

УДК 519.876.5/159.91/519.233.5

Л.Ф. Сайковская

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

*В работе предложена функциональная схема системы «человек-машина», адаптированная для труда пользователя ПК, которая позволяет выявить свойства человека-оператора, влияющие на эффективность и качество выполняемой им работы. Значительный вклад в успешность функционирования системы «человек-машина» вносит функциональное состояние человека. Для определения наиболее информативных показателей функционального состояния человека и оценки влияния на них различных видов визуальной нагрузки использован корреляционный метод.*

**Ключевые слова:** моделирование состояния человека, модель оператора зрительного профиля, корреляционный метод, функциональное состояние человека.

### Введение

В связи с внедрением компьютерных технологий в различные сферы производства и неуклонным ростом численности контингентов, профессионально работающих на компьютере, одной из актуальных задач является разработка средств и методов обеспечения высокой эффективности и надежности работы, сохранения работоспособности и здоровья пользователей.

Для операторов, работающих в условиях напряженного зрительного труда, характерны возникновение состояний нервно-эмоционального напряжения, утомления, психического пресыщения и монотонии [1, 2].

Неблагоприятное влияние этих состояний отражается на результативности работы и работоспособности в целом, что увеличивает количество допущенных ошибок, повышает психофизиологические затраты на ее выполнение, что, в конечном итоге, снижает эффективность труда и приводит к нарушению здоровья [3, 4].

Для успешного выполнения профессиональных обязанностей и сохранения здоровья, разработки оптимальных режимов труда и отдыха, проведения эффективного профессионального отбора на операторские специальности возникает потребность постоянной оценки функционального состояния человека.

С этой целью необходимо создание или совершенствование существующих методов, позволяющих прогнозировать функциональную реакцию организма человека на разные виды визуальной нагрузки по исходному состоянию его показателей.

Человек и персональный компьютер (ПК) представляют собой эргатическую систему, т.е. систему человек-машина (СЧМ), в которой работа ПК и деятельность человека связаны единым контуром регу-

лирования. При организации взаимосвязи человека и ПК в системе человек-машина основная роль принадлежит не столько анатомическим, сколько физиологическим и психофизиологическим свойствам человека.

От этих свойств человека во многом зависит информационное взаимодействие с машиной, что определяет эффективность его деятельности [5, 6].

**Цель статьи** – разработать модель оператора зрительного профиля, которая позволит прогнозировать влияние визуальной нагрузки разного вида на его функциональное состояние.

### Материалы и методы

Для построения модели предлагается упрощенная функциональная схема системы «человек-машина», адаптированная к пользователю ПК (рис. 1). Эта схема позволяет оценить вклад каждого из блоков, характеризующих оператора, и качество функционирования СЧМ.

На схеме оператор представлен своими свойствами, к которым относятся его функции, состояние и качества.

Под функциями следует понимать функции восприятия информации, переработки, принятия решения и проведение ответных действий.

Состояние – это функциональное состояние организма человека-оператора.

Качества – это профессионально важные качества человека.

Исходя из цели статьи, интерес вызывает изменение функционального состояния человека при разных видах визуальной нагрузки.

Из схемы следует, что на изменение функционального состояния человека влияют как функции, которые в свою очередь находятся под существенным влиянием ПК, и профессионально важные качества, так и условия окружающей среды.

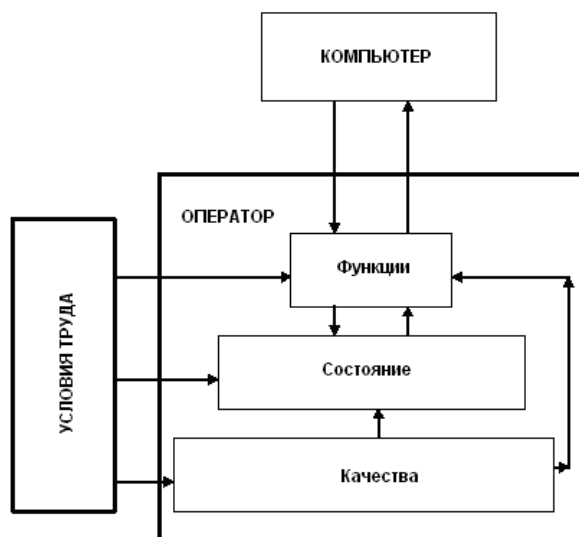


Рис. 1. Функциональная схема СМЧ

При операторской деятельности получение визуальной информации оператором ПК осуществляется зрительной системой, а ее переработка и формирование управляющего воздействия – при помощи центральной нервной системы (ЦНС). Поэтому в данной работе рассматриваются показатели, характеризующие состояние этих систем человека.

