

13. Якубовська О.М. Самостійна робота у контексті особисто-орієнтованого навчання / О.М. Якубовська // Організація самостійної роботи слухачів в умовах інформаційного суспільства: матеріали наук.-метод. конф. 14 груд. 2001 р. – О.: ОРІДУ УАДУ, 2002. – С. 211-212.

**Некислых Е.М., Баталова А.Б. Особенности организации самостоятельной работы иностранных студентов при изучении математики на подготовительном отделении**

*Рассматриваются особенности организации самостоятельной работы иностранных студентов при изучении математики во время довузовской подготовки, учитывая современные требования и условия обучения, методы ее эффективной организации.*

**Ключевые слова:** самостоятельная работа, математика, иностранные студенты, подготовительное отделение.

**Nekislykh K. M., Batalova A.B. Features of independent work of foreign students in the study of mathematics at the preparatory department**

*The main objective of higher education is not only to provide students with the necessary number of fundamental and professional knowledge, but also teach future specialist independently and creatively solve any real practical, professional, innovative challenges and tasks; educate highly active personality, able to self-education and self-development, able to constantly improve their skills. Modern person must always be ready to formulate the problem, analyze the ways of its solution, to find the best result and prove its correctness. This task is not always possible only through knowledge transfer in finished form from teacher to student in connection with the need to transfer students from "passive consumer" knowledge "active."*

*The requirements of modern society to the professional training of students and the current conditions of the process of education requires the creation of new pedagogical approaches to teaching and learning, the development of methods and forms of education that can ensure obtaining the necessary knowledge to student depending on his individual abilities and needs and aimed at expanding sphere of independent activity of students, which forms the skills of self-organization and self-education.*

*The educational process in higher education today must not only give students professional knowledge, but also teach them to work independently. In this regard it should be noted that the deliberate, controlled, intense independent work of students is not a minor but important form of educational process. Because it is self-forming specialist high skills.*

*Despite the significant amount of research devoted to independent work of students, the problem of independent work of foreign students in the pre-university training, particularly in the study of mathematics, is underdeveloped and needs further investigation.*

*Our goal is to study the problem of independent work of foreign students in the pre-university training in the study of mathematics and identify effective methods of organization, given the current demands on the quality of knowledge and professional competence.*

**Key words:** independent work, mathematics, foreign students, the preparatory department.

Дата надходження до редакції: 14.03.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.

УДК 81.95.53

**ОЦЕНКА РИСКОВ НАРУШЕНИЙ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ НОРМ  
В ПОЛИЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ТЕЛЕОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ОЧЕРЕДЯМИ**

**А. С. Криводуб**, аспирант

**Е. А. Лавров**, д-р техн. наук, профессор

Сумський державний університет

*Проанализированы проблемы обеспечения эргономического качества полиэргатических систем телеобработки данных. Обоснована необходимость учета эргономических ограничений таких, как коэффициент очереди, коэффициент загрузки оператора, средняя длина очереди. Показано, что в случае нескольких источников заявок с разными характеристиками времени поступления их в систему на отдельных временных интервалах возможны существенные превышения нормативных значений эргономических норм и требований. Предложено для каждого временного интервала оценивать соответствующую случайную величину, характеризующую конкретный эргономический показатель, и оценивать вероятность того, что данная случайная величина не будет превосходить некоторое случайное значение. Разработана технология имитационного моделирования процесса выполнения заявок, поступающих от нескольких источников, обеспечивающая оценивание эргономических параметров производственного процесса.*

**Ключевые слова:** эргономика, полиэргатическая система, контакт-центр, человек-оператор, очередь, загруженность, система массового обслуживания.

