

12. Парфенов, С. Г. Комплекс программ для математического моделирования температурного режима в помещениях офисных и жилых зданий [Электронный ресурс]: сб. статей / С. Г. Парфенов, Д. Л. Ревизников; под ред. Ю. Ю. Комарова, В. А. Мхитаряна, Р. Д. Лисина // Проблемы создания перспективной авиационной техники. — М.: МАИ, 2004. — С. 320–324. — Режим доступа: \www/URL: http://nirs.lisin.ru/sb/2004.pdf#page=320
13. Куценко, А. С. Системный подход к математическому моделированию тепловых процессов зданий [Текст] / А. С. Куценко, С. В. Коваленко, В. И. Тобалянский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2014. — № 4/4(70). — С. 9–12. doi:10.15587/1729-4061.2014.26200
14. Панферов, В. И. К теории математического моделирования теплового режима зданий [Текст] / В. И. Панферов, Е. Ю. Анисимова, А. Н. Нагорная // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. — 2006. — № 14(69). — С. 128–132.
15. Hand, J. W. The ESP-r Cookbook-Strategies for Deploying Virtual Representations of the Build Environment [Electronic resource] / J. W. Hand. — Glasgow, UK: University of Strathclyde, 27 July, 2011. — Available at: \www/URL: http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/ESP-r_cookbook_july_2011.pdf
16. Guglielmetti, R. OpenStudio: an open source integrated analysis platform [Electronic resource] / R. Guglielmetti, D. Maccumber, N. Long // Proceedings of the 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. — 2011. — Available at: \www/URL: http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51836.pdf
17. OpenBEM — Open Source Building Energy Model [Electronic resource]. — 21 Oct 2014. — Available at: \www/URL: https://github.com/emoncms/openbem
18. SAP 2012. The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings [Electronic resource]. — Version 9.92. — Watford: Building Research Establishment, October 2013. — Available at: \www/URL: http://www.bre.co.uk/filelibrary/SAP/2012/SAP-2012_9-92.pdf
19. Becker, R. Windows Azure Programming Patterns for Start-ups [Text] / R. Becker. — Packt Publishing Ltd, 2012. — 292 p.
20. Семенов, С. С. Анализ методов принятия решений при разработке сложных технических систем [Текст] / С. С. Семенов, А. В. Полтавский // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва 16–19 июня 2014 г. — Москва, 2014. — Т. 16. — С. 8101–8123. — Режим доступа: \www/URL: http://vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/8101.pdf
21. Блюмин, С. Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности [Текст] / С. Л. Блюмин, И. А. Шуйкова. — Липецк: ЛЭГИ, 2001. — 138 с.
22. Bhattacharya, A. Why Online Advertising is failing down in the Internet era [Electronic resource] / A. Bhattacharya // IRACST — Engineering Science and Technology: An International Journal (ESTIJ). — December 2011. — Vol. 1, No. 1. — P. 11–17. — Available at: \www/URL: http://estij.org/papers/vol1no12011/3vol1no1.pdf

РОЗРОБКА ПРОЕКТУ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Розглянуто задачу підвищення енергоефективності житлових будинків. Запропоновано структуру онлайн-системи для отримання рекомендацій щодо підвищення тепло- та енергоефективності. Обрано програми та технології, які будуть використані на етапі реалізації системи; для моделювання обрано програмне середовище з відкритим кодом. Вказано основні необхідні кроки для створення запропонованої системи.

Ключові слова: енергоефективність, енергозбереження, економія енергоспоживання, тепловий баланс, експертна система, моделювання, стартап.

Дубинський Алексей Георгиевич, кандидат технічних наук, доцент, кафедра медико-біологічної фізики та інформатики, Дніпропетровська медична академія, Україна, e-mail: dubinsky@ukr.net.

Дубинський Олексій Георгійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра медико-біологічної фізики та інформатики, Дніпропетровська медична академія, Україна.

Dubinsky Alexey, State Establishment «Dnipropetrovsk Medical Academy», Ukraine, e-mail: dubinsky@ukr.net

УДК 681.5. 075

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.41012

Гусак О. М.

ПОБУДОВА ЛІНІЙНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА

У статті викладено новий погляд на методологію математичного моделювання. Запропоновано формальне визначення методу математичного моделювання, представлені деякі неформальні аспекти даної методології. Розглянуто можливості застосування методики математичного моделювання в ході обчислювального експерименту, опис та визначення лінійної математичної моделі людини-оператора та окреслення перспектив подальшого розвитку інтерактивного інтерфейсу і його активного використання.