Для оценки функционального состояния зрительной системы оператора были выбраны следующие показатели: острота зрения, ближайшие точки ясного зрения (Бт OD – правого глаза, Бт OS – левого глаза) и конвергенции (Бтк), резервы аккомодации (Ра OD – правого глаза, Ра OS – левого глаза) [8].

Для оценки состояния нервной системы исследовались сила и подвижность нервных процессов, а также лабильность нервной системы, оцениваемая по критической частоте слияния световых мельканий (КЧСМ) трех цветов: красного (к), желтого (ж), зеленого (з) [9].

При помощи теста ТРАНС проводилась оценка психофизиологического состояния человека. Этот тест позволяет определить уровень тревожности, работоспособности, активности, настроения и самочувствия [10].

Проводились исследование динамики психофизиологических показателей и показателей зрительной системы человека при моделировании деятельности операторов зрительного профиля. В исследовании участвовали 138 человек молодого возраста (средний возраст испытуемых составил  $(20 \pm 1,2)$  лет). Испытуемым было предложено два вида визуальной нагрузки (текстовая нагрузка на ПК и на бумажном носителе), такие способы представления визуальной информации в настоящее время наиболее распространены. Регистрировались уровни функционального состояния до предъявляемой на-

грузки – исходное функциональное состояние, и после нагрузки – конечное состояние.

Для построения полифункциональной модели предлагается представлять человека в виде линейного многополюсника, входными и выходными параметрами которого являются исследованные параметры психофизиологического состояния до визуальной нагрузки и после нее.

Данные результатов экспериментов представляются в виде матриц начальных  $Y$  (до работы) и конечных  $V$  (после работы) показателей функционального состояния оператора, в строках которых представлены значения определенных показателей всей группы испытуемых, а в столбцах – результаты исследований всех показателей функционального состояния каждого испытуемого.

Для построения модели, позволяющей оценить мощность вклада каждого из показателей исследуемых систем организма в функциональное состояние оператора и прогнозировать влияние разных видов зрительной нагрузки на их конечное состояние по исходным значениям, был использован корреляционный метод [11, 12].

По известным матрицам  $Y$  и  $V$  необходимо было определить матрицу преобразования  $B$ , которая позволит прогнозировать результаты влияния визуальной нагрузки на функциональное состояние оператора по его исходному состоянию.

$$V = B \times Y. \quad (1)$$

Отсюда корреляционная матрица  $\Phi_V$  конечных показателей функционального состояния человека  $V$  определяется как

$$\Phi_V = B \Phi_Y B^T, \quad (2)$$

где  $\Phi_Y$  – корреляционная матрица начальных показателей функционального состояния человека  $Y$ , равная:

$$\Phi_Y = \overline{Y Y^T}. \quad (3)$$

Зная корреляционные матрицы  $\Phi_Y$  и  $\Phi_V$ , их можно представить в виде произведения корней

$$\Phi_Y = \overline{Y Y^T} = A A^T, \quad (4)$$

$$\Phi_V = \overline{V V^T} = C C^T, \quad (5)$$

где  $A$ ,  $C$  – корни корреляционных матриц начальных  $\Phi_Y$  и конечных  $\Phi_V$  значений показателей функционального состояния человека, полученные путем использования преобразования Холески.

Так как матрицу конечных значений показателей  $V$  можно представить путем произведения корней корреляционных матриц  $\Phi_Y$  и  $\Phi_V$ :

$$V = B A = C, \quad (6)$$

где

$$C = B A, \quad (7)$$

то искомая матрица  $B$  определяется из соотношения

$$B = CA^{-1}. \quad (8)$$

Представленный алгоритм определения матрицы преобразования реализован в пакете прикладных программ Matlab. Он позволяет кроме окончательного результата расчетов получать также промежуточные результаты. Для нас значительный интерес представляют корреляционные матрицы  $\Phi_U$  и  $\Phi_V$ , и диагональные матрицы, полученные из корреляционных. В главной диагонали таких матриц стоят коэффициенты интенсивности вклада исследованных показателей в общее функциональное состояние испытуемого.

