

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№1 2022

Направления:

**05.13.01 – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**05.13.06 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
(технические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**05.13.18 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**05.13.19 – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

**Казань
2022**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №1 2022г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2022. – 108 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732)

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvprt.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № E12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

*С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;
В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.; М.В. Шулаев – д.т.н., проф.*

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

| | |
|--|----|
| <i>Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, А.Р. Фардеев</i> ОБ УСТОЙЧИВОСТИ В ЦЕЛОМ ОДНОГО КЛАССА СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ И СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ | 7 |
| <i>Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, А.Р. Фардеев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОСИСТЕМЫ С РЕГУЛЯТОРОМ РАСХОДА ЖИДКОСТИ | 11 |
| <i>А.В. Ганичева, А.В. Ганичев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ВАРИАЦИИ | 15 |
| <i>М.В. Емельянов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (СМИК) | 19 |
| <i>Ю.Г. Жеглова</i> СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НУЛЕВОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬСТВА | 23 |
| <i>А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова</i> СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ | 26 |
| <i>К.А. Иванова, М.В. Шкурин</i> МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ | 30 |
| <i>О.Н. Кузина</i> ДАТАЦЕНТРИЧНЫЙ ВИМ-СЦЕНАРИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРИЕМКИ РАБОТ ПО ОБЪЕКТУ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА | 35 |
| <i>Д.Н. Левин, К.А. Иванова, М.В. Шкурин</i> ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ НЕРЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ ДЕЙСТВИЙ ЛЕТНОГО ЭКИПАЖА | 42 |
| <i>К.А. Моисеева, Я.И. Шамлицкий, Н.В. Ковбаса, А.Ю. Ефимов</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ АЛГОРИТМОВ | 49 |
| <i>А.А. Смирнов, А.С. Долгов</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХОЛЬТА-УИНТЕРСА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЯВЛЕНИЯ СООБЩЕНИЙ НОВОСТНЫХ АГЕНТСТВ | 52 |
| <i>А.С. Строчкина, Н.Г. Андреев, В.В. Андреев</i> ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГАММА-ДЕФЕКТОСКОПИИ ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА ПЕРСОНАЛ | 56 |

05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

| | |
|---|----|
| <i>А.П. Буйносов, А.Т. Шаратов, А.А. Козлова</i> ПРИЧИНЫ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ | 60 |
| <i>А.Р. Фардеев, И.П. Талипова, Е.П. Барыльникова</i> ВЫВОД УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РОТОРА ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ ВЕТРОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ | 64 |
| <i>Т.А. Чуваткина, А.В. Агапов, Д.В. Камчатов, Е.Ю. Королев</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭФФЕКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАКТЕРИЦИДНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ | 68 |

05.13.11 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

- Т.Б. Волкова, В.И. Виноградов, А.С. Алексейчук* ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ И ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА» 71
- Т.А. Деменкова, А.О. Индришенюк* МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ И ПЕРЕНОСА НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА АППАРАТНУЮ ПЛАТФОРМУ FPGA 74

05.13.18 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

- Х.М. Гукетлов, О.М. Шогенов, М.Х. Машукова, И.З. Макушев* К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СВЕТОПРОПУСКАНИЯ ТОЧЕЧНОГО ЗЕНИТНОГО ФОНАРЯ ПРИ ЯСНОМ НЕБЕ 79
- А.М. Казиев, В.Х. Хуранов, И.А. Казиев, М.Х. Дадова, И.Ю. Кумышев* КОЛЕБАНИЯ МНОГОПРОЛЁТНОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БАЛКИ НА УПРУГИХ ОПОРАХ 85
- Н.А. Котков, И.В. Плохов, С.А. Федорченко* ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПУЛЬСАЦИЙ СИГНАЛОВ КАК ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛА СКОЛЬЗЯЩЕГО ТОКОСЪЁМА ТУРБОГЕНЕРАТОРА 89

05.13.19 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Г.А. Гареева, М.Р. Хамидуллин, Д.А. Ибрагимов, Л.Ф. Фазлуллин, Р. Артурззаман* РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА RSA 94
- В.В. Никулин, С.С. Попкова* РЕАЛИЗАЦИЯ ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ РАДИОМОДУЛЕЙ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO 97

АННОТАЦИИ 100

THE RELEASE MAINTENANCE

05.13.01 — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

| | |
|---|----|
| <i>F.D. Bairamov, B.F. Bairamov, A.R. Fardeev</i> ABOUT GLOBAL STABILITY OF ONE CLASS OF SYSTEMS WITH DISTRIBUTED AND LUMPED PARAMETERS | 7 |
| <i>F.D. Bairamov, B.F. Bairamov, A.R. Fardeev</i> RESEARCH OF FUNCTIONING OF HYDRAULIC SYSTEM WITH LIQUID FLOW REGULATOR | 11 |
| <i>A.V. Ganicheva, A.V. Ganichev</i> INVESTIGATION OF THE LINEAR COEFFICIENT OF VARIATION | 15 |
| <i>M.V. Emelianov</i> DETERMINATION OF THE RATIONAL COMPOSITION OF MEASURING EQUIPMENT STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM) SYSTEM | 19 |
| <i>Yu.G. Zheglava</i> DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE CHOICE OF ENCLOSING STRUCTURES FOR THE ZERO CONSTRUCTION CYCLE | 23 |
| <i>A.G. Zhornyyak, T.A. Morozova</i> THE SPECIFICS OF USING THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE TO SOLVE PROBLEMS OF INFORMATION ANALYSIS AND PROCESSING | 26 |
| <i>K.A. Ivanova, M.V. Shkurin</i> METHODS FOR ASSESSING THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF CIVIL AVIATION PILOTS AS PART OF THE CONTINUOUS MONITORING SYSTEM | 30 |
| <i>O.N. Kuzina</i> DATA-CENTRIC BIM-SCENARIO OF EXECUTIVE MODELING AND ACCEPTANCE OF WORK ON A CAPITAL CONSTRUCTION PROJECT | 35 |
| <i>D.N. Levin, K.A. Ivanova, M.V. Shkurin</i> METHODS FOR ASSESSING THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF CIVIL AVIATION PILOTS AS PART OF THE CONTINUOUS MONITORING SYSTEM | 42 |
| <i>K.A. Moiseeva, Ya.I. Shamlitsky, N.V. Kovbasa, A.Yu. Efimov</i> OPTIMIZATION OF TRAFFIC FLOWS BASED ON LEARNING ALGORITHMS | 49 |
| <i>A.A. Smirnov, A.S. Dolgov</i> APPLICATION OF THE HOLT-WINTERS METHOD FOR PREDICTING THE APPEARANCE OF MESSAGES NEWS AGENCIES | 52 |
| <i>A.S. Strokina, N.G. Andreev, V.V. Andreev</i> OPTIMIZATION OF THE TRANSPORT CONTAINER DESIGN DURING GAMMA-FLAW DETECTION OF EQUIPMENT, TAKING INTO ACCOUNT THE DOSE LOADS ON PERSONNEL | 56 |

05.13.06 — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

| | |
|--|----|
| <i>A.P. Buinosov, A.T. Sharapov, A.A. Kozlova</i> REASONS OF INTENSIVE WEAR OF LOCOMOTIVE WHEEL BANDAGES | 60 |
| <i>A.R. Fardeev, I.P. Talipova, E.P. Baryl'nikova</i> DERIVATION OF EQUATION OF MOTION OF WIND TURBINE ROTOR FOR WIND-PUMPING UNIT | 64 |
| <i>T.A. Chuvatkina, A.V. Agapov, D.V. Kamchatov, E.Y. Korolev</i> AUTOMATION OF THE MEASUREMENT PROCESS ENERGY AND EFFICIENCY CHARACTERISTICS BACTERICIDAL IRRADIATORS | 68 |

05.13.11 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

| | |
|--|----|
| <i>T.B. Volkova, V.I. Vinogradov, A.S. Alekseychuk</i> USING SPECIALIZED SOFTWARE AND WEB SERVICES FOR THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF STUDENTS IN THE SPECIALTY "APPLIED MATHEMATICS" | 71 |
|--|----|

T.A. Demenkova, A.O. Indrishenok TECHNIQUE FOR CREATING AND TRANSFERRING A NEURAL NETWORK ON THE HARDWARE FPGA PLATFORM 74

05.13.18 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

Kh.M. Guketlov, O.M. Shogenov, M.Kh. Mashukova, I.Z. Makushev TO THE QUESTION OF DETERMINING THE TRANSMISSION COEFFICIENT OF A POINT ROOM LAMP WITH A CLEAR SKY 79

A.M. Kaziev, V.H. Khuranov, I.A. Kaziev, M.H. Dadova, I.Y. Kumyshev VIBRATIONS OF A MULTI-SPAN MODIFIED BEAM ON ELASTIC SUPPORTS 85

N.A. Kotkov, I.V. Plokhov, S.A. Fedorchenko INTEGRAL PERFORMANCE INDEXES OF CURRENT DISTRIBUTION AND SIGNAL PULSATION COEFFICIENTS AS ENGINEERING STATUS CHARACTERISTICS OF SLIDING ELECTRICAL CONTACT UNIT OF THE TURBOGENERATOR 89

05.13.19 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY, INFORMATION SECURITY

G.A. Gareeva, M.R. Khamidullin, D.A. Ibragimov, L.F. Fazlullin, R. Arturzzaman DEVELOPMENT OF THE RSA CRYPTOGRAPHIC ALGORITHM PROGRAM 94

V.V. Nikulin, S.S. Popkova IMPLEMENTATION OF A SECURITY SYSTEM BASED ON RADIO MODULES ON THE ARDUINO PLATFORM 97

ABSTRACTS 100

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (05.13.01)

05.13.01

¹Ф.Д. Байрамов д-р техн. наук, ²Б.Ф. Байрамов канд. физ.-мат. наук,
³А.Р. Фардеев канд. техн. наук

Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
кафедра механики и конструирования,
Набережные Челны, fbairamovd@gmail.com, bbairamov@gmail.com, albert.fardeev@mail.ru

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ В ЦЕЛОМ ОДНОГО КЛАССА СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ И СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Методом функций Ляпунова решается задача устойчивости в целом систем с распределёнными и сосредоточенными параметрами, описываемых линейными дифференциальными уравнениями в частных и обыкновенных производных. При этом исходные уравнения высокого порядка путём введения дополнительных переменных представляются системой уравнений первого порядка. Получены условия асимптотической устойчивости в целом.

Ключевые слова: системы с распределёнными и сосредоточенными параметрами, устойчивость в целом, метод функций Ляпунова, квадратичные формы.

Постановка задачи. Рассмотрим систему с одним распределённым и другими конечномерными звеньями, возмущённое состояние которой описывается уравнениями

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = A(x) \frac{\partial \varphi}{\partial x} + A_0(x) \varphi, \quad (1)$$

$$B(x) \frac{\partial \varphi}{\partial x} + B_0(x) \varphi = 0, \quad x \in X = (0, 1), \quad (2)$$

$$\frac{dz}{dt} = Fz + F_0 \varphi(0, t) + F_1 \varphi(1, t), \quad (3)$$

$$\Gamma_1 \varphi(0, t) = \Gamma_2 z, \quad \Gamma_3 \varphi(1, t) = \Gamma_4 z, \quad t \in I = (0, \infty), \quad (4)$$

где $\varphi = \varphi(x, t)$ – n -мерный вектор переменных состояния распределённого звена, $z = z(t)$ – m -мерный вектор переменных состояния конечномерных звеньев, $A(x)$, $B(x)$, $A_0(x)$, $B_0(x)$ – матрицы, элементы которых – непрерывные функции, F , F_0 , F_1 , Γ_{1-4} – постоянные матрицы.

С математической точки зрения задача (1) – (4) – это краевая задача для уравнений в частных производных при сложных граничных условиях. Уравнения (1), (2) представляют собой общую форму записи любого линейного гиперболического уравнения в частных производных второго порядка в виде системы уравнений в частных производных первого порядка [1, 2].

Равенства (4) – простые граничные условия. Уравнение динамики (3) конечномерных звеньев, расположенных на обоих концах распределённого звена, содержит граничные значения $\varphi(x, t)$ и представляет собой сложное граничное условие в дифференциальном виде.