## 1. Введение.

Информационное общество коренным образом изменило характер работы людей и процессы их взаимодействия между собой, орудиями и предметом труда, а также внешней средой. Широкое внедрение распределенных компьютерных систем и дистанционного управления оборудованием вызвали появление в корне новых операторских профессий, связанных с так называемой удаленной работой (иными словами – «телеобработкой» данных)[1]. Для решения разноплановых задач обработки заявок, в том числе по управлению инцидентами безопасности [2], выполнению поиска информации и расчетов по заявкам организаций и отдельных пользователей [1] создаются так называемые CALL-центры, контакт-центры. К сожалению, работа операторов в таких центрах связана с высокой напряженностью и стрессами [1]. Наличие многих факторов, влияющих на оператора, приводит к аварийным ситуациям, простоям оборудования, психическим заболеваниям [3]. Несмотря на большое количество таких проблем, системы телеобработки данных, к сожалению, как правило, не ориентированы на необходимость широкого внедрения методов обеспечения эргономического качества.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы.

Вопросам разработки эргономических мероприятий на рабочих местах (РМ) операторов контакт-центра посвящено большое количество исследований. Вопросы стресса рассмотрены в [4], определению количества работающих операторов посвящены работы [5, 6], влияние квалификации и специализации исследовано в работе [4]. При этом основной вопрос, который возникает, определить численность персонала таким образом, чтобы обеспечить максимальную безошибочность и своевременность обработки информации и выполнить эргономические нормы и требования. К таким требованиям относят коэффициент загруженности оператора, коэффициент очереди, среднюю длину очереди.

Решению такой задачи посвящены работы [7, 8]. Существенным ограничением предложенных в [7, 8] моделей является то, что они ориентированы на ситуацию, когда все операторы заняты обработкой заявок, поступающих от одного источника или от нескольких источников, но с равномерным характером поступления заявок.

В реальных системах ИТ-аутсорсинга, например, PortaOne [9], Global Bilgi [10], операторы обрабатывают заявки от источников, находящихся в разных странах и в разных часовых поясах. При этом интенсивность поступления заявок от разных источников может быть различной в разные периоды времени.

В работе [11] указано на то, что даже если в среднем за смену показатели деятельности оператора находятся в норме, то на отдельных временных интервалах они могут существенно превышать нормативное значение и предложено вместо средних показателей за смену ввести ряд показателей, характеризующих параметры производственного процесса для операторов на каждом из временных интервалов.

$$P\{z_j(t_i) \leq z_j^0\} > \alpha_j \quad \forall i=\overline{1, n} \quad (1)$$

$z_j(t_i)$  – случайное значение показателя, характеризующего  $j$ -й эргономический показатель в период времени  $t_i$  ( $j = \overline{1, 3}, i = \overline{1, n}$ );

$i$  – номер временного интервала (в течение смены), на практике часто используют  $n=4, 8, 16$ ;

$j$  – номер эргономического показателя, характеризующего производственный процесс,  $j = \overline{1, 3}$ ;

$z_1$  – показатель загруженности оператора;

$z_2$  – показатель коэффициента очереди;

$z_3$  – показатель средней длины очереди;

$z_1^0$  – максимальное значение коэффициента загруженности оператора (как правило,  $z_1^0=0.75$ );

$z_2^0$  – максимальное значение коэффициента очереди (как правило,  $z_2^0=0.4$ );

$z_3^0$  – максимальное значение средней длины очереди (как правило,  $z_3^0=3$ );

$\alpha_j$  – минимально допустимая вероятность того, что  $z_j(t_i) \leq z_j^0$  (для всех  $t_i$ ).

Таким образом, проблема состоит в том, чтобы определить параметры системы таким образом, чтобы для каждого временного интервала выполнялись указанные ограничения (1).

## 3. Постановка задачи.

Задано количество операторов, количество источников заявок, характеристики потока заявок от каждого источника, характеристики случайной величины времени выполнения заявок. Время и безошибочность выполнения отдельных заявок формируется путем соответствующих расчетов с использованием специальной модели, описывающей алгоритм деятельности человека-оператора методом функциональных сетей Губинского А.И. [12]. Необходимо для каждого временного интервала проверить выполнение ограничений (1).