Ключові слова: математичне моделювання, лінійна динамічна система, перетворення Лапласа, функція передачі.

1. Вступ

Людина — елемент автоматизованих систем різного призначення, його характеристики справляють істотний вплив на стійкість і якість функціонування автоматизованої системи. Оцінити вплив людини-оператора на стійкість і якість функціонування системи можна за

допомогою моделювання останньої на персональному комп'ютері. Тому актуальною є задача отримання математичної моделі людини-оператора [1, 2].

Математична модель людини-оператора повинна враховувати психофізіологічні характеристики людини, а також вплив різного роду зовнішніх факторів на діяльність оператора і її результати.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Аналіз сучасних тенденцій в методології наукового знання демонструє значне посилення ролі методу математичного моделювання. Широке його використання призвело до нагальної потреби усвідомлення внутрішніх закономірностей зародження і розвитку моделей.

Наведемо ряд висловлювань. В роботі [3] математичне моделювання називають «новою науковою технологією, новою методологією наукових досліджень, пошуку та прогнозу». У більш широкому плані, «моделювання претендує на методологічну фундаментальність, що не поступається теорії та експерименту чи на форму інтелектуально-пізнавальної діяльності людини в світі електронно-обчислювальних машин» [4, 5]. Поява і широке впровадження комп'ютерів в якості незамінного інструменту наукового процесу призвело до зворотного впливу обчислювальної ідеології на математичне моделювання, як в частині теорії, так і в частині експерименту. В роботах, що присвячені постановці математичного експерименту доводиться необхідність створення специфічної машинної математики, розробляється математична теорія вимірювально-обчислювальних систем, що дозволяє сформулювати критерії адекватності моделей.

В цілому переживання тієї чи іншої віртуальної реальності з боку людини-оператора досягається на шляху застосування методів математичного моделювання, обчислювального експерименту і програмування. Крім того враховуються дуже важливі особливості, які можна віднести до психології конкретної людини-оператора. Нові тенденції розвитку методу математичного моделювання особливо чітко виявляються в таких галузях як історія, політика, економіка, соціологія, екологія [6, 7].

Останніми роками з новою силою спалахнула суперечка про можливості людини і машини, про перспективи автоматизації, про створення механічних і електронних моделей, що здатні замінити або, як інколи говорять, «витіснити» людину з системи «людина – машина» [8–13]. Особливо легко говорять про сприйняття, мислення, пам'ять машин в тих випадках, коли смутно уявляють собі природу цих процесів у людини і коли не враховують, що в дослідженні кожного з цих процесів зроблені лише перші кроки і що подальша робота в цій області пов'язана з величезними теоретичними труднощами.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єктом дослідження є особливості психологічної складової людини-оператора.

Метою даної статті є розгляд можливості застосування методики математичного моделювання в ході обчислювального експерименту, опис та визначення лінійної математичної моделі людини-оператора та окреслення перспектив подальшого розвитку інтерактивного інтерфейсу і його активного використання в моделі предметної області «суб'єкт-модельєр».

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Формалізувати властивості зорового сприйняття зображень людиною-оператором.

2. Проаналізувати існуючі методи визначення та аналізу характеристик динамічних систем та вибрати найбільш оптимальний.

3. Описати алгоритм знаходження амплітудно-частотної та фазової частотної характеристик моделі людини-оператора за отриманою із експериментальних даних спектральною щільністю вхідного та вихідного сигналів.

4. Результати дослідження математичної моделі діяльності людини-оператора

Для побудови математичної моделі діяльності людини-оператора в системах, де оператор виконує функції розпізнавання, стеження або наведення застосовуються методи теорії автоматичного управління.

Математичний опис, необхідний для дослідження систем керування, виконується у вигляді складних диференціальних, інтегральних або алгебраїчних рівнянь. Для переходу від диференціальних рівнянь високого порядку до алгебраїчних використовують перетворення Лапласа [8]. При цьому у вихідних рівняннях здійснюється заміна реальних змінних і їхніх похідних відповідними зображеннями. Змінна t має фізичний зміст часу, а функція $x(t)$ визначає реакцію системи на зовнішнє збурення.

Вказаний метод є найбільш цінним методом аналізу і синтезу при вивченні перехідних процесів в уставленому режимі для лінійних стаціонарних (з постійними параметрами) систем [14–16].