### Результаты и их обсуждение

Из предварительных расчетов и анализа диагональных матриц было установлено, что коэффициенты интенсивности вклада в функциональное состояние оператора остроты зрения низкие (меньше единицы), что указывает на их незначительное влияние.

С другой стороны, значительный вклад вносят показатели, определяемые с помощью теста ТРАНС.

В качестве иллюстрации использования корреляционного метода в табл. 1 представлены коэффициенты интенсивности вклада исследованных показателей в функциональное состояние оператора до и после зрительного труда с двумя видами визуальной нагрузки – текстов, реализованных на ПК и на бумажном носителе.

Анализируя цифры, представленные в табл. 1, можно оценить вклад каких показателей в функциональное состояние оператора изменяется под действием каждого из видов визуальной нагрузки и в какой степени.

Из табл. 1 видно, что коэффициенты интенсивности вклада резервов аккомодации ( $P_a$ ) под влиянием представленных видов нагрузки изменяются не существенно.

Это говорит о том, что предъявляемые виды нагрузки не оказывают существенного влияния на эти параметры.

Таблица 1

Коэффициенты интенсивности вклада показателей в общее функциональное состояние испытуемых до и после зрительного труда

Вид нагрузки	Условия регистрации	Показатели												
		$P_a$		Бт		Бтк	Т	Р	А	Н	С	КЧСМ		
		OD	OS	OD	OS							з	к	ж
Текст на ПК	До работы	3,2	3,4	1,9	1,5	1,4	28,9	40,2	37,9	32,4	34,4	5,2	5,1	5,4
	После работы	3,3	3,5	1,7	2,0	1,5	30,3	37,6	36,1	36,4	33,4	5,6	5,7	6,0
Текст на бумаге	До работы	2,5	2,7	1,9	2,4	1,9	29,9	26,7	28,2	30,6	34,1	5,4	6,6	4,8
	После работы	2,8	2,7	1,8	1,9	1,4	27,7	31,4	33,5	31,7	30,9	3,6	4,7	3,9

Изменение коэффициентов интенсивности остальных показателей позволяет проанализировать влияние различных видов нагрузки на человека.

Так результаты, полученные при предъявлении текста на ПК, указывают на рост интенсивности вклада показателя Бтк, тревожности (Т) и настроения (Н), параметров КЧСМ всех цветов. С другой стороны, можно отметить снижение интенсивности вклада работоспособности (Р), активности (А) и самочувствия (С). В свою очередь, предъявление испытуемым текста на бумаге влечет за собой снижение интенсивности вклада в функциональное состояние таких показателей, как Бт, Бтк, Т, С и всех показателей КЧСМ. С другой стороны, зрительный труд с бумажным носителем приводит к росту интенсивности вклада показателей Р, А и С. Сравнивая полученные результаты, можно утверждать, что из

текст, реализованный на ПК, оказывает более выраженное негативное влияние на функциональное состояние человека, чем текст на бумаге.

Кроме того, в результате использования корреляционного метода нами были получены матрицы преобразования  $B$  для разных видов визуальной нагрузки. Коэффициенты строк и столбцов этих матриц указывают на величину изменения исследованных параметров функционального состояния человека. Знание матрицы преобразования  $B$  для заданного вида визуальной нагрузки позволяет прогнозировать ее влияние на конечное функциональное состояние оператора по его исходному состоянию.

Таким образом, данный подход был использован для оценки интенсивности вклада каждого из исследованных показателей функционального со-

стояния человека до и после выполнения зрительных задач, реализованных на электронном (ПК) и бумажном носителе. Расчеты при различной комбинации учитываемых в модели показателей позволили выявить наиболее информативные из них.

Перспективность разработанной модели состоит в том, что, используя предложенный подход, можно сравнивать влияние разных видов нагрузки на любые функциональные показатели организма, что дает значительные возможности для исследований в области эргономики, физиологии и гигиены труда.