Таким образом, если обеспечена возможность оценивания параметров производственного процесса, то можно подобрать параметры системы таким образом, чтобы обеспечить выполнение требуемых ограничений.

## 4. Результаты. Имитационная модель полиэргатической системы.

### 4.1. Принципы моделирования. Ограничения и допущения.

Основой подхода являются принципы:

1. Использование функционально-структурной теории эрготехнических систем (ФСТ ЭТС) профессора А.И. Губинского для описания и оценивания (вероятность безошибочного выполнения, математическое ожидание и дисперсия времени выполнения) алгоритмов деятельности (АД) операторов по выполнению заявок [12];

2. Формирование исходных данных для оценивания АД на основе статистических баз данных предприятия или специальных эргономических баз данных с учетом комплекса всех влияющих факторов (условия труда, подготовленность оператора, параметры информационной модели и т.п.);

3. Формирование параметров обслуживающих приборов, в качестве которых выступают люди-операторы, на основе оценок, полученных с использованием (ФСТ ЭТС) [12];

4. Комплексование теории систем массового обслуживания (СМО) и ФСТ ЭТС;

5. Вычисление оценок рисков несоблюдения эргономических норм осуществляется посредством оценивания вероятности превышения случайной величиной соответствующего показателя

величины нормы (для каждого временного интервала деятельности оператора, при этом количество интервалов задается эргономистом или специалистом по охране труда).

Считаем что:

- все операторы имеют одинаковые параметры;
- все заявки однотипные;
- поток входящих заявок с пуассоновским распределением;
- дисциплина обслуживания заявок -FIFO;
- приоритеты заявок не устанавливаются.

Демонстрацию возможностей метода и соответствующие расчеты будем проводить в среде Simulink+Matlab.

#### 4.2. Разработка подсистемы источника заявок.

С целью обеспечения наглядности построение модели будем рассматривать на конкретном упрощенном демонстрационном примере. Пусть имеется три источника заявок, поступающих на обработку в полиэргатическую систему. Возможные характеристики этих источников приведены в табл.1.

Таблица 1. Характеристики источников заявок

Источники заявок	Период работы источника, мин	Интервал между поступлением заявок	
		Математ.ожидание, мин	Дисперсия, мин <sup>2</sup>
Источник 1	0-170	2,7	0,1
Источник 2	0-480	105	15
Источник 3	305-480	12	1

Таким образом, подсистема источника заявок должна содержать три генератора заявок с разными параметрами поступления заявок, при этом в процессе моделирования требуется осуществлять контроль текущего времени работы системы и в случае необходимости - "блокировать" тот или иной источник заявок (блоки Digital Clock иSwitch библиотеки Simulink). Вариант та-

кой схемы подсистемы источника заявок показан на рисунке 1.

За время моделирования подсистемой источника заявок было сгенерировано 84 заявки на обслуживание. Результаты моделирования процессопоступления заявок в течении смены от различных источников в систему показаны на рисунках 2-4.