Уравнениями типа (1) – (4) описываются, например, системы, имеющие упругие валы; системы, содержащие трубопроводы, в которых необходимо учитывать распределённый характер течения жидкости и др.

Введём меру $\rho = \int_0^1 \varphi^T \varphi dx$, характеризующую возмущённое состояние распределённого звена.

звена.

Определение. Система (1) – (4) называется асимптотически устойчивой в целом по переменным ρ, z , если она устойчива в малом и все решения системы (1) – (4) со сколь угодно большими начальными данными остаются ограниченными и $\lim \rho = 0, \lim z = 0$ при $t \rightarrow \infty$.

Рассмотрим асимптотическую устойчивость в целом системы (1) – (4) по переменным ρ, z .

Исследование устойчивости. Для исследования устойчивости используем функцию Ляпунова

$$V = V_1 + V_2 = \int_0^1 \varphi^T(x, t) v(x) \varphi(x, t) dx + z^T(t) Q z(t), \quad (5)$$

где $v(x), Q$ – симметричные матрицы: элементы Q – постоянные, а элементы $v(x)$ – непрерывные ограниченные функции.

Особенностью системы (1) – (4) является то, что уравнение (2) и равенства (4) не содержат производных по времени t . Это не позволяет непосредственно вычислить производную V в силу всей системы. Сначала вычислим производную dV/dt в силу уравнений (1) и (3):

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} = & \int_0^1 \left[\varphi^T v \left(A \frac{\partial \varphi}{\partial x} + A_0 \varphi \right) + \left(\frac{\partial \varphi^T}{\partial x} A^T + \varphi^T A_0^T \right) v \varphi \right] dx + \\ & + z^T \left(QF + F^T Q \right) z + 2\varphi^T(0, t) F_0^T Q z + 2\varphi^T(1, t) F_1^T Q z. \end{aligned}$$

Далее к этой производной прибавим величину

$$\int_0^1 \left[\varphi^T P \left(B \frac{\partial \varphi}{\partial x} + B_0 \varphi \right) + \left(\frac{\partial \varphi^T}{\partial x} B^T + \varphi^T B_0^T \right) P^T \varphi \right] dx,$$

равную нулю в силу уравнения (2). Здесь $P = P(x)$ – пока произвольная матрица.

Выполним интегрирование по частям и потребуем, чтобы матрицы v, P удовлетворяли уравнению

$$vA + PB = A^T v + B^T P^T. \quad (6)$$

Тогда для производной dV/dt в силу уравнений (1) – (3) получим

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} = & - \int_0^1 \varphi^T w \varphi dx + z^T \left(QF + F^T Q \right) z + 2\varphi^T(1, t) F_1^T Q z + 2\varphi^T(0, t) F_0^T Q z + \\ & + \varphi^T(1, t) M(1) \varphi(1, t) - \varphi^T(0, t) M(0) \varphi(0, t), \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$w(x) = \frac{dM(x)}{dx} - vA_0 - A_0^T v - PB_0 - B_0^T P^T, \quad M(x) = vA + PB. \quad (8)$$

В силу граничных условий (4) справедливы соотношения

$$\varphi(0, t) = A_2 \varphi(0, t) + \Gamma_2 z, \quad \varphi(1, t) = E \varphi(1, t) = A_1 \varphi(1, t) + \Gamma_4 z, \quad (9)$$

где $A_1 = E - \Gamma_3, A_2 = E - \Gamma_1, E$ – единичная матрица.

Подставляя в двух последних слагаемых (7) вместо φ и φ^T выражения (9), и требуя, чтобы матрицы ν , Q дополнительно удовлетворяли условиям

$$F_1^T Q + A_1^T M(1) \Gamma_4 = F_0^T Q - A_2^T M(0) \Gamma_2 = 0, \quad A_1^T M(1) A_1 = A_2^T M(0) A_2 = 0, \quad (10)$$

производную (7) преобразуем к виду

$$\frac{dV}{dt} = - \int_0^1 \varphi^T w \varphi dx - z^T \omega z, \quad (11)$$

где

$$\omega = - (QF + F^T Q) - \Gamma_4^T M(1) \Gamma_4 + \Gamma_2^T M(0) \Gamma_2. \quad (12)$$

Уравнения (6), (8), (10), (12) используются для построения матриц $\nu(x)$, Q при заданных матрицах $w(x)$, ω .

Согласно известным результатам об устойчивости распределённых [3] и конечномерных систем [4] система (1) – (4) будет асимптотически устойчива в целом по переменным ρ , z , если в сколь угодно большой окрестности невозмущённого процесса $\varphi = z = 0$:

а) функционал V_1 непрерывен и определён положительно по мере ρ и выполняются условия $\lim V_1 = \infty$ при $\rho \rightarrow \infty$ и $\lim \rho[\varphi] = \infty$ при $V_1 \rightarrow \infty$;

б) функция V_2 определён положительно;

в) производная dV/dt (11) в силу системы (1) – (4) определён отрицательна по переменным ρ , z при $t \in I$.

Пусть матрица $\nu(x)$ определён положительно при $x \in (0,1)$. Тогда интегральная форма V_1 с учётом ограниченности матрицы $\nu(x)$ удовлетворяет условиям

$$\lambda_1 \rho \leq V_1 \leq \lambda_2 \rho, \quad \lambda_1, \lambda_2 - const > 0,$$

т.е. является определён положительной и непрерывной по мере ρ . Здесь

$$\lambda_1 = \inf_{x \in (0,1)} \lambda_{\min}(x), \quad \lambda_2 = \sup_{x \in (0,1)} \lambda_{\max}(x),$$

$\lambda_{\min}(x)$, $\lambda_{\max}(x)$ – соответственно минимальное и максимальное собственные числа матрицы $\nu(x)$. Условие а) выполняется.

Предположим, что матрица Q также определён положительно. Тогда форма V_2 является определён положительной и в силу ограниченности матрицы Q удовлетворяет неравенствам [4]

$$\mu_1 \|z\|^2 \leq V_2 \leq \mu_2 \|z\|^2, \quad \mu_1, \mu_2 - const > 0,$$

где μ_1 , μ_2 – соответственно минимальное и максимальное собственные числа матрицы Q . Условие б) также выполняется.

Производная (11) будет определён отрицательной по переменным ρ , z , если матрица $w(x)$ определён положительно при $x \in (0,1)$, а матрица ω определён положительно.

Непрерывность интегральной формы V_1 по мере ρ непосредственно следует из ограниченности элементов матрицы $\nu(x)$. Остальные условия вышеуказанных предложений а), б), в) будут выполняться, если матрицы Q и ω – определён положительные, а $\nu(x)$ и $w(x)$ – определён положительные при $x \in (0,1)$, т.е.

$$Q > 0, \quad \omega > 0, \quad \nu(x) > 0, \quad w(x) > 0, \quad x \in (0,1). \quad (13)$$

Таким образом, неравенства (13) представляют собой достаточные условия асимптотической устойчивости в целом системы (1) – (4) по переменным ρ , z .

Заключение. Преобразование дифференциальных уравнений в частных производных высокого порядка в систему уравнений в частных производных первого порядка совместно с записью обыкновенных дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши позволило конструктивно строить функцию Ляпунова в виде суммы интегральных и обычных квадратичных форм и разработать общую методику исследования устойчивости в целом широкого класса систем с распределёнными и сосредоточенными параметрами.

Список литературы

1. *Байрамов Ф.Д.* Устойчивость и оптимальная стабилизация систем с распределёнными параметрами. – М.: Машиностроение, 1995. – 160 с.
2. *Байрамов Ф.Д., Байрамов Б.Ф., Галимов Н.С., Фардеев А.Р.* Технологические процессы с комбинированным энергопитанием: механика, управление, автоматизация. – Казань: Изд-во Казанского университета, 2016. – 342 с.
3. *Сиразетдинов Т.К.* Устойчивость систем с распределёнными параметрами. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1987. – 231 с.
4. *Малкин И.Г.* Теория устойчивости движения. – М.: Наука, 1966. – 530 с.

05.13.01

¹Ф.Д. Байрамов д-р техн. наук, ²Б.Ф. Байрамов канд. физ.-мат. наук,
³А.Р. Фардеев канд. техн. наук

Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
кафедра механики и конструирования,
Набережные Челны, fbairamovd@gmail.com, bbairamov@gmail.com, albert.fardeev@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОСИСТЕМЫ С РЕГУЛЯТОРОМ РАСХОДА ЖИДКОСТИ

Разработана принципиальная схема, проанализированы устойчивость и точность функционирования гидросистемы с регулятором расхода жидкости.

Ключевые слова: гидросистема, регулятор расхода жидкости, устойчивость, точность функционирования.

Гидросистема с регулятором расхода жидкости. Для обеспечения функционирования гидросистемы необходимо регулирование расхода жидкости, подаваемой потребителю. Наиболее экономичным является способ регулирования расхода жидкости за счёт изменения частоты вращения вала двигателя насоса.

На рис. 1 представлена принципиальная схема гидросистемы с автоматическим регулятором расхода жидкости. Она состоит из электродвигателя переменного тока 1, гидронасоса 2, трубопровода 3, потребителя 4, гидробака 5 и регулятора расхода жидкости. Последний состоит из датчика расхода 6, дифференциального преобразователя с упругой мембраной 8, электромеханического преобразующего устройства (ЭПУ) 9 и частотного преобразователя напряжения (ЧП) 10.

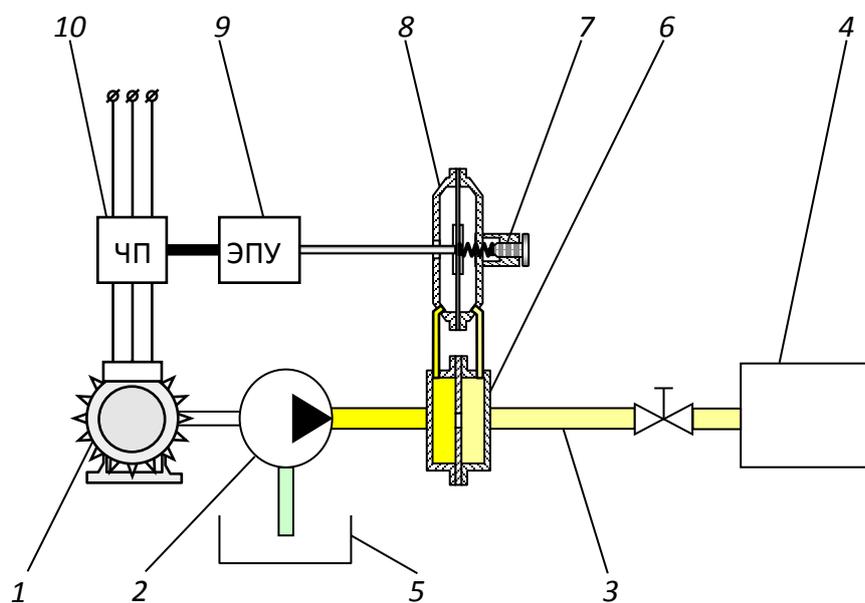


Рис. 1 – Схема гидросистемы с регулятором расхода жидкости и энергопитанием от электродвигателя

Регулятор расхода работает следующим образом. Датчик расхода, представляющий собой сужающую диафрагму, измеряет расход жидкости косвенно через перепад давления. Эта разность давления преобразуется в перемещение мембраны дифференциального преобразователя. Мембрана связана штоком с ЭПУ, в котором осуществляется

преобразование перемещения штока мембраны в напряжение постоянного тока, пропорциональное этому перемещению. Это напряжение управляет ЧП. Под воздействием управляющего напряжения ЧП, изменяя частоту напряжения питания, регулирует скорость вращения вала двигателя. Таким образом, осуществляется регулирование расхода подаваемой жидкости. Расчётное значение расхода устанавливается соответствующей затяжкой пружины задатчика 7.