Співвідношення:

$$X(s) = \int_0^{\infty} x(t)e^{-st} dt, \quad (1)$$

називають прямим перетворенням Лапласа. Комплексна змінна $s = \beta_0 + j\omega$ називається оператором Лапласа, де ω – кутова частота, β_0 – деяке додатне постійне число. Функція комплексної змінної $X(s)$ називається зображенням сигналу $x(t)$ по Лапласу. Скорочено операція визначення зображення за оригіналом записується:

$$X(s) = L\{x(t)\}, \quad (2)$$

де L – оператор перетворення Лапласа. Практично над усіма функціями часу можливо виконати перетворення Лапласа. Для знаходження оригіналу функції за її зображенням використовують співвідношення оберненого перетворення Лапласа:

$$x(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\beta_0 - j\omega}^{\beta_0 + j\omega} X(s)e^{st} ds, \quad (3)$$

або

$$x(t) = L^{-1}\{X(s)\}, \quad (4)$$

де L^{-1} – оператор оберненого перетворення Лапласа.

Якщо рівняння, що пов'язує вхідний $X_{\text{вх}}(t)$ та вихідний $X_{\text{вих}}(t)$ сигнали є лінійними, то систему можна розглядати як лінійну динамічну ланку, рівняння якої має загальний вигляд:

$$\begin{aligned}
 & a_0 \frac{d^n X_{\text{вих}}(t)}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} X_{\text{вих}}(t)}{dt^{n-1}} + \dots \\
 & \dots + a_{n-1} \frac{dX_{\text{вих}}(t)}{dt} + a_n X_{\text{вих}}(t) = \\
 & = b_0 \frac{d^m X_{\text{вх}}(t)}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} X_{\text{вх}}(t)}{dt^{m-1}} + \dots \\
 & \dots + b_{m-1} \frac{dX_{\text{вх}}(t)}{dt} + b_m X_{\text{вх}}(t),
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

де $a_0, a_1, \dots, a_n, b_0, b_1, \dots, b_m$ — постійні коефіцієнти, $m \leq n$.

Піддамо рівняння (5) перетворенню Лапласа. Будемо вважати початкові умови нульовими і замінімо оригінали сигналів їх зображеннями за Лапласом.

$$X_{\text{вих}}(s) = L\{X_{\text{вих}}(t)\}, X_{\text{вх}}(s) = L\{X_{\text{вх}}(t)\}.
 \tag{6}$$

Використавши теореми перетворення Лапласа та диференціювання, отримаємо рівняння, що пов'язує зображення вхідного та вихідного сигналу:

$$\begin{aligned}
 & (a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n) X_{\text{вих}}(s) = \\
 & = (b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m) X_{\text{вх}}(s).
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Звідси відношення зображень вихідного та вхідного сигналів:

$$\frac{X_{\text{вих}}(s)}{X_{\text{вх}}(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n} = \frac{B(s)}{A(s)}.
 \tag{8}$$

Даний вираз не залежить від зображень сигналів, а визначається лише параметрами самої динамічної ланки a_i, b_i та має вигляд дробово-раціональної функції.

Відношення зображень вихідного та вхідного сигналів називають функцією передачі динамічної ланки. Функція передачі — це один із способів математичного опису лінійної динамічної системи.

Загальний вигляд функції передачі:

$$W_m(s) = \frac{B_m(s)}{A_n(s)},
 \tag{9}$$

де $B_m(s)$ та $A_n(s)$ — алгебраїчні поліноми порядку m та n , τ — постійне запізнення.

Якщо виконати підстановку $s = i\omega$, де ω — кутова частота вхідного сигналу, то функцію передачі можна записати у комплексному вигляді:

$$W_m(i\omega) = \frac{B_m(s)}{A_n(s)} e^{-\tau s}.
 \tag{10}$$

Розглянемо процес обробки вхідного сигналу людиною-оператором.

На схемі (рис. 1) людина представлена функцією передачі $W_m(s)$ і джерелом так званого залишку (ремнанта $r(t)$) — збурення, яке вносить в систему оператор під час роботи.

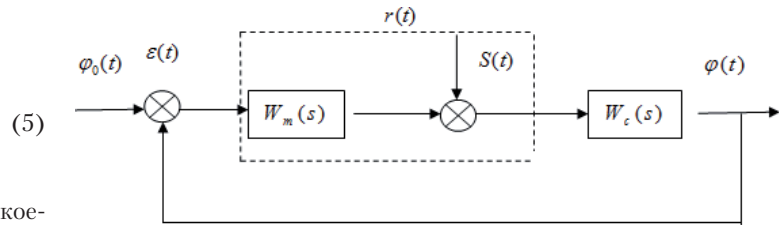


Рис. 1. Схема процесу слідування за вхідним сигналом з участю людини-оператора

Ремнанта — це та частина вихідного сигналу, яка не може бути отримана лінійним перетворенням вхідного сигналу.