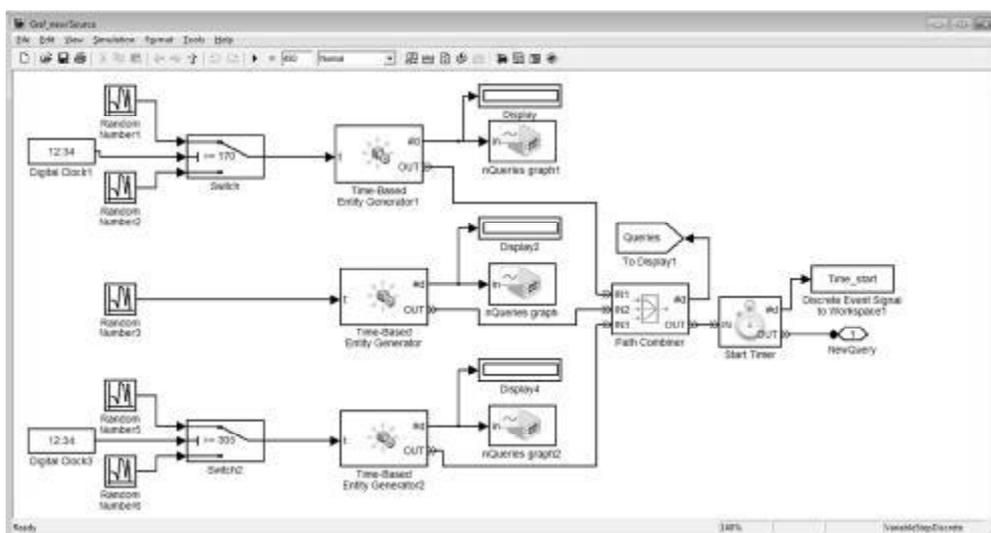


Рисунок 1. Схема подсистемы источника заявок

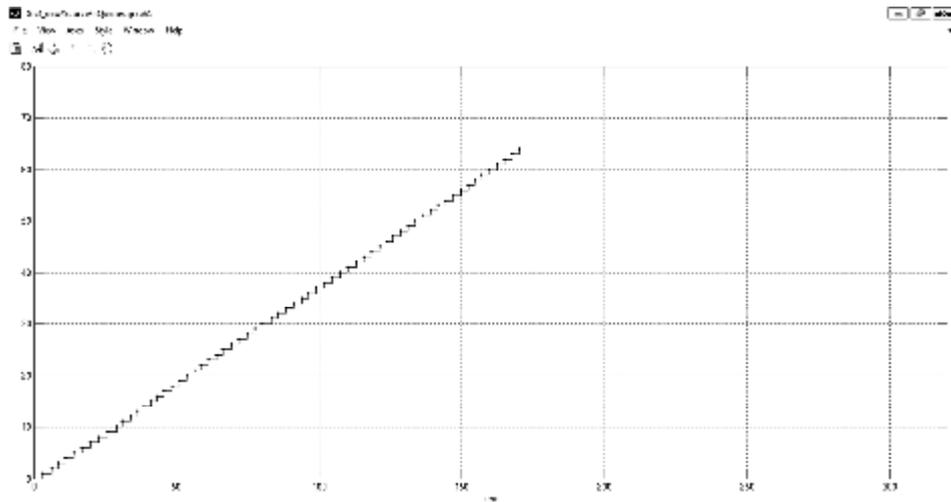


Рисунок 2. График поступления заявок из Источника 1

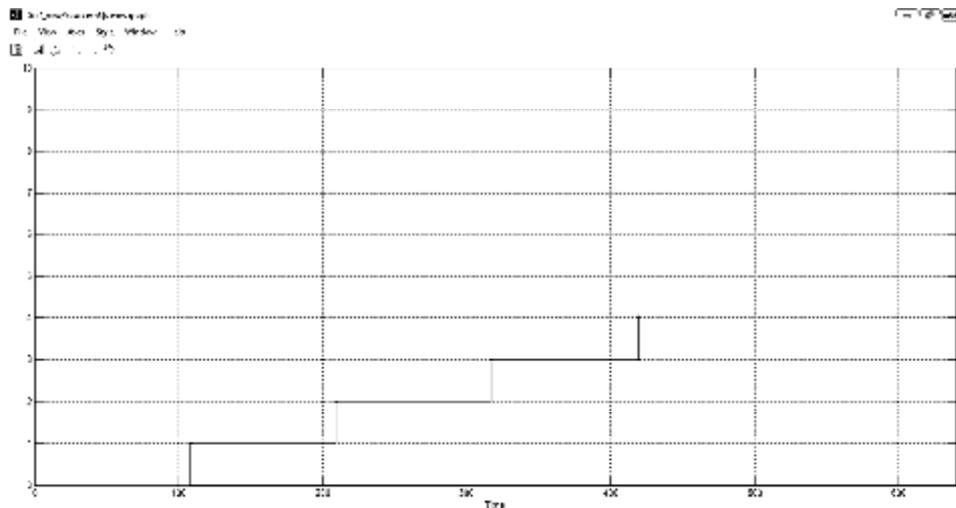


Рисунок 3. График поступления заявок из Источника 2

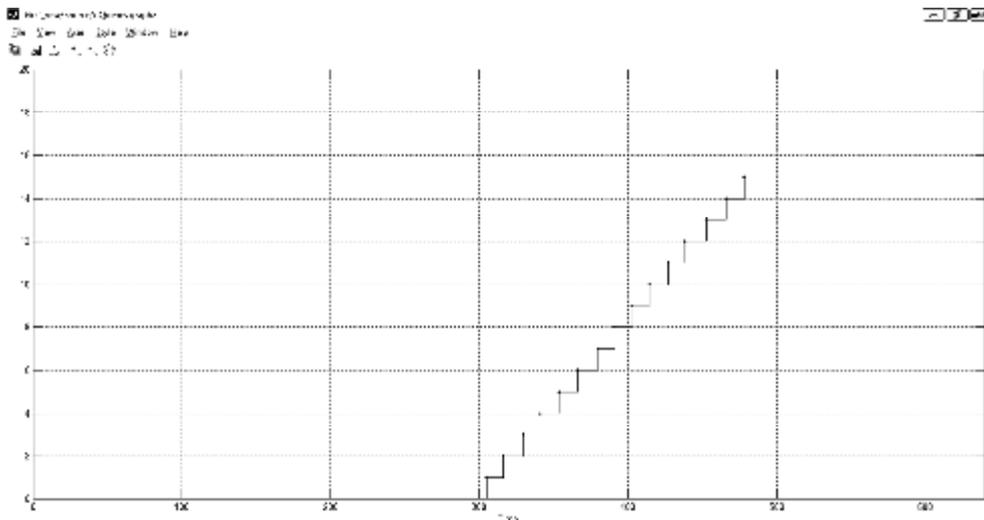


Рисунок 4. График поступления заявок из Источника 3

#### 4.3. Подсистемы канала обслуживания и приемника заявок.

Подсистемы разработаны нами ранее для случая одного источника заявок, описаны в [13] и могут быть использованы без изменений.

#### 4.4. Подсистема анализа и вывода ре-

#### зультатов.

Подсистема построена по принципам [14] и обеспечивает получение всей необходимой, задаваемой ограничениями типа (1), информацией для эргономиста-проектировщика.

Расчеты проводятся по следующей техно-

логии. Для каждого временного интервала оценить:

- параметры случайной величины соответствующего эргономического показателя (математическое ожидание и дисперсия);
- риск несоблюдения эргономической нормы (как вероятность того, что соответствующая случайная величина будет превосходить заданное значение).

При этом обеспечивается возможность гибкого задания параметров:  $n$ ,  $z_j^0$  ( $j = \overline{1,3}$ ),  $\alpha_j$  ( $j = \overline{1,3}$ ) и др.

Некоторые из возможных зависимостей, полезных эргономисту-практику, приведены на рисунках 5-6. Условия, для которых получены результаты: математическое ожидание времени обслуживания одной заявки равно 15 мин, дисперсия времени обслуживания заявки равна 1 мин<sup>2</sup>, характеристики потока заявок – см. табл. 1.

При этом видно, что при разном количестве операторов, назначенных на смену, значение напряженности производственного процесса может существенно изменяться.