Математическая модель. Уравнения динамики для электродвигателя, насоса, трубопровода, датчика расхода с дифференциальным преобразователем в отклонениях от номинального режима работы гидросистемы соответственно имеют вид [1, 2]:

$$2\pi J \frac{dn}{dt} = \left(\frac{\partial M}{\partial n} \right)_* \Delta n + \left(\frac{\partial M}{\partial u} \right)_* \Delta u - \Delta M_H,$$

$$\Delta P_H = \Delta P_{H0} - \left(\frac{\partial P_H}{\partial G} \right)_* \Delta G + \left(\frac{\partial P_H}{\partial n} \right)_* \Delta n, \quad (1)$$

$$\frac{l_T}{F_T} \frac{d\Delta G}{dt} = \Delta P_H - \Delta P_{II} - k_T \Delta G, \quad \Delta s = k_1 \Delta G,$$

где $\Delta n = n - n_*$; $\Delta G = G - G_*$; $\Delta P_H = P_H - P_{H*}$; $\Delta P_{H0} = P_{H0} - P_{H0*}$; $\Delta s = s - s_*$; $\Delta P_{II} = P_{II} - P_{II*}$; $\Delta u = u - u_*$; $\Delta M_H = M_H - M_{H*}$; индекс * здесь и далее указывает на значения величин в номинальном режиме; n – частота вращения вала электродвигателя; G – расход потребляемой жидкости; P_{H0} , P_H – давления на входе в насос и на выходе из него; P_{II} – давление у потребителя; u – напряжение постоянного тока на выходе ЭПУ, которое является управляющим напряжением для ЧП; s – смещение мембраны дифференциального преобразователя; k_1 – положительный коэффициент пропорциональности; J – суммарный момент инерции всех тел, кинематически связанных с валом электродвигателя; k_T – коэффициент, характеризующий сопротивление в трубопроводе; l_T , F_T – длина и площадь поперечного сечения трубопровода; M , M_H – крутящие моменты электродвигателя и насоса.

Момент M_H определяется [2] формулой $M_H = \frac{G(P_H - P_{H0})}{\eta \rho}$, где η – полный КПД насоса; ρ – плотность жидкости. Разлагая функцию M_H в ряд Тейлора в окрестности номинального режима и сохраняя только члены первой степени относительно малых приращений, найдём:

$$M_H = \left(\frac{\partial M_H}{\partial n} \right)_* \Delta n + \left(\frac{\partial M_H}{\partial G} \right)_* \Delta G + \left(\frac{\partial M_H}{\partial P_H} \right)_* (\Delta P_H - \Delta P_{H0}). \quad (2)$$

ЭПУ, преобразующее перемещения штока мембраны в напряжение постоянного тока, рассмотрим как усилительное звено, динамика которого с учётом отрицательной обратной связи описывается следующим уравнением в отклонениях:

$$\Delta u = -k_2 \Delta s, \quad (3)$$

где k_2 – положительный коэффициент пропорциональности.

В номинальном режиме $M_* = M_{H*} = const$, все переменные постоянные, $s = \Delta u = 0$ и регулятор расхода жидкости находится в нейтральном положении.

Далее везде будем предполагать $\Delta P_{H0} = 0$, $\Delta P_{II} = 0$, т.е. возмущениями давлений на входе в насос и у потребителя пренебрегаем.

Система (1) – (3) описывает динамику гидросистемы с регулятором расхода. Исключая переменные ΔP_H , Δu , Δs , эту систему запишем в относительных отклонениях в безразмерной форме:

$$a) \quad T \frac{dn}{dt} = -a_1 n - a_2 g, \quad б) \quad T_T \frac{dg}{dt} = a_3 n - a_4 g, \quad (4)$$

где $n = \frac{\Delta n}{n_*}$; $g = \frac{\Delta G}{G_*}$; $a_1 = \left[-\left(\frac{\partial M}{\partial n}\right)_* + \left(\frac{\partial M_H}{\partial n}\right)_* + \left(\frac{\partial M_H}{\partial P_H}\right)_* \left(\frac{\partial P_H}{\partial n}\right)_* \right] \frac{n_*}{M_*}$;

$$a_2 = \left[\left(\frac{\partial M_H}{\partial G}\right)_* + \left(\frac{\partial M_H}{\partial P_H}\right)_* \left(\frac{\partial P_H}{\partial G}\right)_* \right] \frac{G_*}{M_*}; \quad a_3 = \left(\frac{\partial P_H}{\partial n}\right)_* \frac{n_*}{P_{H*}}; \quad a_4 = \left[\left(\frac{\partial P_H}{\partial G}\right)_* + k_T \right] \frac{G_*}{P_{H*}}; \quad T = \frac{2\pi J n_*}{M_*};$$

$$T_T = \frac{l_T G_*}{F_T P_{H*}}.$$

Здесь T , T_T – постоянные времени электродвигателя и трубопровода, остальные величины – безразмерные коэффициенты.

Характеристическое уравнение системы (4):

$$\lambda^2 + \frac{a_1 T_T + a_4 T}{T T_T} \lambda + \frac{a_1 a_4 + a_2 a_3}{T T_T} = 0$$

будет иметь корни с отрицательными вещественными частями при выполнении неравенств

$$a_1 T_T + a_4 T > 0, \quad a_1 a_4 + a_2 a_3 > 0, \quad (5)$$

которые, согласно критерию Рауса – Гурвица, являются необходимыми и достаточными условиями асимптотической устойчивости системы (4), т.е. номинального режима работы гидросистемы.

Точность функционирования. Технические условия функционирования гидросистемы часто требуют, чтобы отклонения расхода жидкости от его расчётного значения оставались в заданных пределах. В связи с этим рассмотрим задачу: обеспечить выполнение неравенства

$$|g(t)| < H_2, \quad t > 0 \quad (6)$$

для любого решения системы (4) с начальными данными из области

$$|n(0)| < H_{10}, \quad |g(0)| < H_{20}, \quad (7)$$

где H_{10} , H_{20} , H_2 ($H_2 > H_{20}$) – заданные положительные числа.

Для решения этой задачи используем метод функций Ляпунова [3].

При выполнении условий асимптотической устойчивости (5) для системы (4) можно построить [3] определённо положительную функцию Ляпунова в виде квадратичной формы:

$$V = q_{11} n^2 + 2q_{12} n g + q_{22} g^2, \quad (8)$$

производная которой в силу уравнений (4) является определённо отрицательной формой.

Условие (6) будет выполняться, если

$$q_{11} H_{10}^2 + 2|q_{12}| H_{10} H_{20} + q_{22} H_{20}^2 \leq \frac{\Delta H_2^2}{\Delta_2}, \quad (9)$$

где $\Delta = \det Q$; $Q = [q_{ij}]$ – матрица формы (8); $\Delta = q_{11} q_{22} - q_{12}^2 > 0$; $\Delta_2 > 0$ – дополнение к элементу q_{22} матрицы Q : $\Delta_2 = q_{11}$.

Действительно, форма (8) допускает [3] оценку $\frac{\Delta g^2}{\Delta_2} \leq V$. Выполнение условия (6)

вытекает из цепочки неравенств

$$\frac{\Delta g^2}{\Delta_2} \leq V(t) < V(0) \leq q_{11}n^2(0) + 2|q_{12}||n(0)||g(0)| + q_{22}g^2(0) < q_{11}H_{10}^2 + \\ + 2|q_{12}|H_{10}H_{20} + q_{22}H_{20}^2 \leq \frac{\Delta H_2^2}{\Delta_2},$$

которые в силу (9) имеют место на любом решении уравнений (4), исходящем из области (7).

Таким образом, при удовлетворении условиям (5), (9) обеспечивается асимптотическая устойчивость и точность функционирования гидросистемы (4).

Список литературы

1. *Иващенко Н.Н.* Автоматическое регулирование. – М.: Машиностроение, 1978. – 736 с.
2. *Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А.* Гидравлика и гидропривод. Ч. 2. Гидравлические машины и гидропневмопривод. – М.: МГИУ, 2005. – 352 с.
3. *Малкин И.Г.* Теория устойчивости движения. – М.: Наука, 1966. – 530 с.

05.13.01

¹А.В. Ганичева, канд. физ.-мат. наук, ²А.В. Ганичев

¹ФБГОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»,
кафедра физико-математических дисциплин и информационных технологий,
²ФБГОУ ВО «Тверской государственный технический университет»,
кафедра информатики и прикладной математики,
Тверь, alexej.ganichev@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ВАРИАЦИИ

В статье получены точечные и интервальные оценки показателя разброса выборки – линейного коэффициента вариации. Выведен закон распределения данного показателя. Показана его зависимость от статистических характеристик наблюдений: средней арифметической и дисперсии выборки.

Ключевые слова: выборка, вероятность, оценка, точность, ряд Тейлора.

Введение

Проблема статистического оценивания экспериментальных наблюдений является одной из важнейших в инженерно-технических исследованиях. Ее актуальность возрастает при применении цифровых методов в сферу производства. Одним из показателей разброса выборочных наблюдений является линейный коэффициент вариации (он еще называется относительное линейное отклонение). Линейный коэффициент вариации (v) определяется как отношение среднего линейного отклонения к средней арифметической и показывает долю усредненного значения абсолютных отклонений от средней величины [1], т.е.

$$v = \frac{\overline{|x - \bar{x}|}}{\bar{x}}, \quad (1)$$

где x – выборочное наблюдение, \bar{x} – средняя арифметическая.

В статистике этот показатель используется для сравнения вариаций физически разных наблюдений. Новым применением линейного коэффициента вариации стало его использование в качестве меры согласованности экспертных суждений [2]. В этом случае он является относительной ошибкой отклонений решений экспертов от их общего решения.

Целью работы является исследование статистических характеристик линейного коэффициента вариации.

1. Точечные оценки линейного коэффициента вариации фиксированной выборки

Пусть доопытные элементы выборки x некоррелированы и имеют нормальное распределение с параметрами: математическим ожиданием - m_x и средним квадратическим отклонением - S_x . Величина $Y = X - \bar{x}$ имеет математическое ожидание, равное нулю, как центрированная случайная величина, т.е. $M[Y] = 0$. Средняя арифметическая

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ - постоянная величина для фиксированной выборки. Поэтому $M[v] = 0$.

Вычислим среднее квадратическое отклонение величины $Y = X - \bar{x}$, т.е. $S[Y]$. Рассмотрим элемент выборки $x = x_k$ для некоторого $k = \overline{1, n}$. Тогда

$$D[Y] = D[x - \bar{x}] = D\left[x - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{k-1} x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=k+1}^n x_i - \frac{1}{n} x\right] = D\left[\frac{n-1}{n} x - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{k-1} x_k - \frac{1}{n} \sum_{i=k+1}^n x_k\right]. \quad (2)$$

Поскольку слагаемые, стоящие в квадратных скобках, некоррелированные случайные величины как элементы повторной выборки, то дисперсия их суммы равна сумме дисперсий, а поэтому

$$D[X - \bar{x}] = \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 D_x + \frac{k-1}{n^2} \cdot D_x + \frac{n-k}{n^2} D_x = \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 \cdot D_x + \frac{n-1}{n^2} D_x = \frac{n-1}{n} D_x. \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда неравенство $x \neq x_k$ выполняется для всех $k = \overline{1, n}$. Тогда $D[x - \bar{x}] = D_x + \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n D_x \frac{n+1}{n} D_x$. Получаем, что при количестве элементов выборки $n > 30 - 40$ $D[Y] = D_x$, т.е. $S[Y] = S_x$ с точностью до 3,3%.

Таким образом, для фиксированной выборки имеем:

$$S[\delta] = \frac{S_x}{x} = S_x / \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (4)$$

2. Интервальная оценка линейного коэффициента вариации фиксированной выборки

Оценим нижнюю и верхнюю границу доверительного интервала для генерального линейного коэффициента вариации:

$$v - t_{n-1, \alpha} \delta_v \leq v_r \leq v + t_{n-1, \alpha} \delta_v, \quad (5)$$

где v_r – линейный коэффициент вариации генеральной совокупности; $t_{n-1, \alpha}$ – значение критерия Стьюдента; $n-1$ – число степеней свободы, α – уровень значимости; δ_v – ошибка выборочного линейного коэффициента вариации.

При этом: $\delta_v = \frac{S_x}{\bar{x} \sqrt{n}}$.

