проведенной описательной статистики, сравнительного и дисперсионного анализа данных по группам наблюдений [6, 1]. В результате дискриминантного анализа по отобранным параметрам получены классифицирующие функции, позволяющие определить наличие у человека психического расстройства.

$$U_{патологии} = 12,47804358 \cdot p + 0,503240067 \cdot v - 0,085734032 \cdot Y_1 + 0,287781956 \cdot Y_2 + 0,641461501 \cdot Y_3 + 0,26273629 \cdot Y_4 + 0,126198793 \cdot Y_5 - 58,92670263;$$

$$U_{нормы} = 10,68342774 \cdot p + 0,402643569 \cdot v - 0,084391267 \cdot Y_1 + 0,306418337 \cdot Y_2 + 0,632459443 \cdot Y_3 + 0,26826713 \cdot Y_4 + 0,081187383 \cdot Y_5 - 54,77594651.$$

Параметр  $v$  в классифицирующих функциях обозначает возраст обследованного человека. Параметр  $p$  кодирует пол обследованного:  $p=1$  для женщин,  $p=2$  для мужчин.

Также получены критерии, позволяющие определить генез [7], нозологическую группу и форму [3] обнаруженной патологии.

Для построения динамической модели использованы результаты эксперимента, проведенного Клиникой пограничных состояний ГБОУ ВПО «Ставропольский государственный медицинский университет».

С помощью АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» получены показатели электропроводности пациентов в динамике при изменении дозы введения каждого из пяти исследуемых препаратов: эглонила ( $Q_1$ ), мексидола ( $Q_2$ ), реланиума ( $Q_3$ ), трифтазина ( $Q_4$ ) и актовегина ( $Q_5$ ).

В табл. 1 приведены суточные изменения доз препаратов и количество пациентов, участвовавших в эксперименте по каждому из препаратов.

Таблица 1

Препарат, доза которого была изменена	Способ введения	Суточное изменение дозы препарата, в мг	Количество пациентов, участвовавших в эксперименте
Трифтазин	в форме таблеток	20	12
Актовегин	внутривенно	100	9
Эглонил	в форме таблеток	50	10
Реланиум	внутривенно	10	7
Мексидол	в форме таблеток	125	9

Измеренные параметры электропроводности пронормированы в соответствии с их возможными диапазонами изменения. На основе нормированных данных эксперимента построены графики переходных процессов для каждого значимого для распознавания параметра при введении каждого из исследуемых препаратов. Передаточные функции по каждой паре вход-выход аппроксимированы в соответствии с графиком переходного процесса как аperiodические звенья с чистым запаздыванием. За единицу измерения времени при построении модели выбрана минута. При определении коэффициентов усиления изменение суточной дозы поделено на количество минут в сутках.

Представим элементы передаточной матрицы объекта в виде  $W_{ij} = K_{ij} \cdot w_{ij}$ ,

где  $K_{ij}$  – коэффициент усиления по  $i$ -у выходу для  $j$ -го входа;

$$w_{ij} = \frac{1}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-s\tau}, \quad s - \text{оператор Лапласа.}$$

Тогда передаточная матрица объекта, характеризующая воздействие каждого из исследованных препаратов, применяемых для лечения невротических расстройств, на каждый значимый для распознавания принадлежности состояния человека к диапазону нормы или патологии параметр, примет следующий вид:

$$\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 400,896 \cdot w_{11} & 348,710 \cdot w_{12} & 312,077 \cdot w_{13} & 83,981 \cdot w_{14} & -423,706 \cdot w_{15} \\ 411,437 \cdot w_{21} & 489,197 \cdot w_{22} & 313,114 \cdot w_{23} & -265,766 \cdot w_{24} & 121,651 \cdot w_{25} \\ 158,630 \cdot w_{31} & 428,371 \cdot w_{32} & 0,038 \cdot w_{33} & 281,146 \cdot w_{34} & 308,448 \cdot w_{35} \\ -193,363 \cdot w_{41} & -285,466 \cdot w_{42} & 139,795 \cdot w_{43} & 363,226 \cdot w_{44} & 241,920 \cdot w_{45} \\ -672,538 \cdot w_{51} & -58,579 \cdot w_{52} & 178,675 \cdot w_{53} & 195,610 \cdot w_{54} & 25,402 \cdot w_{55} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Данная матрица не обладает свойством диагональной доминантности, что не позволяет синтезировать регулятор методами, применяемыми в сосредоточенных системах.