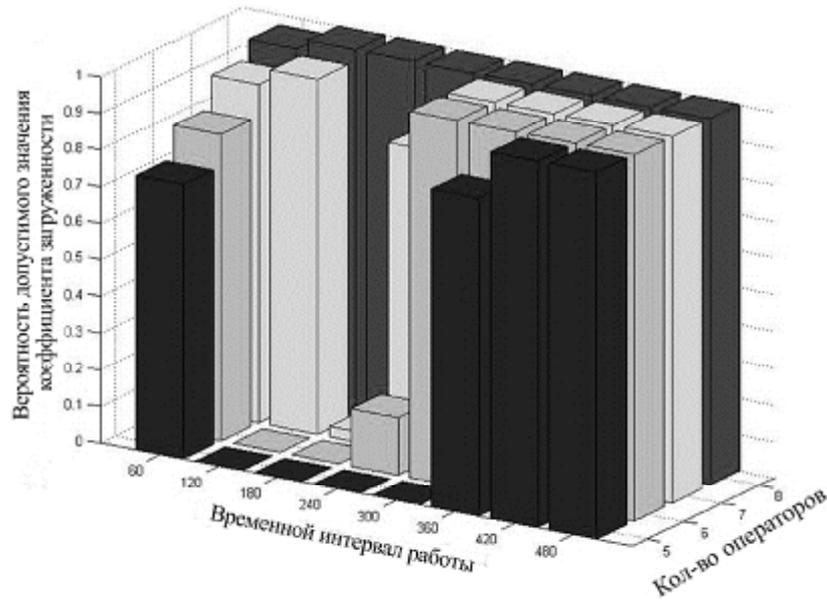


Рисунок 5. Пример графика зависимости риска для показателя «коэффициент загрузки»  $P\{z_1(t_i) \leq z_1^0\}$ ,  $z_1^0 = 0.75$ ,  $i = \overline{1,8}$

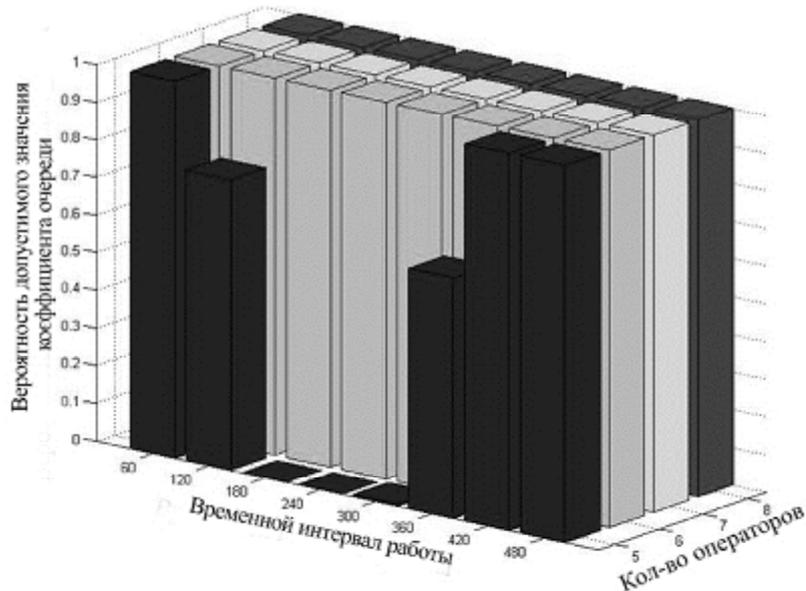


Рисунок 6. Пример графика зависимости риска для показателя «коэффициент очереди»  $P\{z_2(t_i) \leq z_2^0\}$ ,  $z_2^0 = 0.4$ ,  $i = \overline{1,8}$

Аналогичные графики для анализа влияния количества операторов смены, на соблюдение эргономических норм и требований могут быть

получены и для других показателей, которые здесь не приводятся в связи с ограничением на объем материала.

## 5. Выводы.

В системах эргономических исследований недостаточно характеризовать деятельность операторов средними показателями, поскольку в случае разнородных источников на отдельных временных интервалах возможно существование превышения нормативных значений.

Обеспечение эргономических норм и требований возможно через:

1. определение для каждого временного интервала случайной величины, характеризующей коэффициент загруженности человека-оператора, коэффициент очереди, значение

средней длины очереди;

2. расчет для этих случайных величин соответствующих вероятностей, которые характеризуют степень соответствия нормативному значению.