3. Закон распределения линейного коэффициента вариации

Найдем плотность распределения случайной величины v . При этом рассматривается нефиксированная выборка и ее числовые характеристики. Сначала найдем плотность распределения случайной величины $Y_1 = \frac{1}{x}$:

$$f_1(y_1) = \frac{1}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{n}{2\pi}} e^{-\frac{(\frac{1}{y_1} - m_x)^2 \cdot n}{2S_x^2}} \cdot \frac{1}{y_1^2}.$$

Для этого разложим функцию $Y_1 = \vartheta(\bar{x}) = \frac{1}{x}$ в ряд Тейлора в окрестности точки m_x и ограничимся тремя членами ряда. Тогда имеем:

$$Y_1 = \frac{1}{m_x} - \frac{1}{(m_x)^2} \cdot (\bar{x} - m_x) + \frac{1}{(m_x)^3} \cdot (\bar{x} - m_x)^2. \quad (6)$$

В этом случае погрешность равна остаточному члену $R_1(\bar{x})$ ряда Тейлора. Этот член равен $R_1(\bar{x}) = \frac{1}{2\xi^4} (\bar{x} - m_x)^3$, при этом ξ имеет значение между \bar{x} и m_x . Значение \bar{x} отличается от математического ожидания m_x не более чем на величину ε , с вероятностью $1 - \alpha$, при n , определяемым по таблицам Стьюдента. Поэтому значение остаточного члена $R_1(\bar{x})$ будет небольшим. Положим $e = m_x$, при $\xi \geq m_x$, т.е. $e = m_x - \delta$, если $m_x > \xi$.

Из формулы (6) с точностью $M[R_2(\bar{x})] \leq M\left[\frac{1}{2\xi^4} \cdot \varepsilon^3\right] = \frac{1}{2}\varepsilon^3 M\left[\frac{1}{\xi^4}\right] < \frac{1}{2}\varepsilon^3 / (e)^4$
 (что равносильно $M[R_2(\bar{x})] \leq \frac{1}{2}\varepsilon^3 / (\bar{x} - \varepsilon)^4$), определим значение

$$m_{y_1} = \frac{1}{m_x^-} + \frac{1}{(m_x^-)^3} \cdot D_x. \tag{7}$$

Заметим, что можно почти с такой же точностью считать, что $y_1 = \frac{1}{m_x^-}$, если ограничиться в (6) двумя членами. В этом случае $m_{y_1} = \frac{1}{m_x^-}$.

В работе [3] показано, что для случайной величины X , имеющей нормальный закон распределения, при $Y = \mathcal{G}(X)$, имеет место соотношение для дисперсий:

$$D_y = [\mathcal{G}'(m_x)]^2 \cdot D_x + \frac{1}{2}[\mathcal{G}''(m_x)]^2 \cdot D_x^2. \tag{8}$$

Тогда для дисперсии Y_1 с учетом (7) получаем:

$$D_{y_1} = \frac{1}{(m_x^-)^4} \cdot D_x + \frac{1}{(m_x^-)^6} \cdot D_x^2. \tag{9}$$

Так как $v = Y \cdot Y_1$, то $v = y \cdot y_1$. В результате разложения функции v в ряд Тейлора в окрестности точки (m_y, m_{y_1}) , получим:

$$v = m_y \cdot m_{y_1} + m_{y_1} \cdot (y - m_y) + m_y \cdot (y_1 - m_{y_1}).$$

Полученное соотношение для v является точным, т.к. в этом случае все частные производные высших порядков равны нулю.

Учитывая, что $m_y = 0$, на основе формулы (7) запишем

$$v = m_{y_1} \cdot y = \left(\frac{1}{m_x^-} + \frac{1}{(m_x^-)^3} \cdot D_x \right) y. \tag{10}$$

Откуда получаем

$$m_v = \left(\frac{1}{m_x^-} + \frac{1}{(m_x^-)^3} \cdot D_x \right) \cdot m_y = 0, \tag{11}$$

$$D_v = \left(\frac{1}{m_x^-} + \frac{1}{(m_x^-)^3} \cdot D_x \right)^2 \cdot D_y \approx \left(\frac{1}{m_x^-} + \frac{1}{(m_x^-)^3} \cdot D_x \right)^2 \cdot \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \tag{12}$$

Равенство (12) выполняется с точностью $\left(\frac{1}{m_x^-} + \frac{1}{(m_x^-)^3} \cdot D_x \right)^2 \cdot \varepsilon$ при числе наблюдений

$n > n_0$.

Математическое ожидание m_x^- определяется по одному из способов: 1) в качестве оценки m_x^- берется средняя арифметическая \bar{x} , 2) в качестве оценки m_x^- используется верхняя (нижняя) граница доверительного интервала (10).

Принимая во внимание, что имеет место приближенное соотношение для дисперсии $D_x \approx \frac{1}{n} S_x^2$ (с точностью до $\frac{\varepsilon}{n}$) из формулы (10) по правилу определения плотности распределения монотонной функции имеем

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot S_x \cdot c} e^{-\frac{(v)^2}{2S_x^2 c^2}}, \quad (13)$$

где $c = \frac{1}{m_x} + \frac{1}{(m_x)^3} \cdot \frac{S_x^2}{n}$. Тогда задача оценки доли значений коэффициента вариации, попадающей в заданный интервал, решается с использованием формулы:

$$P(-d < v < d) = \Phi\left(\frac{d}{S_x \cdot c}\right). \quad (14)$$

При упрощенном варианте $c = \frac{1}{m_x}$.

Следует отметить, что формулы (10)-(12) дают в достаточной степени точное значение соответственно линейного коэффициента вариации, его среднего значения, дисперсии (среднего квадратического отклонения), плотности распределения и вероятности попадания на участок $(-d, d)$.

Доверительный вариант при нефиксированной выборке на основе (14) будет иметь вид:

$$(v - \varepsilon, v + \varepsilon) = (v - \Phi^{-1}(\beta) \cdot S_x \cdot c, v + \Phi^{-1}(\beta) \cdot S_x \cdot c),$$

где ε - заданная точность, β - доверительная вероятность.

Данный результат при $c = \frac{1}{m_x}$ совпадает с определением интервальной оценки v в пункте 2.

Заключение

Основными результатами исследования являются:

- 1) получены точечные и интервальные оценки линейного коэффициента вариации при фиксированной и нефиксированной выборке;
- 2) определен закон распределения случайной величины - линейного коэффициента вариации. Показана его зависимость от статистических характеристик наблюдений: средней арифметической и дисперсии выборки;
- 3) установлена формула определения доли попаданий значений коэффициента вариации в заданный интервал.

Список литературы:

1. Лукашин Ю.П., Рахлина Л.И. Современные направления статистического анализа взаимосвязей и зависимостей. - М.: ИМЭМО РАН, 2012. - 54 с.
2. Ганичева А.В., Ганичев А.В. Математическое моделирование оценки качества коллективного решения // Экономика. Информатика. - 2020. - №47 (3). - 573-582.
3. Ганичева А.В. Прикладная статистика. - СПб.: «Лань», 2017. - 172 с.

05.13.01

М.В. Емельянов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Научно-исследовательская лаборатория инженерных исследований
и мониторинга строительных конструкций,
Москва, emelianov@mgsu.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (СМИК)

В статье представлены результаты анализа методов экспертных оценок, применяемых для определения перечня оборудования систем мониторинга инженерных (несущих) конструкций зданий и сооружений (СМИК). Предложен оригинальный подход к анализу состава измерительного оборудования, основанный на применении метода многокритериального анализа, позволяющего оценить состав измерительного оборудования СМИК по нескольким критериям оценки, с учетом весов каждого из критериев. Практическое применение результатов исследования позволит теоретически обосновать выбор конкретного проекта СМИК, автоматизировать процедуру анализа проектных решений в части выбора оборудования СМИК.

Ключевые слова: *система мониторинга, СМИК, непрерывный режим мониторинга, автоматизация проектирования СМИК, метод экспертных оценок, многокритериальный анализ.*

Характерной чертой современного мирового уровня строительного производства является увеличение количества и сложности возводимых объектов повышенной категории ответственности.

Периодические крупные аварии зданий и сооружений свидетельствуют об актуальности разработок в области контроля технического состояния конструктивных элементов объектов строительства.

Накопленный опыт и научные исследования отечественных и зарубежных специалистов свидетельствуют о том, что на современном этапе наиболее эффективной системой контроля состояния несущих конструкций является организация систем мониторинга несущих конструкций, функционирующих в непрерывном режиме. Данные системы предназначены для определения в режиме реального времени причин и расположения поврежденных несущих конструкций. Определение негативного изменения состояния несущих конструкций на ранней стадии позволяет оповестить людей об опасности, оценить серьезность повреждения, минимизировать расходы на восстановление несущей способности конструкций.

Вопросы разработки и применения СМИК рассматриваются в многочисленных научных работах. В частности, в работах [1, 2] описаны СМИК высотных зданий: Часовой башни Мекки в Королевстве Саудовская Аравия, реализованная применением тензометрических датчиков, и Лахта-Центра (г. Санкт-Петербург, Россия) состоящая из подсистем:

- мониторинга деформации фундамента на основе струнных тензометров;
- геотехнического мониторинга на основе закладных датчиков деформации и пьезометров;
- мониторинга надземной части (включающей струнные тензометры, наклонометры, акселерометры, систему спутникового геодезического мониторинга, метеостанции).

Методы контроля динамических характеристик, широко применяемые в СМИК [3-6], позволяют определить факт изменения массово-жесткостных характеристик конструкции, что является следствием возникновения дефектов или перераспределения нагрузки [7]. Определение места расположения дефекта требует проведения дополнительных исследований.

Однако научные работы по разработке проектов и эксплуатации СМИК не содержат методик и рекомендаций по выбору состава измерительного оборудования. В настоящее время решение по включению в состав СМИК конкретного типа измерительного оборудования принимается инженером-проектировщиком (лицо, принимающее решение) на основании анализа конструктивных особенностей объекта, модели опасности - модели перехода строительных объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние вследствие развития природных и техногенных процессов, приводящих к опасному ненормативному изменению напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований, результатов конечно-элементного моделирования. Основой для принятия решения является экспертная оценка. При наличии альтернативных проектных решений возникает необходимость определения оптимального состава измерительного оборудования.

Таким образом, научное обоснование выбора состава и количества измерительного оборудования СМИК на основе технико-экономического сравнения параметров является актуальной задачей. Применение автоматизированного анализа данных при разработке СМИК позволит значительно упростить разработку проектов и снизить сроки проектирования данных систем за счет оптимизации процесса проектирования.

Известны два метода экспертных оценок [8]: индивидуальные - основанные на независимых друг от друга мнениях отдельных экспертов - специалистов соответствующего профиля и коллективные - основанные на согласованном мнении группы экспертов. Основные преимущества и недостатки каждого из методов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки методов экспертной оценки

| Тип метода | Преимущества | Недостатки |
|----------------------------------|---|---|
| Индивидуальной экспертной оценки | <ul style="list-style-type: none"> - Оценка производится на основе знаний и опыта эксперта. - Быстрота получения результата. - Отсутствие давления на эксперта. - Низкая стоимость (по сравнению с коллективной оценкой). | <ul style="list-style-type: none"> - Высокая степень субъективности. |
| Коллективной экспертной оценки | <ul style="list-style-type: none"> - Разносторонний анализ данных. - Высокая степень точности результата. | <ul style="list-style-type: none"> - Опасность конформизма. - Существенные расходы на привлечение достаточного количества опытных экспертов. - Необходимость создания рабочей группы для проведения опроса, обработки данных и анализа результатов. - Необходимость применения математико-статистических методов для обработки результатов. |

С учетом вышеизложенного, применение методов экспертной оценки имеет ряд следующих особенностей:

1. Достоверность и надежность результатов исследования зависят от компетентности эксперта.

2. Необходимость тщательного отбора экспертов на основе следующих индивидуальных характеристик: компетентности, креативности, отношения к экспертизе, конформизма, конструктивности мышления, коллективизма, самокритичности.