На основе полученной передаточной матрицы, и исходя из предположения, что объект линеен, реализована модель рассматриваемого объекта на языке программирования Pascal.

Поскольку полученная передаточная матрица объекта не является диагонально-доминантной, то с целью синтеза регулятора перейдем к новому ортогональному базису (разложения решения по собственным вектор-функциям оператора объекта [4]), и исследуем свойство диагональной доминантности передаточной матрицы объекта в новом ортогональном базисе.

Перейдем от матрицы передаточных функций (1) к передаточным функциям по пространственным модам. При этом разложение функций входных воздействий будем осуществлять на отрезке  $[0;L]$ . Подадим на вход модели объекта пооче-

редно пять пространственных мод. На основании результатов предварительного исследования выберем функцию синус. Величина воздействия  $j$ -й моды на  $i$ -й вход будет определяться по формуле:

$$Q_{ij} = \sin\left(\frac{i \cdot \pi \cdot j}{L_i}\right),$$

где  $i$  – номер входа объекта, ( $i = \overline{1,5}$ );  $j$  – номер моды ( $j = \overline{1,5}$ );  $L=6$  – параметр, используемый при переходе к другому ортогональному базису.

Реакцию объекта на заданное входное воздействие разложим в ряд Фурье по пяти пространственным модам:

$$Y_k(t) = \sum_{j=1}^5 b_j(t) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot j}{L}\right),$$

где  $k$  – номер выхода,

$$b_j(t) = \frac{2}{L} \sum_{k=1}^5 Y_k(t) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi \cdot j}{L}\right) - \text{коэффициент усиления амплитуды колебаний по } j\text{-й пространственной моде в момент времени } t.$$

Представим элементы передаточной матрицы объекта по пространственным модам в виде  $\tilde{W}_{ij} = \tilde{K}_{ij} \cdot \tilde{w}_{ij}$ , где  $\tilde{K}_{ij}$  – коэффициент усиления  $j$ -й моды выхода для  $i$ -й входной моды:

$$\tilde{w}_{ij} = \frac{1}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-s\tilde{\tau}},$$

где  $s$  – оператор Лапласа.

Коэффициенты усиления передаточных функций по пространственным модам найдем, разлагая в ряд Фурье установившиеся значения функций выхода. Тогда процесс нахождения коэффициентов усиления передаточных функций по пространственным модам может быть записан в матричной форме:

$$\mathbf{Q}_m \times \mathbf{K} = \mathbf{Y}_{\text{уст}},$$

$$\mathbf{Q}_m = \begin{pmatrix} \sin\left(\frac{1 \cdot 1 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{2 \cdot 1 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{3 \cdot 1 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{4 \cdot 1 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{5 \cdot 1 \cdot \pi}{6}\right) \\ \sin\left(\frac{1 \cdot 2 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{2 \cdot 2 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{3 \cdot 2 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{4 \cdot 2 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{5 \cdot 2 \cdot \pi}{6}\right) \\ \sin\left(\frac{1 \cdot 3 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{2 \cdot 3 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{3 \cdot 3 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{4 \cdot 3 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{5 \cdot 3 \cdot \pi}{6}\right) \\ \sin\left(\frac{1 \cdot 4 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{2 \cdot 4 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{3 \cdot 4 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{4 \cdot 4 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{5 \cdot 4 \cdot \pi}{6}\right) \\ \sin\left(\frac{1 \cdot 5 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{2 \cdot 5 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{3 \cdot 5 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{4 \cdot 5 \cdot \pi}{6}\right) & \sin\left(\frac{5 \cdot 5 \cdot \pi}{6}\right) \end{pmatrix},$$