**Направления дальнейших исследований.** В данной работе не учтены плановые перемены и возможность гибкого манипулирования количеством операторов в течении смены, а также – индивидуальные характеристики операторов системы телеобработки данных. На наш взгляд, это должно стать предметом дальнейших исследований.

### **Список использованной литературы:**

1. Bentley, T.A., Teo, S.T.T., McLeod, L., Tana, F., Bosua, R., Gloet, M. The role of organisational support in teleworker wellbeing: A socio-technical systems approach [Text] / T.A. Bentley, S.T.T. Teo, L. McLeod, F. Tana, R. Bosua, M. Gloet // Applied Ergonomics. – 2016. – № 52. – P. 207–215.
2. Lavrov E.A., Krivodub A.S., Pasko N.B. Functional analysis and formalization for problems of ergonomic quality assurance in systems of it-service management // International Scientific Conference «UNITECH 2015», (Gabrovo, Bulgaria, 20–21 November 2015). – Gabrovo : University Publishing House «V. APRILOV», 2015. – Vol. 1. – P. 159–165.
3. Wang, Y., Zheng, L., Hiu, T., Zheng, Q. Stress, burnout and job satisfaction: case of police force in China [Text] / Y. Wang, L. Zheng, T. Hiu // Public Pers. Manag. – 2014. – № 43. – P. 325–339.
4. Куваева, И.О. Профессиональный стресс у операторов контакт-центров // Известия Уральского государственного университета. Сер. 1. Проблемы образования, науки и культуры. 2010. № 4 (81). С. 88–94.
5. Беляев В. Р., Зарубин А. А., Формирование организационно-штатной структуры круглосуточного медицинского диспетчерского пульта страховой компании на основании интенсивности входящего информационного потока // Вестник СПбГУ. – 2010. – № 11 (3). – С. 213 – 217.
6. Беляев В. Р., Зарубин А. А. Вероятностно-временные характеристики операторской подсистемы центра обслуживания вызовов с приоритетным исполнением запросов и исследование их значимости для работы сотрудников сложного операторского профиля // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2011. – № 3. – С. 38–41.
7. Лавров Е.А., Криводуб А.С., Рыбка А.В. Базовая модель для системы обеспечения эргономического качества технологий управления ИТ-ресурсами // Сучасні інформаційні системи і технології AIST 2014, Суми. Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції – Суми: –«Мрія-1», 2014. – С. 38–40.
8. Лавров Е.А., Криводуб А.С. Модель расчета количества операторов на смену в системе обработки информации // Сучасні інформаційні системи і технології AIST 2014, Суми. Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції – Суми: –«Мрія-1», 2014. – С. 42.
9. <http://portaone.com/>
10. <http://globalbilgi.com.ua/>
11. Криводуб А.С., Лавров Е.А. Обоснование ограничений по вероятности в задачах эргономической оптимизации контакт-центра // тезисы допов. III міжнар. наук.- практ. конф. «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні '2015», 25–25 червня 2015 р., НУБіП України, Київ. – К.: Інтерсервіс, 2015. – С. 100–101.
12. Лавров Е.А., Криводуб А.С. Подход к оценке вариантов деятельности операторов технической поддержки информационных сервисов телекоммуникационных систем // Доклады БГУИР. – 2015. – № 2 (88). – С. 123–126.
13. Лавров Е.А., Криводуб А.С., Сусик А.А. Подход к имитационному моделированию в задачах эргономического обеспечения управления инцидентами // Доклады БГУИР. – 2015. – № 2 (88). – С. 119–122.
14. Криводуб А.С., Лавров Е.А. Подсистема визуального анализа для поиска эргономических резервов контакт-центра // Информатика, Математика, Автоматика 2015, Суми. Матеріали науково-технічної конференції – Суми: СумДУ. – 2015. – С. 136–137.