В работе рассматривается еще один подход к определению перечня измерительного оборудования системы мониторинга, который основан на использовании метода линейной свертки критериев. Особенностью данного метода является сравнение не только критериев, но также и их приоритетов (весов критериев). Метод предполагает возможность

количественной оценки значимости частных критериев, после чего решается задача оптимизации для линейной комбинации данных критериев. Математическое выражение метода свертки представлено формулой (1) [9]. Наиболее рациональной системой мониторинга для объекта будет являться система с наибольшим показателем I_i

$$I_i = \sum_{i=1}^N a_i \psi_i(x) \rightarrow \max; \quad (1)$$

где ψ_i – нормированное значение частного критерия;

N – количество критериев;

i – номер критерия;

a_i – весовой коэффициент i -го частного критерия,

$$a_i = \frac{\partial I}{\partial \psi_i} \quad (2)$$

При этом $a_i > 0$ и $\sum a_i = 1$

Нормирование критериев производится на основании выражения:

$$\psi_i = \frac{W_i - W_{i \min}}{W_{i \max} - W_{i \min}} \quad (3)$$

где W_i – натуральное значение i – го частного критерия;

W_{\max} и W_{\min} – ожидаемые верхний и нижний уровни варьирования данного частного критерия.

Критерии оценки оборудования и вес каждого из критериев определяются на основании экспертной оценки.

Определение состава рациональной системы мониторинга предлагается производить по следующим четырем критериям:

K1 – надежность оценки результата (достаточность данных для оценки состояния конструкции);

K2 – стоимость системы мониторинга (определяется исходя из стоимости датчиков, системы сбора и обработки данных, специализированного программного обеспечения);

K3 – простота интерпретации результатов - характеризует насколько просто сделать однозначный вывод об изменении состояния конструкции на основании полученных данных;

K4 – стоимость монтажных и пусконаладочных работ при организации системы мониторинга.

При этом формула (1) имеет вид:

$$I_i = K1\psi_1 - K2\psi_2 + K3\psi_3 - K4\psi_4 \rightarrow \max \quad (4)$$

Весовые коэффициенты для каждого из критериев, определенные на основании экспертной оценки, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения весовых коэффициентов

| Критерий оценки | K1 | K2 | K3 | K4 |
|---------------------|------|-----|-----|------|
| Весовой коэффициент | 0,45 | 0,3 | 0,2 | 0,05 |

В программном комплексе MS Excel разработана программа определения рационального состава СМИК для конкретного объекта из нескольких предлагаемых вариантов. Определение рационального варианта системы мониторинга выполняется автоматически на основании экспертной оценки по критериям K1 и K3 и стоимости по критериям K2 и K4.

Результат определения рациональной системы мониторинга из нескольких проектных решений, полученный с применением разработанной программы, представлен на рисунке 1.

| Программа определения рациональной системы мониторинга | | | | |
|---|---------------------|-------|------|-----------------------------|
| Показатель | Системы мониторинга | | | Коэффициент веса показателя |
| | № 1 | № 2 | № 3 | |
| K1 – надежность оценки результата | 0,9 | 0,75 | 0,4 | 0,45 |
| K2 – стоимость системы мониторинга, тыс. руб. | 25700 | 15000 | 4100 | 0,3 |
| K3 – простота интерпретации результатов | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 0,2 |
| K4 – стоимость монтажных и пусконаладочных работ при организации системы мониторинга, тыс. руб. | 1285 | 780 | 300 | 0,05 |
| Нормирование критериев систем | | | | |
| | № 1 | № 2 | № 3 | |
| | 1 | 0,700 | 0 | |
| | 1 | 0,505 | 0 | |
| | 1 | 0,833 | 0 | |
| | 1 | 0,487 | 0 | |
| Значения целевых функций систем (I): | 0,3 | 0,306 | 0 | |
| Вывод о наиболее рациональной системе: | | | | |
| Наиболее рациональной является <u>система № 2</u> | | | | |

Рис. 1 – Результат работы программы определения рационального состава измерительного оборудования СМИК

Разработанная методика позволяет обосновать выбор измерительного оборудования СМИК при наличии нескольких альтернативных проектных решений с учетом критериев оценки и весов каждого из критериев.

Разработана программа определения рационального проекта СМИК для конкретного объекта. Определение рационального проекта выполняется автоматически на основании экспертной оценки по критериям K1 и K3 и стоимости по критериям K2 и K4.

Список литературы

1. *Osman A., Malek C.* Efficient Strategy for Monitoring Stresses in High-Rise Buildings // Pract. Period. Struct. Des. Constr. – 2021. – 26 (4). – № 04021041.
2. *Травуш В.И., Шахраманьян А.М., Колотовичев Ю.А., Шахворостов А.И., Десяткин М.А., Шулятьев О.А., Шулятьев С.О.* «Лахта Центр»: автоматизированный мониторинг деформаций несущих конструкций и основания // Строительные науки. – 2018. – № 4. – С.94-108.
3. *Шахраманьян А.М., Колотовичев Ю.А.* Опыт использования автоматизированных систем мониторинга деформационного состояния несущих конструкций на Олимпийских объектах Сочи-2014 // Вестник МГСУ. – 2015. – № 12. – С. 92-105.
4. *Altunışık A.C., Okur F.Y., Karaca S., Kahya, V.* Vibration-based damage detection in beam structures with multiple cracks: Modal curvature vs. modal flexibility methods.// Nondestructive testing and evaluation. –2019. VOL. 34, NO. 1, 33-53.
5. *Ni Y., Zhou H., Chan K., Ko, J.* Modal flexibility analysis of cable-stayed Ting Kau Bridge for damage identification. Comput. Aided Civ. Infrastruct. Eng. 2008, 23, 223–236.
6. *An Y., Chatzi E., Sim S.H., Laflamme S., Blachowski B., Ou J.* Recent progress and future trends on damage identification methods for bridge structures. Struct. Control Health Monit. 2019, 26, 1–30.
7. *Патрикеев А.В.* Система динамического мониторинга инженерного сооружения как ключевой элемент его технической безопасности // Вестник МГСУ. – 2014. – № 3. – С. 133–140.
8. *Орлов А.И.* Экспертные оценки. Учебное пособие. М., 2002.
9. *Федоренко И.Я.* Оптимизация в агроинженерии. Компьютерный практикум: учебное пособие для студентов вузов, осваивающих образовательные программы магистратуры по направлению подготовки «Агроинженерия» и аспирантуры по направлению подготовки «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве». – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – 101 с.

05.13.01

Ю.Г. Жеглова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
институт цифровых технологий и моделирования в строительстве,
кафедра информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, uliagermanovna@yandex.ru

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НУЛЕВОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬСТВА

В работе предложено функциональное описание системы поддержки принятия решений по выбору ограждающей конструкции нулевого цикла строительства. Методика, положенная в основу данной системы, позволит сократить время на обоснование технического решения отсекая неподходящие варианты, а также существенно снизить риск возникновения ошибок при реализации проекта и тем самым позволит обеспечить безопасное и безаварийное строительство.

Ключевые слова: *система поддержки принятия решений, ограждающие конструкции, нулевой цикл строительства.*

Требования, которые предъявляются к задачам нулевого цикла строительства, выполнению изысканий инженерно-геологического характера и гидрогеологических исследований, являются повышенными [1, 2]. Нулевой цикл строительства включает в себя комплекс подготовительных работ. В этом комплексе работ, помимо подготовки документации проекта, проводятся и строительные работы. Важнейшим инженерным сооружением, возводимым на нулевом цикле строительства, является котлован, а безопасность существующих и строящихся объектов обеспечивают технические решения по его ограждению - ограждающие конструкции нулевого цикла строительства [3, 4].

В качестве характеристик ограждающей конструкции, представляющей собой сложный инженерный объект, выступает комплекс параметров, которые используются для того, чтобы определять технические и экономические показатели типа ограждения. Для того, чтобы оценить техническое решение ограждающей конструкции нулевого цикла строительства, необходимо решить задачу, связанную с выбором варианта, являющегося наиболее оптимальным. Соответственно, требуется определить решения с высокими технико-экономическими показателями. Таким образом, возможен переход к задаче, предполагающей многокритериальный выбор [5, 6].

На рисунке 1 представлена схема методики выбора технических решений ограждающих конструкций нулевого цикла строительства.

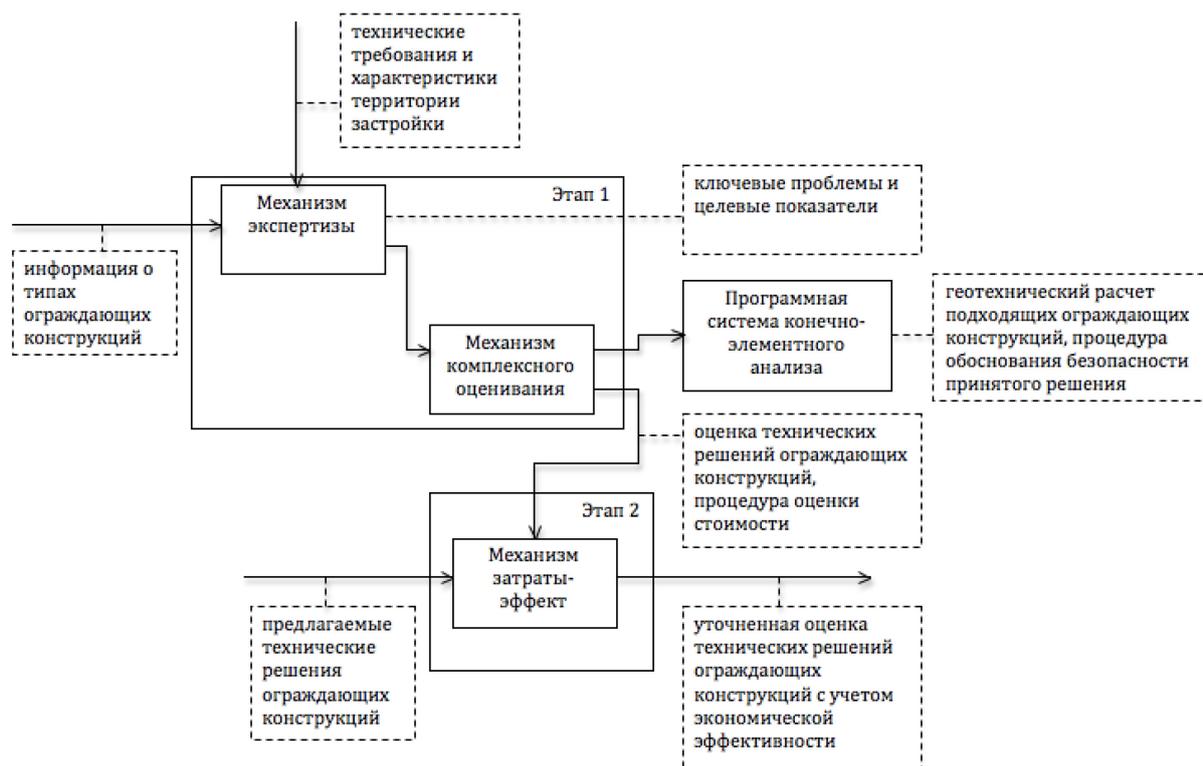


Рис. 1 – Схема методики выбора технических решений ограждающих конструкций нулевого цикла строительства

Данная методика укрупненно состоит из двух этапов.

Первый этап:

- механизм активной экспертизы, с помощью которого определяются ключевые проблемы и целевые показатели на основании данных о типах технических решений ограждающих конструкций нулевого цикла строительства. Этот механизм предусматривает обработку входящих данных (через заранее объявленную процедуру) для выработки результата экспертизы в качестве итогового решения.

- механизм оценивания технических решений ограждающих конструкций нулевого цикла строительства в комплексной форме, в рамках которого осуществляется переход от подробного описания с применением множества направлений, показателей и характеристик к агрегированному описанию, основывающемуся на небольшом количестве обобщенных свойств объекта. Использование механизма предоставляет возможность оценивания ограждающих конструкций в зависимости от технических требований и свойств территории застройки.

Второй этап:

- механизм «затраты-эффект», позволяющий формировать уточненную оценку технических решений ограждающих конструкций нулевого цикла строительства с учетом эффективности на экономическом уровне. Механизм характеризуется следующей основной идеей. Определение экономической эффективности устройства ограждающих конструкций нулевого цикла строительства осуществляется с учетом предлагаемых технических решений ограждающих конструкций, которые были отобраны на предыдущем этапе, а также необходимого для их выполнения объема ресурса, продолжительности и трудозатрат на их возведение.