где  $K_{ij}$  – коэффициент усиления передаточной функции объекта по  $i$ -у выходу для  $j$ -го входа,  $\mathbf{Y}_{\text{уст}}$  – матрица установившихся значений  $Y_{ji}$  на выходе объекта при подаче на вход поочередно пяти пространственных мод;  $j$  – номер подаваемой на вход пространственной моды,  $i$  – номер выхода.

$$\mathbf{Y}_{\text{уст}} \times \mathbf{Q}_m = \tilde{\mathbf{K}},$$

где  $\tilde{\mathbf{K}}$  – матрица коэффициентов усиления  $\tilde{K}_{ij}$  передаточных функций объекта по пространственным модам;  $\tilde{K}_{ij}$  коэффициент усиления  $j$ -й моды выхода для  $i$ -й входной моды.

Матрица передаточных функций объекта по пространственным модам примет вид:

$$\tilde{\mathbf{W}} = \begin{pmatrix} 340,429 \cdot \tilde{w}_{ij} & 179,461 \cdot \tilde{w}_{ij} & -33,144 \cdot \tilde{w}_{ij} & 23,076 \cdot \tilde{w}_{ij} & 50,437 \cdot \tilde{w}_{ij} \\ 4,624 \cdot \tilde{w}_{ij} & 521,258 \cdot \tilde{w}_{ij} & 20,177 \cdot \tilde{w}_{ij} & -10,908 \cdot \tilde{w}_{ij} & 14,430 \cdot \tilde{w}_{ij} \\ -0,303 \cdot \tilde{w}_{ij} & 115,779 \cdot \tilde{w}_{ij} & -271,290 \cdot \tilde{w}_{ij} & 25,939 \cdot \tilde{w}_{ij} & -37,466 \cdot \tilde{w}_{ij} \\ -65,963 \cdot \tilde{w}_{ij} & 40,628 \cdot \tilde{w}_{ij} & 59,633 \cdot \tilde{w}_{ij} & 210,270 \cdot \tilde{w}_{ij} & -3,023 \cdot \tilde{w}_{ij} \\ -21,910 \cdot \tilde{w}_{ij} & 69,131 \cdot \tilde{w}_{ij} & 7,211 \cdot \tilde{w}_{ij} & -14,421 \cdot \tilde{w}_{ij} & -161,311 \cdot \tilde{w}_{ij} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Передаточная матрица (2), в отличие от матрицы (1), обладает свойством диагональной доминантности и позволяет синтезировать регулятор методами, применяемыми для синтеза распределенных систем управления.

Методика синтеза регулятора предполагает использование 2-х пространственных мод [5]. Для 1 и 4 входных пространственных мод рассчитаны коэффициенты  $b_j$  для моментов времени 600 мин, 3000 мин, 6000 мин, 12000 мин, 24000 мин, 42000 мин. По результатам расчетов построены графики изменения коэффициентов по каждой моде выхода во времени при подаче на вход 1 и 4 пространственных мод (рис. 2, 3).

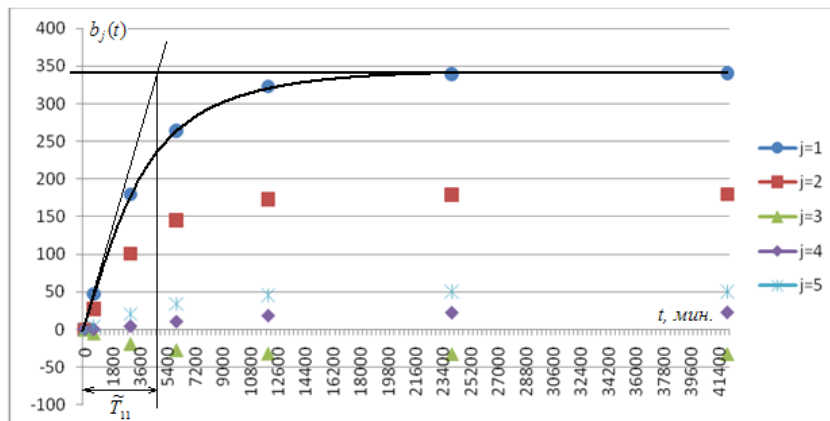


Рис. 2. График изменения коэффициентов усиления по каждой пространственной моде выхода во времени при подаче на вход 1-й пространственной моды