***Криводуб А.С., Лавров Е.А. Оцінка ризиків порушення ергономічних норм в полієргатичних системах телеобработки даних з чергами***

*Проаналізовано проблеми забезпечення ергономічної якості полієргатичних систем телеоб-*

робки даних. Обґрунтовано необхідність врахування ергономічних обмежень таких, як коефіцієнт черги, коефіцієнт завантаженості оператора, середня довжина черги. Показано, що в разі декількох джерел заявок з різними характеристиками часу надходження їх в систему на окремих часових інтервалах можливі суттєві перевищення нормативних значень ергономічних норм і вимог. Запропоновано для кожного часового інтервалу оцінювати відповідну випадкову величину, що характеризує конкретний ергономічний показник, і оцінювати ймовірність того, що дана випадкова величина не буде перевершувати деяке випадкове значення. Розроблено технологію імітаційного моделювання процесу виконання заявок, що надходять від декількох джерел, яка забезпечує оцінювання ергономічних параметрів виробничого процесу.

**Ключові слова:** ергономіка, поліергати́чна система, контакт-центр, людина-оператор, черга, завантаженість, система масового обслуговування.

### **Krivodub Anna, Lavrov Evgeniy. The assessment of the risks of ergonomic standards violations in polyergatic systems of data teleprocessing with queues**

Analyzed problems of providing ergonomic quality polyergatic systems teleprocessing of data. Substantiates the necessity of taking into account ergonomic constraints such as the ratio of the queue, utilization of the operator, the average queue length. It is shown that in the case of several sources of applications with different characteristics time their arrivals to the system during different time intervals, there can be significant exceedances of the regulatory values of the ergonomic standards and demands.

Proposed for each time interval to estimate the corresponding random variable describing specific ergonomic figure and to assess the probability that this random variable will not exceed some random value.

The developed technology of simulation of the process of applications execution that come from multiple sources, provides the estimation of the ergonomic parameters of the production process.

**Keywords:** ergonomics, polyergatic system, contact center, man-operator, queue, workload, queuing system.

Дата надходження до редакції: 10.02.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Подригало М.А.

УДК 517.91

## **ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РЕАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ**

**А. Б. Баталова**, ст. викладач

**К. М. Некислих**, к.ф.-м.н., доцент

Сумський національний аграрний університет

В статті проаналізовані основні математичні моделі, які основані на диференціальних рівняннях, що використовуються для математичного опису природних явищ та фізичних процесів.

Такі, як модель природного росту Т. Мальтуса, модель закону росту в умовах ненасиченості Дж. Кьютелет та Ферхюльста, рівняння Дж. Коулмена для соціальних груп, модель «хижак-жертва» Лотки – Вольтерри, другий закон І. Ньютона та інші.

**Ключові слова:** диференціальні рівняння, математична модель, природні явища, закон росту, фізичні процеси.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Диференціальні рівняння дуже часто використовують в математичних моделях, які описують природні явища та фізичні процеси.

Такі, наприклад, як модель природного росту, модель закону росту в умовах ненасиченості, рівняння для соціальних груп, модель «хижак-жертва» та інші.

Моделі фізичних процесів: другий закон Ньютона, поперечні коливання струни, поздовжні коливання стрижня, електричні коливання у дроті, крутильні коливання валу, коливання газу, тощо.

Одним із засновників математичного моделювання був Т. Мальтус, який вивів закон росту популяцій. Він працював в кінці 18-го століття.

Закон Т. Мальтуса визначає експоненціальний ріст населення і має сенс тільки протягом обмеженого періоду часу [1].

Математичні моделі Ферх'юльста і Дж. Коулмена описують стабілізацію популяції за рахунок внутрішньої конкуренції, яка дуже часто спостерігається в природі [2-3].

Модель А. Лотки і В.Вольтерра є наступним великим кроком математичного моделювання у минулому сторіччі. Вона описує взаємодію двох або більше популяцій тварин [4-5].

У 1687 р. І. Ньютон у своїх «Началах» сформулював всі основні закони механіки. Узагальнюючи численні дослідження, Ньютон встановив зв'язок між масою, прискоренням тіла та діючою на нього силою і вивів свій другий закон. [6]