Затем, с использованием программной системы конечно-элементного анализа для решения задач инженерной геотехники, производится расчет наиболее приемлемых одного или двух вариантов, выбранных на двух предыдущих этапах и получивших наибольшие оценки.

В процессе решения задачи выбора ограждающей конструкции нулевого цикла строительства необходимо реализовывать противоречивые цели в пределах имеющихся ограничений по ресурсам. Принятие решения в данном случае требует использования механизма оценки достижимости целей.

Рассмотрение типа ограждающей конструкции осуществляется в качестве сложной технической системы, при оценке состояния которой используются определенные критерии и факторы. Отметим, что система, которую мы анализируем, описывается на основе определенного набора критериев частного характера через вектор $K=(K_1, \dots, K_i, \dots, K_n)$, где K_i — это значение i -ого критерия, имеющего частный характер. Существует необходимость в формировании комплексного критерия выбора технического решения по ограждающей конструкции котлована $F(K)$.

Оценивание влияния отдельных характеристик и параметров в качестве критериев выбора технического решения ограждающих конструкций нулевого цикла строительства, комплексного показателя производится посредством определения частных коэффициентов, объединяющихся в укрупненные группы: Геологические условия – K_1 ; Гидрогеологические условия – K_2 ; Расстояние от существующих зданий до котлована – K_3 ; Категория существующих зданий по техническому состоянию – K_4 ; Экономическая эффективность технического решения – K_5 .

В общем случае оценка достижимости целей представляет собой иерархическую процедуру, включающую операции, связанные с преобразованием шкалы, нормирующим преобразованием шкалы, агрегированием.

На основе разработанной методики предложено функциональное описание системы поддержки принятия решений для выбора технических решений ограждающих конструкций нулевого цикла строительства.

За входную информацию в данной системе приняты характеристики состояния территории застройки. Эта информация преобразуется системой в информативные параметры (ИП).

Система работает в двух режимах: режим обучения и режим принятия решений. Обрабатываются объекты с известной локальной оценкой (ЛО) в первом режиме. При этом система строит и модифицирует зависимость от ИП и ЛО в соответствии с функциональными требованиями. В режиме принятия решения система определяет коэффициент комплексной оценки (КО) и экономической эффективности (КЭ) для применяемого технического решения на основе полученных значений ИП для состояния территории застройки.

Применение предложенной системы поддержки принятия решений при выборе технических решений ограждающих конструкций нулевого цикла строительства, позволит сократить время принятия решения, повысить его обоснованность и экономическую целесообразность, а разработанная методика при ее достаточной апробации готова для включения в действующие нормативные документы и дальнейшее применение в практике проектирования на основе данных нормативных документов.

Список литературы

1. Тер-Мартirosян З.Г. Проблемы механики грунтов, оснований и фундаментов при строительстве многофункциональных высотных зданий и комплексов / З.Г. Тер-Мартirosян, В.И. Теличенко, М.В. Королев // Вестник МГСУ. – 2006. – № 1. – С. 18–27.
2. Зерцалов М.Г. Исследование влияния разработки котлована на окружающую застройку / М.Г. Зерцалов, С.А. Казаченко, Д.С. Конюхов // Вестник МГСУ. – 2014. – № 6. – С. 77–86.
3. Ильичев В.А. Опыт устройства котлованов при возведении зданий и сооружений в стесненных условиях города Москвы / В.А. Ильичев, В.В. Знаменский, Е.Б. Морозов // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4-2. – С. 222–230.
4. Меркин В.Е. Подземные сооружения транспортного назначения / В.Е. Меркин, М.Г. Зерцалов, Е.Н. Петрова // Инфра-Инженерия, 2020. – 432 с.
5. Жеглова Ю.Г. Разработка системы критериев для оценки проектных решений ограждений котлованов / Ю.Г. Жеглова // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – №4(106). – С. 64–67.
6. Жеглова Ю.Г. Применение методов и средств системного подхода к задаче выбора технических решений по ограждению котлованов / Ю.Г. Жеглова // Перспективы науки. – 2020. – №12(135). – С. 37–40.

05.13.01

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
Москва, Zhornyak604mai@mail.ru, morozova_ta_66@mail.ru

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

В статье рассматривается язык программирования Python и специфика его применения для решения задач анализа и математической обработки больших объемов информации, а также решения задач машинного обучения. Приведено описание наиболее популярных специализированных библиотек языка Python и их возможностей.

Ключевые слова: *язык программирования Python, анализ данных, обработка информации, машинное обучение, нейронные сети.*

Python — современный быстроразвивающийся язык программирования с динамической типизацией и автоматическим управлением памятью. В последние годы популярность языка Python постоянно растет и в настоящее время Python стал одним из наиболее популярных языков программирования и успешно конкурирует с такими языками как C++ и Java.

Одним из значимых факторов популярности Python стало большое количество специализированных библиотек, расширяющих базовый функционал языка Python. Рассмотрим наиболее популярные библиотеки Python, которые предназначены для решения задач анализа, обработки и визуализации данных:

1. Библиотека NumPy является основной библиотекой, используемой в языке Python для выполнения научных расчетов.

Основные возможности, предоставляемые библиотекой NumPy:

а) специализированные объекты для хранения, а также быстрой и эффективной обработки многомерных массивов данных,

б) возможность удобного манипулирования многомерными массивами данных, выделения подмассивов, сортировки данных в массиве, операции с несколькими многомерными массивами данных,

в) набор готовых математических функций, таких как преобразование Фурье или операции линейной алгебры, предназначенных для работы с многомерными массивами данных.

Преимуществом библиотеки NumPy является большое количество документации, описывающей ее функционал, что значительно упрощает ее освоение и использование.

2. Библиотека SciPy используется для выполнения научных и инженерных расчетов.

Основные возможности, предоставляемые библиотекой SciPy:

а) функции численного интегрирования,

б) функции решения дифференциальных уравнений,

в) функции интерполяции,

г) функции исследования и обработки сигналов,

д) функции оптимизации,

е) функции математической статистики.

3. В библиотеке Pandas языка Python представлен инструментарий, необходимый для обработки и анализа данных, работы с числовыми таблицами, временными рядами.

Библиотека Pandas может рассматриваться как программная надстройка над библиотекой NumPy [1], являющейся инструментом более низкого уровня. Таким образом, преимущество библиотеки Pandas состоит в том, что она предоставляет разработчику более высокоуровневые функции, что упрощает и ускоряет разработку научного программного обеспечения, в то время как NumPy предоставляет разработчику набор более низкоуровневых функций.

4. Библиотека Statsmodel предоставляет разработчику функционал для статистической обработки больших массивов данных и оценки различных статистических моделей, что способствует эффективному статистическому исследованию данных.

Основные возможности, предоставляемые библиотекой Statsmodel:

- а) линейная регрессия,
- б) корреляция,
- в) обобщенные линейные модели,
- г) байесовская модель,
- д) однофакторный и двухфакторный анализ.

5. Библиотека Matplotlib предназначена для построения двумерных и трехмерных графиков с целью визуализации результатов вычислений.

Matplotlib дает возможность построения многих видов графиков, таких как:

- а) гистограммы,
- б) круговые диаграммы,
- в) диаграммы разброса,
- г) спектральные диаграммы,
- д) трехмерные поверхности,
- е) логарифмические графики.

Библиотека Matplotlib является одной из часто используемых библиотек языка Python и описана в большом количестве учебных пособий.

6. Библиотека Seaborn дает разработчику возможность визуализации данных, построения графиков. Библиотека Seaborn основывается на библиотеке Matplotlib и может обрабатывать массивы данных, полученные при работе с библиотекой Pandas. Преимуществом библиотеки Seaborn является то, что она предоставляет разработчику более высокоуровневые функции, что ускоряет разработку, в то время как Matplotlib больше оперирует низкоуровневыми функциями.

7. Отдельно следует отметить специализированную библиотеку PyNGL. Эта библиотека языка Python предназначена для визуализации научных данных в геоинформационных системах.

Особенностью библиотеки PyNGL является то, что она может работать с данными в форматах:

- а) GRIB — математическом формате сжатия данных, используемом в метеорологии для хранения прогнозируемых данных о погоде,
- б) NetCDF — двоичном формате файлов, применяемом для обмена научными данными, используемыми в климатологии и в геоинформационных системах.

Также библиотека PyNGL может формировать выходные данные с привязкой к картографической информации.

Кроме рассмотренных библиотек языка Python созданы специализированные библиотеки, такие как: Scikit-Learn, TensorFlow и Keras. Они предназначены для нейронных сетей и машинного обучения.

8. Библиотека Scikit-Learn содержит инструментарий для решения задач машинного обучения с использованием языка Python:

Основные возможности, предоставляемые библиотекой Scikit-Learn:

- а) функции классификации: метод опорных векторов, метод ближайших соседей, логистическая регрессия,
- б) функции регрессии, такие как гребневая регрессия,

в) функции кластеризации: метод k средних, спектральная кластеризация,
г) функции понижения размерности: метод главных компонент, отбор признаков, матричная факторизация,
д) функции выбора модели: поиск на сетке, перекрестный контроль, метрики,
а также функции предварительной обработки и подготовки входных данных для дальнейшей обработки с использованием функционала библиотеки Scikit-Learn.

9. Библиотека TensorFlow, так же, как и Scikit-Learn, - это библиотека для машинного обучения. Библиотека TensorFlow может быть использована для задач построения нейронной сети, задач тренировки нейронной сети для автоматического нахождения образов, их классификации.

TensorFlow может использоваться в языке Python, однако при этом поддерживает использование и в ряде других языков программирования, таких как R, C#, C++, Java, Go, Swift.

10. Библиотека Keras является программным расширением для библиотеки TensorFlow [2]. Библиотека Keras предназначена для работы с искусственными нейронными сетями, в ней содержится множество реализаций строительных блоков нейронных сетей, в виде слоев, целевых и передаточных функций, оптимизаторов. Также библиотека Keras содержит множество инструментов, предназначенных для упрощения работы с изображениями и текстом.

11. Необходимо отметить, что одной из задач анализа и обработки информации является задача взаимодействия с базами данных.

Библиотека SQLAlchemy — это программная библиотека, предназначенная для организации взаимодействия языка Python с реляционными базами данных. Библиотека SQLAlchemy позволяет работать со всеми наиболее распространенными системами управления базами данных, такими как MySQL, MSSQLServer, PostgreSQL, Oracle, SQLite и другими. С использованием SQLAlchemy разработчик может решать следующие задачи:

а) проектирование, создание и изменение структуры таблиц и их связей в реляционной базе данных,
б) запись новых данных в базу данных,
в) поиск информации в базе данных по заданным условиям,
г) изменение или удаление устаревших данных из базы.

Особенностью библиотеки SQLAlchemy является то, что данная библиотека построена на основе технологии ORM или Object Relational Mapper (объектно-реляционное отображение), которая позволяет работать с базами данных с помощью объектно-ориентированного кода, не используя SQL-запросы. Это может быть удобным для пользователей, которые не знакомы с языком SQL.

Но при этом в библиотеке SQLAlchemy есть и поддержка работы с языком запросов SQL, используемым как для управления структурой базы данных, так и для работы с данными, хранящимися в базе данных.

Все вышеописанные библиотеки языка Python являются наиболее распространенными и используемыми для решения задач анализа, обработки и визуализации данных. Однако это только малая часть специализированных библиотек и расширений языка Python, количество которых постоянно увеличивается.

Необходимо отметить, что процесс разработки программы на языке Python проводится в специализированных средах разработки, которые предназначены исключительно для языка Python или имеют поддержку разработки на Python. В качестве таких сред разработок можно привести, например: PyCharm - для Python, Eric - для Python и Ruby, Eclipse и Visual Studio Code – имеют свои расширения для разработки на языке Python.

Установка и настройка языка Python и его библиотек на ПК обычно проводится в три последовательных шага. Первым шагом является установка самого Python. В настоящее время старая версия языка Python 2 прекращает поддержку и начиная с конца 2020 года сообщество разработчиков поддерживает версии языка Python 3, поэтому устанавливать

следует именно ее. Вторым шагом является выбор и установка среды разработки для языка Python и последующая настройка среды разработки под язык Python. Третьим шагом осуществляется установка дополнительных узкоспециализированных библиотек для языка Python, описание которых приведено в данной статье. При установке библиотек языка Python производится настройка зависимостей между библиотеками, средой разработки и языком Python.