### Выводы

1. Разработанный методический подход позволяет выявить наиболее информативные показатели, позволяющие оценить влияние разных видов визуальной нагрузки на функциональное состояние операторов зрительного профиля.

2. Знание матрицы преобразования В позволяет прогнозировать результаты влияния визуальной нагрузки на оператора по его исходному состоянию, что дает возможность разрабатывать индивидуальные режимы труда и отдыха, оценивать качество визуальной нагрузки, проводить профессиональный отбор на операторские специальности.

3. Представленную математическую модель можно считать универсальной, так как она позволяет использовать различные комбинации показателей функционального состояния организма, причем их количество ограничено только размерами исследуемой матрицы входных данных.

### Список литературы

1. Казарян Э.Э. Влияние компьютеров на соматическое здоровье и орган зрения пользователей / Э.Э. Казарян, В.Р. Мамиконян // *Рефракционная хирургия и офтальмология*. – 2003. – Т. 3, № 1. – С. 77-81.
2. Кочина М.Л. Зрительный анализатор как элемент системы человек–машина / М.Л. Кочина // *Гигиена населенных мест*. – К., 2004. – Вып. 44. – С. 276-279.

3. Румянцева А.Г. Исследование индивидуальных особенностей психофизиологической адаптации операторов к выполнению монотонной деятельности / А.Г. Румянцева // *Психофизиологические исследования функционального состояния человека-оператора*. Сборник научных трудов. – М.: Наука, 1993. – 109 с.

4. Сайковская Л.Ф. Результаты исследования частотных характеристик зрительной системы с использованием автоматизированного прибора / Л.Ф. Сайковская // *Бионика интеллекта*. – 2008. – №2(69). – С. 173-176.

5. Новая информационная технология анализа эргатических систем / И.А. Замятин, С.В. Каратаев, А.И. Купрюхин, О.С. Черканов // *Новосибирский государственный технический университет*. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [www.nsu.ru/archive/conf/nit/97/c4/node7.html](http://www.nsu.ru/archive/conf/nit/97/c4/node7.html)

6. *Психофизиология оператора в системе «человек-машина»* / К.А. Иванов-Муромский, О.Н. Лукьянова, В.А. Черноморец и др. – К.: Наук. думка, 1980. – 344 с.

7. Кочина М.Л. Автоматизированный комплекс для диагностики функционального состояния пользователей ПК / М.Л. Кочина, Л.Ф. Сайковская // *Радиотехника: Всеукр. Межведнаучн.-техн. сб.* – 2006. – № 146. – С. 49-54.

8. *Справочник по офтальмологии*. – М.: Медицина, 1978. – 381 с.

9. Коробчанський В.О. Гігієнічна психодіагностика донозологічних станів у підлітковому та юнацькому віці: Посібник для докторантів, аспірантів, пошукачів та лікарів / В.О. Коробчанський. – Х.: Контраст, 2005. – 192 с.

10. Ковтун М.И. Офтальмофизиологическая характеристика операторского труда / М.И. Ковтун // *Гигиена населенных мест*. – 2002. – Вып. 39. – С. 187-190.

11. Мирский Г.Я. Характеристики стохастической взаимосвязи и их измерения / Г.Я. Мирский. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.

12. Виленкин С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций / С.Я. Виленкин. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.

Поступила в редколлегию 28.08.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.И. Чумаков, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ КОРРЕЛЯЦІЙНОГО МЕТОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА

Л.Ф. Сайківська

В роботі представлена модель оператора зорового профілю. Вона дає можливість прогнозувати вплив візуального навантаження різного виду на функціональний стан людини. Також показана можливість використання кореляційного методу для виявлення найбільш інформативних показників, які визначають функціональний стан людини при різних видах візуального навантаження.

**Ключові слова:** моделювання стану людини, модель оператора зорового профілю, кореляційний метод, функціональний стан людини.

### RESULTS OF A CORRELATION METHOD USING FOR MODELLING OF THE HUMAN CONDITION

L.F. Sajkovskaya

In the work, we introduce the model of visual type operator. It let us to determine the influence of visual load of different view to functional human condition also it show us how we can use the correlation method to define the most informative induced that describe functional human condition with different view of visual load.

**Keywords:** design of the state of man, a model of operator of visual type, a correlation method, functional state of man.