Аппроксимируем график изменения во времени коэффициента  $b_1$  при подаче на вход объекта первой пространственной моды и график изменения во времени коэффициента  $b_4$  при подаче на вход объекта четвертой пространственной моды как апериодические звенья с чистым запаздыванием:

$$\tilde{W}_{11} = \frac{340,429}{5100 \cdot s + 1} \cdot e^{-10s}; \quad \tilde{W}_{44} = \frac{210,270}{4700 \cdot s + 1} \cdot e^{-10s}.$$

Аналогично могут быть получены коэффициенты по остальным пространственным модам.

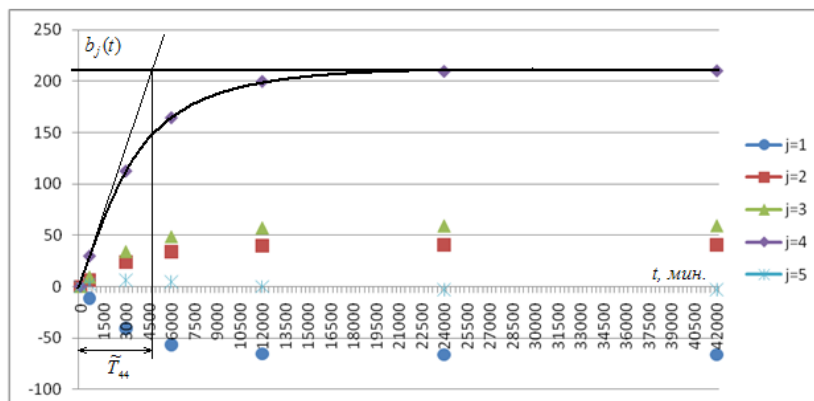


Рис. 3. График изменения коэффициентов усиления по каждой пространственной моде выхода во времени при подаче на вход 4-й пространственной моды

Передаточная функция распределенного высокоточного регулятора, записанная с использованием обобщенной координаты, может быть представлена в виде следующего соотношения:

$$W(G, s) = E_1 \left[ \frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{1}{n_1} G \right] + E_4 \left[ \frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{1}{n_4} G \right] \frac{1}{s} + E_2 \left[ \frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{1}{n_2} G \right] s, \quad [5]$$

где  $G = \left( \frac{\pi \cdot j}{L} \right)^2 \tilde{K}_{ij}$  обобщенная координата по  $j$ -й пространственной моде.

На основе вычисленных коэффициентов передаточных функций по пространственным модам найдем коэффициенты усилительного, дифференциального и интегрального звеньев регулятора:

$$E_1 = 0,002; n_1 = 2; E_2 = 6; n_2 = \infty; E_4 = 0,0000001; n_4 = \infty.$$

Замкнем систему. Подадим на вход объекта следующую функцию:

$$U(G, s, t) = \left( E_1 \left[ \frac{n_1 - 1}{n_1} - \frac{1}{n_1} \nabla^2 \right] + E_2 \left[ \frac{n_2 - 1}{n_2} - \frac{1}{n_2} \nabla^2 \right] s + E_4 \left[ \frac{n_4 - 1}{n_4} - \frac{1}{n_4} \nabla^2 \right] \frac{1}{s} \right) \Delta Y(t).$$

Запишем последнее соотношение в дискретном виде, учитывая, что  $n_4 = \infty \Rightarrow \frac{n_4 - 1}{n_4} \rightarrow 1; \frac{1}{n_4} \rightarrow 0; n_2 = \infty \Rightarrow \frac{n_2 - 1}{n_2} \rightarrow 1; \frac{1}{n_2} \rightarrow 0$ . Шаг дискретизации по пространственной координате примем  $\Delta x = 1$ .