До джерел, що породжує залишок відносять наступне:

1. Оператор реагує не тільки на сигнал, на який повинен реагувати, але й на деякий інший сигнал.
2. Нелінійна частина реакції на вхідний сигнал.
3. Власний шум оператора, який не має ні лінійного, ні нелінійного зв'язку з вхідним сигналом.
4. Змінність параметрів функції передачі оператора. Функція передачі описує усереднений для даного досвіду або для серії дослідів результат. Для коротких інтервалів часу, а також для окремих дослідів можливі відхилення величин параметрів від середніх значень. Викликана цим розбіжність значень лінійної реакції в порівнянні з усередненою реакцією міститиметься в залишку.

Послідовно з людиною-оператором на рис. 1 включений лінійний об'єкт управління з функцією передачі $W_c(s)$. Вхідна і вихідна величини замкненої системи позначені відповідно через $\phi_0(t)$ та $\phi(t)$, спектральна щільність сигналу — $I(s)$. Вхідним сигналом для людини є помилка $\epsilon(t) = \phi_0(t) - \phi(t)$.

Вихідна величина сигналу, обробленого людиною-оператором $S(t)$ складається з вхідного сигналу, перетвореного оператором, представленим у вигляді функції передачі $W_m(s)$ та залишку $r(t)$:

$$S(t) = L^{-1}\{W_m(s)\epsilon(s)\} + r(t).
 \tag{11}$$

Тоді вихідна величина системи буде визначатися наступним виразом:

$$\phi(t) = L^{-1}\{W_c(s)W_m(s)\epsilon(s) + W_c(s)r(s)\}.
 \tag{12}$$

Залежність усіх змінних від вхідного сигналу і залишку має вигляд:

$$\epsilon(s) = \frac{1}{1 + W_m(s)W_c(s)} \phi_0(s) + \frac{W_c(s)}{1 + W_m(s)W_c(s)} r(s),
 \tag{13}$$

$$I(s) = \frac{W_m(s)}{1 + W_m(s)W_c(s)} \phi_0(s) + \frac{W_c(s)}{1 + W_m(s)W_c(s)} r(s),
 \tag{14}$$

$$\varphi(s) = \frac{W_m(s)W_c(s)}{1+W_m(s)W_c(s)}\varphi_0(s) + \frac{W_c(s)}{1+W_m(s)W_c(s)}r(s). \quad (15)$$

Надалі задача визначення математичної моделі людини-оператора зводиться до підбору таких величин коефіцієнтів поліномів та запізнення, при яких розрахункова комплексна функція передачі $W_m(i\omega)$ із задовільною для цілей даного конкретного дослідження точністю співпадає з характеристикою, отриманою в ході проведення експерименту. При цьому, намагаються обмежитися поліномами можливо більш низького порядку.

Методи визначення параметрів функції передачі $W_m(s)$ людини-оператора засновані на використанні формул спектрального аналізу. Вихідний матеріал отримують дослідним шляхом в умовах, коли вхідний сигнал системи, тобто закон руху цілі $\varphi_0(t)$ є випадковою стаціонарною функцією часу і процес слідкування набув встановленого характеру.

За експериментальними записами змінних величин розраховують в одних методах тільки модуль частотної характеристики, тобто амплітудно-частотну характеристику, а в інших методах — частотну характеристику повністю, тобто і амплітудно-частотну і фазову частотну характеристики.

Проаналізуємо спектральний метод визначення амплітудно-частотної характеристики, що пов'язує спектральні щільності сигналів на вході та виході лінійної системи.

Якщо на вхід стаціонарної системи, що володіє функцією передачі $W_m(s)$, надходить стаціонарна випадкова величина $X(t)$, що має спектральну щільність $I_x(\omega)$, то у встановленому режимі спектральна щільність $I_y(\omega)$ вихідного сигналу $Y(t)$ дорівнює:

$$I_y(\omega) = I_x(\omega)|W(i\omega)|^2, \quad (16)$$

де модуль частотної характеристики $|W(i\omega)|$ являє собою амплітудно-частотну характеристику системи.