В ряде случаев такая пошаговая установка языка Python, среды разработки для Python и затем дополнительных библиотек и настройка их взаимодействия может оказаться сложной для начинающих разработчиков. Поэтому тут следует упомянуть, что существует специальный дистрибутив языка Python, содержащий в себе полный комплект программного обеспечения для научных вычислений и решения задач обработки данных на Python. Этот дистрибутив языка Python называется Anaconda, он включает язык программирования Python и набор популярных библиотек для обработки данных. Основная цель создания данного дистрибутива - установка наиболее востребованных тематических модулей (NumPy, SciPy, Matplotlib и других) единым согласованным комплектом, что исключает появление конфликтов между библиотеками, которые были бы возможны при их поочередной одиночной установке.

Помимо преимуществ языка Python следует отметить и недостатки. Python более медленный [3] по сравнению с другими языками программирования, такими как C++. Нужно учитывать, что в среднем на вычислительные операции на Python потребуется больше времени. Одна из причин состоит в том, что Python — язык с динамической типизацией данных. То есть на нем не нужно заранее определять тип данных, как в других языках. Это удобно разработчику, но такой подход требует большого резерва памяти для каждой переменной, что потребует больше времени на вычисления.

Список литературы

1. Пол Дейтел, Харви Дейтел. Python: Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления., СПб.: Питер, 2020. – 864 с.
2. Анатолий Постолит. Основы искусственного интеллекта в примерах на Python, Издательство ВHV, 2021. – 448с.
3. Уэс Маккейн. Python и анализ данных, М.: ДМК Пресс, 2020. –540 с.
4. Пол Дейтел, Харви Дейтел. Python: Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления., СПб.: Питер, 2020. – 864 с.
5. Дж. Вандер Плас. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение., СПб.: Питер, 2018. – 576 с.
6. Кэмерон Дэвидсон–Пайлон. Вероятностное программирование на Python: байесовский вывод и алгоритмы., СПб.: Питер, 2019. – 256 с.

05.13.01

¹К.А. Иванова, ²М.В. Шкурин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,
¹НИО-101,
²кафедра 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники»,
ksavlad@gmail.com, m.shkurin@mai.ru

МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ

В статье описаны основные методики оценки психофизиологических состояний. Показано, что существующие методики нуждаются в совершенствовании, т.к. в настоящее время не полностью удовлетворяют системам безопасности управления полетов (СУБП). Определена необходимость дальнейшего изучения указанной проблематики в связи с большим техническим прогрессом в эргономике рабочего пространства летных экипажей и появлением на авиационном рынке новых типов воздушных судов.

Ключевые слова: психофизиологическое состояние, функциональное состояние, профессиональная пригодность, психофизиологические показатели, особая ситуация, летный экипаж, пилот ГА, эффективность, полетное задание.

Психофизиологическая подготовка пилотов ГА является одним из ключевых элементов безопасности управления полетом. Данный элемент подготовки имеет собственную структуру, определение (степень применения), основные составляющие и их взаимосвязь, способы формирования (задачи).

В соответствии с известными определениями [1] психофизиологическое состояние является неотъемлемой частью степени готовности пилота к особой ситуации и выражается в его профессиональном мышлении и физической подготовке. Профессиональное мышление – формирование психологической готовности к работе в особых условиях через обучение приемам использования мыслительных операций в критических ситуациях. Физическая подготовка – формирование готовности к адекватным и своевременным действиям в сложившейся ситуации через выявленные закономерности изменений функционального состояния и показатели организма пилота в различных условиях и режимах профессиональной деятельности.

Результаты теоретических и практических исследований, включающих в себя такие методы исследования как наблюдение, эксперимент, психофизиологические методы и эксперимент [2-6, 9-13], показывают, что недостаточно уделено внимание формированию всего комплекса качеств, необходимых пилоту для пилотирования определенного типа самолета с учетом различных условий и режимов работы [2]. Основная цель исследований – провести обзор основных методик по моделированию и отслеживанию психофизиологических состояний и процессов у пилотов ГА в условиях, отличных от стандартного полета, и предложить новый метод и результаты его применения. В настоящее время разработка комплексной методики специальной психологической и физической подготовки и ее оценка, направленная на формирование адекватного психофизиологического состояния в выше указанной ситуации, является актуальной задачей. Разработка дополнительных критериев данных методик должна быть основана на специальном психофизиологическом обследовании пилотов ГА.

Систематизация данных научных исследований позволит обосновать возможность внедрения новых экспериментальных объективных методов с целью определения таких состояний как утомление, стресс, апатия. На основании полученных оценок может быть

организован целый ряд практик по целенаправленному формированию у пилотов ГА профессионального мышления и физической подготовки в особых ситуациях с целью непрерывного психофизиологического контроля. Формирование определенных навыков с учетом эргономического пространства кабины ВС способствует повышению эффективности выполнения профессиональной деятельности и снижению человеческого фактора в аварийных ситуациях.

Определение эффективности применяемых методик оценки психофизиологического состояния посредством специальной психологической и физической подготовки в условиях стендового и полевого экспериментов позволит совершенствовать эргономическое рабочее пространство [4] и осуществлять непрерывный контроль. В современных условиях можно осуществить исследования с помощью:

- проведения профессиографического анкетирования пилотов авиапредприятия;
- создания единой системы показателей психофизиологических состояний (ПСФС) пилотов на базе авиационного предприятия;
- формирования комплекса методик для оценки профессиональных качеств пилотов с учетом системы показателей ПСФС;
- оценки работы и контроля работы данного комплекса;
- разработки прогностической модели оценки ПСФС пилота на основе данной методики.

Исходя из вышесказанного, методы применяемые в настоящее время должны контролировать и взаимодополнять друг друга.

В процессе выполнения исследований по обзору существующих методик были также использованы актуальные процедуры кадрового отбора членов летных экипажей авиапредприятий, метод экспертных оценок, метод системного анализа, парных сравнений, теория вероятностей и математической статистики [10].

Разработка и создание новой методики оценки психофизиологического состояния летного экипажа с учетом применения вышеуказанных методов дает возможность решить одну из задач эксплуатационного направления инженерной психологии – совершенствование способов развития психофизиологических качеств пилотов необходимых для выполнения полетных задач.

Для успешного выполнения полетного задания эффективность работы пилотов во многом определяется наличием у них профессионально важных психофизиологических качеств. Анализ деятельности летных экипажей показывает, что успешному выполнению поставленных задач способствует наличие таких качеств, как работоспособность, устойчивая концентрация и распределение внимания, нормальное состояние двигательного аппарата и т.д.

Признаками профессиональной непригодности являются период неустойчивой компенсации (период нарастания утомления) и период прогрессивного снижения продуктивности, расстройство внимания и симптомы хронического переутомления, и т.д.

Исходя из этого, наилучшее выполнение полетного задания покажут те пилоты, психофизиологическое состояние которых будет на высоком уровне. Одним из способов развития и совершенствования необходимых психофизиологических качеств является постоянная тренировка летных экипажей.

Под реализацией нового метода понимается внедрение системы программ психофизиологического тестирования, основанную на психофизиологических показателях и психолингвистических единицах, в организационную структуру кадрового обеспечения авиационного предприятия и прогностической базы по обеспечению безопасности полетов. Цель внедрения – оптимизация и автоматизация существующего комплекса программ по подготовке и обучению способам саморегуляции, активизации внимания и выработки состояния психологической готовности к выполнению действий в особых ситуациях на основе своевременной оценки психофизиологического состояния пилота.

Систему применения дополнительного метода можно разделить на два этапа: самостоятельная оценка своего состояния пилотом и мобилизация в особых условиях.

Первый этап – мышечная релаксация, уверенность, выработка чувства спокойствия. Цель – оценка существующих упражнений на создание внутреннего состояния, которое позволит пилоту адекватно оценивать своё состояние, и формирование списка дополнительных или необходимых упражнений по каждому пилоту. Критерии – ключевые характеристики психофизиологических показателей.

Второй этап – произвольно управлять своим состоянием. Цель – научиться вызывать необходимые изменения для формирования адекватной формирования своего психофизиологического состояния в особых условиях. Критерии – психолингвистические единицы.

В результате, исследования пилотов ВС ГА показали положительное влияние эмоционально-волевых тренировок на их психофизиологические качества. Современная авиационная техника является сложным объектом управления и объем информации о состоянии ее отдельных компонентов постоянно увеличивается, при этом время на переработку данной информации уменьшается. Также следует учесть, что всегда имеет место возможность внезапного ухудшения особой ситуации и скорости ее развития. Оптимизация индивидуальных психофизиологических характеристик пилотов гражданской авиации позволяет достигать высокого процента предотвращения летных происшествий (прогнозирование особых ситуаций и адекватного реагирования) в условиях совершенствования технических систем воздушных судов и их повышения надежности. Характеристики переключения и распределения внимания существенно улучшились. Субъективные данные пилотов также совпадают с полученными в ходе исследований данными. Оценка работоспособности производилась по следующим критериям: уровень сложности выполнения работы, психологическое и эмоциональное напряжение, пространственное ориентирование на рабочем месте, выполнение психологических тестов на внимание и проверку кратковременной памяти.

При этом готовность пилотов к особым ситуациям и выполнению действий при их наступлении определялась и оценивалась исходя из видов готовности:

- длительный (отношение к профессии, необходимые знания, устойчивые профессиональные особенности восприятия, внимания, мышления, эмоционально-волевые процессы) [13];

- временный – ситуационный характер (относительная устойчивость, эффективность влияния на процесс, расхождение в структуре готовности и условиях достижения целей).

Специальная физическая подготовка летного экипажа позволяет повысить некоторые психологические и психические качества пилотов за счет явления переноса тренированности. Занятия определенными видами спорта увеличивают скорость переработки информации в условиях выбора.

Таким образом, определение быстродействия пилота по формуле:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{ож}} + \frac{I}{V_{\text{оп}}},$$

где $t_{\text{оп}}$ – время быстродействия, $t_{\text{ож}}$ – время ожидания, I – количество информации в пределах одного цикла действия, $V_{\text{оп}}$ – скорость обработки информации пилотом.

Определение требуемого быстродействия по формуле:

$$t_{\text{оп}} \leq T_{\text{ц}} - \sum_{i=1}^n t_i$$

где $t_{\text{оп}}$ – время быстродействия, $T_{\text{ц}}$ – время цикла действия, t_i – время действия технического устройства.

В работе пилотов ГА помимо выполнения полетных заданий, необходимо проводить большую часть времени в режиме ожидания, при этом само рабочее пространство кабины летного экипажа на современных ВС имеет высокую степень автоматизации. Данное обстоятельство приводит к тому, что во время возникновения особых ситуаций пилоты должны переключаться с режима ожидания на режим активных действий в течение ограниченного времени (нормы QRH, условия самой ситуации, нормы компаний-

производителей и компаний – эксплуатантов, и т.д.). При этом летный экипаж должен принять адекватные решения по исправлению ситуации и произвести необходимые физические (работа РУДами, нажатие кнопки на панели, работа штурвалом/сайдстиком и т.д.) и физиологические (потребность в кислороде, сенсорная стимуляция, и т.д.) действия.

Профессионально значимые для пилота психофизиологические характеристики должны быть выявлены и подвергаться постоянному отслеживанию и анализу не только на этапах обучения и переподготовки, но и во время выполнения профессиональных обязанностей. В условиях регулярной летной деятельности психофизиологические характеристики летного экипажа определяются надежностью деятельности в особых условиях, однако их влияние на общую успешность в выполнении профессиональной деятельности намного ниже. Закономерность между процессами саморегуляции деятельности и влияния психофизиологических характеристик на успешность и надежность выполнения полетного задания тренажерной и летной деятельности становится более значительной и существенной по мере усложнения профессиональных обязанностей и роста профессионализма.

Ряд психофизиологических и физических качеств пилот должен быть на очень высоком уровне. Бланковые и аппаратные методики оценки психофизиологического состояния пилотов включены в новый метод и позволяют установить прямо пропорциональную зависимость между успешного выполнения действий, предписанных правилами и нормами, и уровнем качества выполнения этих действий, что в свою очередь может привести как к развитию негативного сценария, так и к положительным результатам.