$$U_{ii} = E_1 \frac{n_1 - 1}{n_1} \Delta Y_{ii} - \frac{E_1}{n_1} (\Delta Y_{ii-1} - 2\Delta Y_{ii} + \Delta Y_{ii+1}) \frac{1}{\Delta x^2} + E_2 \frac{n_2 - 1}{n_2} \cdot \frac{\Delta Y_{ii} - \Delta Y_{ii-1}}{\Delta t} + E_4 \sum_{i=1}^t \Delta Y_{ii} \Delta t.$$

Подставив вычисленные коэффициенты передаточной функции регулятора, получим:

$$U_{ii} = 0,001 \Delta Y_{ii} - 0,001 (\Delta Y_{ii-1} - 2\Delta Y_{ii} + \Delta Y_{ii+1}) + 6 \frac{\Delta Y_{ii} - \Delta Y_{ii-1}}{\Delta t} + 0,0000001 \sum_{i=1}^t \Delta Y_{ii} \Delta t.$$

Используя последнее уравнение, реализована модель замкнутой системы на языке программирования Pascal. Зададим желаемые значения функций выхода: 10 для 1, 2, 3 выходов (так как среднее арифметическое значение данных параметров в норме больше, чем

среднее при патологии), -10 для 4 и 5 выходов (т.к. среднее значение данных параметров в норме меньше, чем при патологии). На рис. 4 приведены полученные графики переходных процессов. Из рис. 4 видно, что время регулирования составляет около 500 минут. Суточные дозы препаратов, обеспечивающие управление объектом, не превышают максимально допустимых.

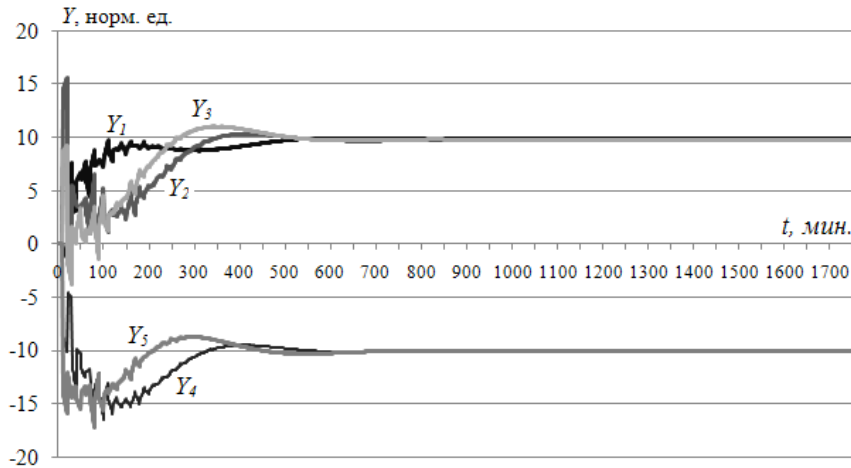


Рис. 4. Отклонения функций выхода от установившихся значений, в нормированных единицах

Аналогично построены модели систем нормализации психического состояния человека для случаев, когда недопустимо уменьшение доз препаратов на величину, большую заданной (начальной дозы препарата), и когда начальные дозы препаратов являются нулевыми, т.е. при запрете отрицательных изменений входных воздействий. Также получены параметры регулятора для дискретной модели, исходя из допущения, что препараты будут вводиться каждые 8 часов. В этом случае длительность переходных процессов увеличивается примерно до 30 суток (рис. 5).