В теорії автоматичного управління формула (8) використовується для аналізу проходження випадкового сигналу через відому динамічну систему. В інженерно-психологічних дослідженнях вона дозволяє знайти амплітудно-частотну характеристику людини-оператора за отриманими із експериментальних даних спектральними щільностями вхідного та вихідного сигналів.

В позначеннях, що вказані на рис. 1 вираз для спектральної щільності запишеться у вигляді:

$$|W_m(i\omega)| = \sqrt{I_s(\omega)/I_\varepsilon(\omega)}, \quad (17)$$

де $I_s(\omega)$ — спектральна щільність величини, а $I_\varepsilon(\omega)$ — спектральна щільність помилки слідкування.

Спектральний метод визначення амплітудно-частотної та фазової частотної характеристик використовує взаємну спектральну щільність сигналів і на виході і на вході моделі людини-оператора. Якщо на вхід лінійної стаціонарної системи подається стаціонарний випадковий сигнал, то в сталому режимі взаємна спектральна щільність вихідного і вхідного сигналів дорівнює добутку спектральної щільності вхідного сигналу на частотну характеристику системи:

$$I_{yx}(\omega) = I_x(\omega)W(i\omega), \quad (18)$$

де $S_{yx}(\omega)$ — взаємна спектральна щільність вихідного та вхідного сигналів, що є комплексною величиною, $I_x(\omega)$ — спектральна щільність вхідного сигналу, $W(i\omega)$ — частотна характеристика системи.

Застосуємо (18) до (11), не виділяючи залишок (ремнанту) із складу вихідного сигналу, отримуємо робочу формулу цього методу:

$$W_m(i\omega) = \frac{I_{se}(\omega)}{I_\varepsilon(\omega)}, \quad (19)$$

де $I_{se}(\omega)$ — взаємна спектральна щільність сигналу $S(t)$ і помилки $\varepsilon(t)$.

5. Обговорення результатів дослідження математичної моделі людини-оператора

В даній статті людина-оператор розглядається як ланка, що володіє певною «функцією передачі» за аналогією з тим, що застосовується в теорії зв'язку. Подібне припущення є в певному ступені наближенням, однак така формалізація дозволяє обґрунтувати те, що в описаних системах вивченню підлягає обсяг та швидкість прийому інформації, швидкість її переробки та прийняття рішення і, нарешті, пропускна здатність «виходу» — швидкість рухових відповідних реакцій.

Наведені принципи і методи аналізу операторської діяльності засновані на положеннях теорії автоматичного управління і є продовженням досліджень з побудови математичної моделі діяльності людини-оператора. Розробка принципів аналізу діяльності операторів автоматизованих систем, виявлення її специфічних рис, особливостей структури і психологічного змісту необхідні для вирішення цілого ряду практичних питань, що виникають при проектуванні систем управління. До таких питань належать: оптимальна організація діяльності оператора, вироблення адекватних і ефективних методів навчання операторського персоналу, його відбору для тих видів діяльності, в яких навіть невелика помилка оператора може призвести до важкої аварії, що тягне за собою руйнування техніки і загибель людей (наприклад, в системах військового призначення).

6. Висновки

1. В статті запропоновано застосування методики математичного моделювання для визначення параметрів лінійної математичної моделі в інженерно-психологічних дослідженнях.

2. Вперше запропоновано представлення лінійної математичної моделі людини-оператора у вигляді функції передачі:

$$W_m(s) = \frac{B_m(s)}{A_n(s)},$$

де $B_m(s)$ та $A_n(s)$ — алгебраїчні поліноми порядку m та n , τ — постійне запізнення.

3. Описані алгоритми знаходження параметрів функції передачі $W_m(s)$ людини-оператора.

4. Вперше було запропоновано алгоритм знаходження амплітудно-частотної та фазової частотної характеристики моделі людини-оператора за отриманою із експериментальних даних спектральною щільністю вхідного та вихідного сигналів.

5. Амплітудно-частотна характеристика людини-оператора визначається співвідношенням спектральної щільності сигналу на виході системи і сигналу на її вході.

6. В порівнянні з загальними методиками математичного моделювання, наведений у статті алгоритм є більш конкретним, що дозволяє наблизитися до розуміння особливостей психологічної складової людини-оператора, а також оптимізувати операторську діяльність.