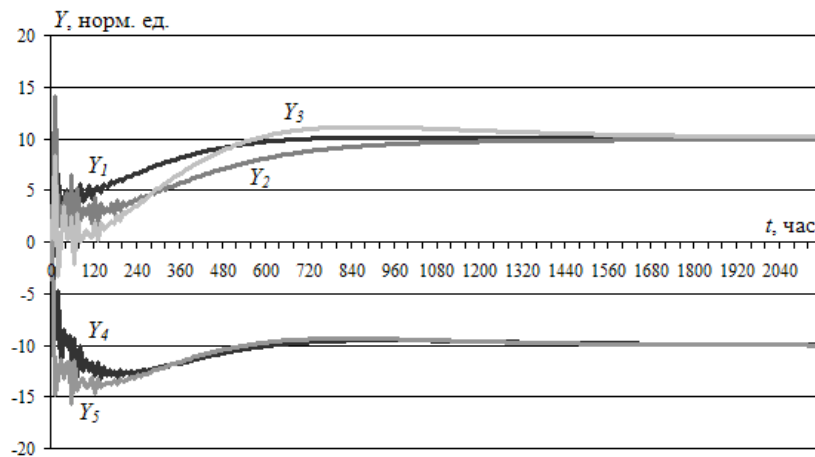


Рис. 5. Отклонения функций выхода от установившихся значений при дискретизации входного воздействия, в нормированных единицах



Таким образом, математическая модель реакции психического состояния человека на воздействие лекарственных препаратов допускает разложение по собственным вектор-функциям оператора объекта, что позволяет рассматривать совокупность параметров электропроводности организма, значимых для распознавания психического состояния человека, как объект с распределенными параметрами и предположить, что процессы изменения фазового состояния психики человека описываются уравнениями в частных производных.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Боев И.В., Золотарев С.В., Боев О.И., Ягода С.А., Кухарова Т.В.* Способ дифференциальной диагностики психических расстройств эндогенного, экзогенного и психогенного происхождения на основе регистрации электродермальной активности. Патент РФ № 2455930; опублик. 20.07.2012. Бюлл. № 20.
2. *Боев И.В., Першин И.М., Уткин В.А.* Стратегия моделирования и управления фармакологическими воздействиями на человека // *Материалы V Международной научной конференции «Системный синтез и прикладная синергетика»*. – Пятигорск: ФГАОУ ВПО «СКФУ», 2013. – Т. I. – С. 15-19.
3. *Кухарова Т.В.* Разработка системы диагностики психического состояния человека // *Материалы конференции «Информационные технологии в управлении»*. – СПб.: ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор», 2012. – С. 612-618.
4. *Малков А.В., Першин И.М.* Системы с распределенными параметрами. Анализ и синтез. – М.: Научный мир, 2012. – 476 с.
5. *Першин И.М.* Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. – Пятигорск: Рекламно-информационное агентство на КМВ, 2007. – 244 с.
6. *Уткин В.А.* Статистические технологии в медицинских исследованиях: Монография. – 2-е изд., испр., доп. – Пятигорск: ГНИИК ФМБА, 2012. – 212 с.
7. *Ягода С.А., Золотарев С.В., Боев О.И., Иванченко В.В., Бакуменко К.И., Адоньева А.Н., Кухарова Т.В.* Дифференциация экзогенных, эндогенных и психогенных психических расстройств на основе электродермальной активности // *Психическое здоровье*. – 2011. – № 10 (65). – С. 77-80.

#### REFERENCES

1. *Boev I.V., Zolotarev S.V., Boev O.I., Yagoda S.A., Kukharova T.V.* Sposob differentsi-al'noy diagnostiki psikhicheskikh rasstroystv endogenogo, ekzogenogo i psikhogenogo proiskhozhdeniya na osnove registratsii elektrodermal'noy aktivnosti [The method of differential diagnosis of mental disorders endogenous, exogenous and psychogenic origin on the basis of registration of electrodermal activity]. Patent RF No. 2455930; opubl. 20.07.2012. Byull. No. 20.
2. *Boev I.V., Pershin I.M., Utkin V.A.* Strategiya modelirovaniya i upravleniya farmakologicheskimi vozdeystviyami na cheloveka [Strategy modeling and management of pharmacological effects in humans], *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Sistemnyy sintez i prikladnaya sinergetika»* [Proceedings of the V International scientific conference "System synthesis and applied synergetics"]. Pyatigorsk: FGAOU VPO «SKFU», 2013, Vol. I, pp. 15-19.
3. *Kukharova T.V.* Razrabotka sistemy diagnostiki psikhicheskogo sostoyaniya cheloveka [Development of a system for diagnosing mental state of the person], *Materialy konferentsii "Informatsionnye tekhnologii v upravlenii"* [Materials of the conference "Information technologies in management"]. St. Petersburg: ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор», 2012, pp. 612-618.
4. *Malkov A.V., Pershin I.M.* Sistemy s raspredelennymi parametrami. Analiz i sintez [Systems with distributed parameters. Analysis and synthesis]. Moscow: Nauchnyy mir, 2012, 476 p.
5. *Pershin I.M.* Analiz i sintez sistem s raspredelennymi parametrami [Analysis and synthesis of systems with distributed parameters]. Pyatigorsk: Reklamno-informatsionnoe agentstvo na KMV, 2007, 244 p.