Література

1. Математическое моделирование социальной и экономической динамики [Электронный ресурс]: материалы II Международной конференции, г. Москва, 20–22 июня, 2007 г. — М.: Российский университет дружбы народов, 2007. — Режим доступа: \www/URL: <http://pandia.ru/text/78/061/19502.php>
2. Шмельова, Т. Ф. Моделирование поведінкової діяльності людини-оператора в авіаційній соціотехнічній системі [Электронный ресурс] / Т. Ф. Шмельова // Системы обработки информации. — 2012. — Вып. 2. — С. 145–154. — Режим доступа: \www/URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/soi_2012_2_30.pdf
3. Плохотников, К. Э. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Методология и практика [Электронный ресурс] / К. Э. Плохотников. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — Режим доступа: \www/URL: [http://intsys.msu.ru/magazine/archive/v13\(1-4\)/plokhotnikov-005-032.pdf](http://intsys.msu.ru/magazine/archive/v13(1-4)/plokhotnikov-005-032.pdf)
4. Краснощеков, П. С. Принципы построения моделей. Математическое моделирование [Текст] / П. С. Краснощеков, А. А. Петров. — М.: МГУ, 1983. — 264 с.
5. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем [Текст] / Н. П. Бусленко. — М.: Наука, 1977. — 400 с.
6. Математическое моделирование исторических процессов [Электронный ресурс]: тезисы докладов II Международной конференции / под ред. Г. Г. Малинецкого. — М.: Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша, 2007. — Режим доступа: \www/URL: http://www.keldysh.ru/papers/2007/prer56/prer2007_56.html
7. Бодров, В. А. Психология и надежность: Человек в системах управления техникой [Текст] / В. А. Бодров. — М.: Ин-т психологии РАН, 1998. — 176 с.
8. Andersen, P. Physiological Basis of the Alpha Rhythm [Text] / P. Andersen, S. A. Andersson. — N.-Y.: Appleton-Century-Crofts, 1968. — 384 p.
9. Martmez, J. L. Learning and memory. A biological view [Text] / Eds. by J. L. Martmez, R. P. Kesner. — N.Y., 1986. — 452 p.
10. Mogenson, G. From motivation to action: Functional interface between the limbic system and the motor system [Text] / G. Mogenson, D. Jones, C. Yim // Progress in Neurobiology. — 1980. — Vol. 14, № 2–3. — P. 69–97. doi:10.1016/0301-0082(80)90018-0
11. Holambe, R. S. Linear and Dynamic System Model [Text] / R. S. Holambe, M. S. Deshpande // SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering. — Springer Science + Business Media, 2012. — P. 27–44. doi:10.1007/978-1-4614-1505-3_3
12. Thompson, R. F. Introduction to physiological psychology [Text] / R. F. Thompson. — N.Y., 1975. — 669 p.
13. Segel, L. A. Mathematics for dynamic modeling [Text] / L. A. Segel // Mathematical Biosciences. — 1988. — Vol. 91, № 2. — P. 225–226. doi:10.1016/0025-5564(88)90017-x
14. Polyanskii, P. V. Moire mechanism of conjugate-image reconstruction in a generalized holographic filter scheme [Text] / P. V. Polyanskii // Optics and Spectroscopy. — 1992. — № 72(3). — P. 391–394.
15. Paek, E. G. Optical Associative Memory Using Fourier Transform Holograms [Text] / E. G. Paek, D. Psaltis // Optical Engineering. — 1987. — Vol. 26, № 5. — P. 265428. doi:10.1117/12.7974093
16. Rabiner, L. R. Digital signal processing of speech signals [Text] / L. R. Rabiner, R. W. Shafer. — Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1989. — 962 p.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

В статье изложен новый взгляд на методологию математического моделирования. Предложено формальное определение метода математического моделирования, представлены некоторые неформальные аспекты данной методологии. Рассмотрены возможности применения методики математического моделирования в ходе вычислительного эксперимента, описана линейная математическая модель человека-оператора, определены перспективы дальнейшего развития интерактивного интерфейса и его активного использования для оптимизации операторской деятельности.

Ключевые слова: математическое моделирование, линейная динамическая система, преобразование Лапласа, передаточная функция.

Гусак Елена Михайловна, преподаватель, кафедра автоматизированных систем управления, Частное высшее учебное заведение «Буковинский университет», Черновцы, Украина, e-mail: faucon30@yandex.ru.

Гусак Елена Михайловна, викладач, кафедра автоматизованих систем управління, Приватний вищий навчальний заклад «Буковинський університет», Чернівці, Україна.

Husak Hellene, Private higher educational institution «Bukovynian University», Chernivtsi, Ukraine, e-mail: faucon30@yandex.ru