6. *Utkin V.A.* Statisticheskie tekhnologii v meditsinskikh issledovaniyakh [Statistical techniques in medical research]: Monografiya. 2<sup>nd</sup> ed. Pyatigorsk: GNIK FMBA, 2012, 212 p.
7. *Yagoda S.A., Zolotarev S.V., Boev O.I., Ivanchenko V.V., Bakumenko K.I., Adon'eva A.N., Kukharova T.V.* Differentsiatsiya ekzogennykh, endogennykh i psikhogennykh psikhicheskikh rasstroystv na osnove elektrodermal'noy aktivnosti [Differentiation of exogenous, endogenous and psychogenic mental disorders based on electrodermal activity], *Psikhicheskoe zdorov'e* [Psychical Health], 2011, No. 10 (65), pp. 77-80.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.А. Мишагин.

**Кухарова Татьяна Валерьевна** – Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина); e-mail: unit-4@yandex.ru; 357500, г. Пятигорск, просп. 40 лет Октября, 56; тел.: +79614790988; аспирант.

**Kukharova Tatyana Valerevna** – Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI»; e-mail: unit-4@yandex.ru; 56, Sorok let Oktyabrya Ave., Pyatigorsk, 357500, Russia; phone: +79614790988; postgraduate student.

УДК 57.056

**П.В. Хало, Ю.М. Бородинский**

### **ЭЭГ-КОРРЕЛЯТЫ АКТИВАЦИИ РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА**

*Статья посвящена анализу возможных ЭЭГ-коррелятов сопутствующих оптимальному функциональному состоянию мозга в экстремальных условиях жизнедеятельности. Приводится краткий исторический анализ проблемы, и обзор современных данных электроэнцефалографических исследований по данной тематике, кратко рассматривается авторская концепция формирования сверхнормативных компетенций. В статье предлагается использовать в качестве ЭЭГ-коррелятов активации резервных возможностей организма временные и пространственные характеристики  $\theta$ -синхронизации и ЭЭГ-индексы: вовлеченности, волевого усилия, бдительности. В целом, проведенный анализ позволяет авторам утверждать, что для определения основных ЭЭГ-коррелятов активации резервных возможностей человека достаточно использование стандартного ЭЭГ-диапазона – 0,5–30 Гц, монополярной стандартной схемы отведений 10–20, по 8 отведениям ( $Fp_1$ ,  $Fp_2$ ,  $N_3$ ,  $N_4$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $O_1$ ,  $O_2$ ). Приведенный материал может быть интересен специалистам работающим в области изучения измененных состояний сознания, экстремальной медицины, безопасности жизнедеятельности, спорта высших достижений, человек-операторской деятельности, человеко-машинных интерфейсов и многим другим.*

*Электроэнцефалограмма; резервы организма; измененные состояния сознания; экстремальные состояния; оптимальные функциональные состояния.*

**P.V. Halo, Yu.M. Borodyansky**

### **EEG CORRELATES OF ACTIVATION OF ORGANISM RESERVE OPPORTUNITIES**

*The article describes the analysis of possible EEG correlates associated with optimal brain functional state in extreme life conditions. A brief historical analysis of the problem and a review of the current data electroencephalographic studies on this topic are presented. The author briefly discusses the concept of excess competency formation. The article suggests using the following temporal and spatial characteristics of the  $\theta$ -synchronization and EEG indices as the activation EEG correlates of the organism reserve capacity: engagement, strong-willed effort, vigilance. In general, basing on the analysis the authors state that determination of basic EEG correlates of the*