Комплексное формирование профессиональных качеств пилотов современных воздушных судов является наиболее важным в период обучения и переобучения. Основными такими качествами являются: статическая выносливость, летная мотивация, нервно-эмоциональная устойчивость, мышление репродуктивное и пространственное, координация движения, оперативная память, внимание, личностная адаптивность в условиях эмоционального напряжения. Выявленное в ходе исследования соотношение психических и психофизиологических характеристик может быть применено в качестве эффективного подхода по формированию психофизиологических характеристик необходимых для пилотов гражданской авиации. Применение основных методик, включенных в предложенный метод, оценки психофизиологических состояний позволяет своевременно скорректировать индивидуальные тренировки на тренажерах, а также внести целенаправленное формирование необходимых недостающих или мало развитых психофизиологических и психологических характеристик для каждого пилота.

Результаты проведенных исследований показали, что необходимо учитывать, корректировать и целенаправленно формировать психофизиологические характеристики каждого пилота в летной и тренажерной деятельности. Целесообразность применения данных указанной методики оценки психофизиологического состояния пилота показана для индивидуализации тренажерной подготовки. Методики учета психофизиологических характеристик, их анализ и применение важны на всех этапах подготовки и переподготовки летного экипажа.

На основании теоретических и практических исследований, проведенных в рамках предложенного дополнительного метода оценки, основанного на психофизиологических показателях и психолингвистических единицах, было показано, что он предназначен в первую очередь для своевременного выявления возможных нерегламентированных действий летного экипажа в известной или прогнозируемой ситуации, и является эффективным инструментом в комплексе программ по совершенствованию структуры кадрового обеспечения авиационного предприятия и прогнозной базы в области управления безопасностью полета.

Основные практические выкладки и расчеты с полученными данными будут представлены в следующих работах и исследованиях, т.к. данная работа была направлена на:

- описание результата, полученного в ходе исследования существующих методик;
- обозначение и введение дополнительных критериев - «психофизиологические показатели» и «психолингвистические единицы»;
- описание основных выводов по результатам анализа деятельности летных экипажей в ходе экспериментов, проводимых ранее;
- обозначение цели внедрения дополнительной методики и системы ее применения по этапам;
- обозначение результатов полученных данных исследований и экспериментов.

В данной работе предложен и описан дополнительный психофизиологический метод как часть технологии непрерывного контроля в структуре кадрового обеспечения авиационной компании и комплекса прогнозной базы по обеспечению безопасности полетов в рамках прогностического подхода к деятельности летного экипажа в известной или прогнозируемой ситуации с целью автоматизации и оптимизации процессов по подготовки пилотов на этапе обучения летного экипажа и на этапе расчета оптимальных действий для конкретного экипажа или пилота в процессе реального полета и обрабатываемого на тренажерах в специальных сессиях.

Список литературы

1. *W. Zhu, C. Liu, Y. Liu.* Scenario model for emergency decision-making. *Qinghua Daxue Xuebao/ Journal of Tsinghua University*, 09, 2018. pp. 858-864.
2. *A.M. Freed.* Human interactions in man-machine systems. *Human Factors. The Journal of the Factors and Ergonomics Society*. January, 1963.
3. *Chernorizov A.M., Isaychev S.A., Zinchenko Yu. P., Znamenskaya I.A., Zakharov P.N., Khakhalin A.V., Gradoboeva O.N., Galatenko V.V.* Psychophysiological methods for the diagnostics of human functional states: New approaches and perspectives. *Psychology in Russia: State of the Art* 9(4):23-36, January 2016.
4. *Donald Harris.* Engineering Psychology and cognitive ergonomics. Coventry University. Publisher: Springer, July 2019.
5. *Пономаренко А.В., Кулабухов В.С., Халтобин В.М., Ключников А.А., Левин Д.Н.* Исследования и испытания автоматизированных систем обучения для подготовки инженерно-технического и летного состава самолетов и вертолетов // *Научно-технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление»*, №10 (115), 2010. С.74-78.
6. *Левин Д.Н.* Методы оценки рабочего места экипажа в процессе проектирования кабины перспективного авиационного комплекса. *Computational nanotechnology*. Т.6, №2, 2019. С.95-100.
7. *Randall J. Mumaw.* Analysis of alerting system failures in commercial aviation accidents. *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*. September 28, 2017.
8. *Ligjing Wang, Yanlong Wang, Yingchun Chen, Xing Pan.* Methodology for assessing dependencies between factors influencing airline pilot performance ratibility: A case of taxiing tasks. *Journal of Air Transport Management*. October 2020. Vol. 89.
9. *Айдаркин Д.В.* Разработка и применение автоматизированных систем для профессиональной подготовки летного состава гражданской авиации: монография / Д.В. Айдаркин, редактор Е.А. Нестерова, компьютерная верстка И.А. Ерёмина, Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2014, 111 с., тираж 100 экз.
10. *Miroslav Jirgl, Jan Boril, Rudolf Jalovecky.* “The identification possibilities of the measured parameters of an aircraft model and pilot behavior model on the flight simulator”, Conference: 2015 International Conference on Military Technologies (ICMT), 2015 May.
11. *Kacer Jiri,* “Modelling of the pilot behavior”, Conference: 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT), 2017 May.
12. *Babka D.W.,* “Flight Testing in a Simulation Based Environment”, San Luis Obispo, 2014.
13. *M. van der Vlugt, P.A. Wieringa,* “Training aircrews to recover from human error: a proposal for a training outline”, 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No.04CH37583), 10-13 Oct., 2004. The Hague, Netherlands.

05.13.01

О.Н. Кузина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»,
кафедра «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве»,
Москва, kuzinaon@mgsu.ru

ДАТАЦЕНТРИЧНЫЙ BIM-СЦЕНАРИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРИЕМКИ РАБОТ ПО ОБЪЕКТУ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В работе представлен BIM-сценарий информационного моделирования организационных, технологических, физических, документированных процедур наполнения модели объекта исполнительной информацией на стадии строительства. Проработка представленного сценария отражает детальные требования к структуре и составу информационной модели на основе анализа ожидаемых выгод от применения такого сценария на конкретном объекте. Для примера выбран сценарий моделирования строительно-монтажной работы по укладке плиты перекрытия. Любой сценарий информационного моделирования, как и представленный, должен быть адекватен запросам и возможностям участников строительного проекта.

Ключевые слова: *строительство, системный анализ, моделирование, информационная модель, жизненный цикл объекта, эксплуатация, сквозные цифровые технологии, цифровизация строительства, BIM-сценарий, управление данными.*

Введение. В соответствии с ППРФ 331 "Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства (ОКС), обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства", а также в соответствии с изменениями в Градостроительном кодексе РФ (ст.57.5), которые вводят на нормативно-правом уровне определение информационной модели, правила ее ведения (ППРФ 1431) на всех стадиях жизненного цикла, всеми участниками строительной деятельности формируется единая информационная модель. Для решения задач информационного моделирования применяется соответствующий стандартизованный процесс (BIM-сценарий), сценарий использования информационной модели (BIM-сценарий) [1].

Задача информационного моделирования (BIM-задача, BIM Use) - способ создания и использования информационных моделей на различных стадиях жизненного цикла объекта для достижения одной или нескольких целей инвестиционно-строительного проекта. Сценарий строится по стандартной модели системы «вход» – «процессы» – «выход» - «обратная связь» - «банк данных». Для каждого стандартизованного процесса на конкретном объекте формируется пул входной информации, требуемые показатели для достижения на стадии строительства, выходные данные и документы с ответственными исполнителями. На этапе исполнительских процессов происходит формирование информационной модели ОКС в соответствии с реально выполненными работами на площадке, с учетом всех отклонений и несоответствий первоначальному проектным решениям или рабочей документации для фиксации расположения всех элементов объекта в соответствии с их фактическим расположением в пространстве и во времени. Выходными данными исполнительной информационной модели будет исполнительная документация [2].

Цифровая организационно-технологическая модель формируется для обеспечения связности и наследуемости ресурсных данных в различных моделях [3]. Основным документом для формирования цифровой организационно-технологической модели является

ведомость объемов работ, которую выполняет проектная организация, в которой отражена последовательность выполнения работ, точные и достоверные количественные характеристики ресурсов – объемы, показатели, нормативы расхода ресурсов, коэффициенты, величина продолжительности строительства [3].

Центральным ядром цифровой организационно-технологической модели является ресурсная модель, которая формируется путем соединения данных из ведомости объемов работ и всех видов календарей для всех видов ресурсов. Данные ресурсные модели собираются на основании вариантной проработки вариантов проектных решений с учетом всех видов ограничений: - пространственных, временных, ресурсных, логистических, климатических и др [4].

Согласованность планов работ на календарных моделях обеспечивается за счет организации датацентричного сбора и обработки показателей для каждого конкретного объекта. В цифровой организационно-технологической модели накопление данных обеспечивается за счет синхронного пополнения текущего статуса ресурса (по конкретному количественному показателю), учитывая статусы качественных изменений в конфигурации конечного элемента. На основании этих обновлений производятся расчеты эффективности строительного производства, выявляются закономерности и становятся понятными возможные риски наступления определенных событий.

Сборка информационной модели происходит в 3 этапа: информационное моделирование проекта производства работ; формирование цифровой модели «Исполнительная» с учетом дискретной фиксации выполняемых работ и строительного контроля заказчика, подрядчика, проектировщика, госстройнадзора; мониторинг охраны труда и промышленной безопасности на строительной площадке [4].

Конкретный перечень требований к модели на этапе строительства устанавливается заказчиком на основании его потребностей, ожиданий и целей с учётом условий реализации и специфики строительного проекта. Реализация датацентричных сценариев использования информационных моделей обеспечивает достижение целей строительного проекта. Выбор сценариев для конкретного строительного проекта осуществляется на основе анализа ожидаемых выгод от их применения и затрат на их реализацию. Перечень используемых в конкретном строительном проекте сценариев использования информационной модели отражается в техническом задании на информационное моделирование. Данные, используемые для целей строительного производства, должны поддерживаться в актуальном состоянии и быть доступны в рамках среды общих данных [5].

Материалы и методы. В 2021 году специалисты АО ДОМ.РФ провели исследование об уровне использования технологий информационного моделирования в строительстве внутри самого проекта. Результаты показывают, что доля внедрения ТИМ в организациях на конкретном проекте по архитектурным решениям составляет 35%, по конструктивным решениям - 25%, по исполнительной документации только 3%.

Исходными данными для информационного моделирования строительного производства являются данные проектной модели - инженерных изысканий и архитектурно-строительного проектирования. Информационное моделирование на этапе строительстве осуществляется с помощью взаимоувязанных сценариев. Концептуальная цифровая организационно-технологическая модель содержит данные 3х типов моделей: проектной модели, ресурсно-технологической модель (РТМ) и организационно-технологической модели (ОТМ). В целом информационная модель на стадии строительства формируется на основании информационных требований заказчика (EIR), а также на основе подробного сценарного плана реализации проекта (BEP). Минимальная структура строительной модели включает в себя следующие элементы: архитектурные элементы; конструктивные элементы; инженерное оборудование и сети инженерно-технического обеспечения; строительная площадка; строительная техника и приспособления [6].

Также важно отметить, что основой исполнительной информационной модели на начало моделирования строительного производства является проектная информационная модель. Все последующее наполнение модели информацией происходит путем учёта данных из сценариев исполнительного информационного моделирования по строительному контролю и надзору, включая фотофиксацию, фотограмметрию, лазерное сканирование, георадиолокацию фактически выполненных объёмов работ, приёмку выполненных работ и ввод объекта в эксплуатацию, также относящихся к функции управления реализацией строительного производства. Перечни основных сценариев цифровой организационно-технологической модели на стадии строительства и реализуемые в них задачи, ожидаемая выгода и результаты применения информационного моделирования приведены в таблице 1 [7].

Таблица 1 – Сценарии информационного моделирования на стадии строительства

| Этапы исполнительских сценариев | | Ожидаемые эффекты | Основные результаты |
|---------------------------------|---|--|--|
| 1 | Цифровое производство, в т.ч. расчёт на базе 3D-модели объёма строительных отходов и поиск путей их минимизации | Снижение сроков и стоимости на 2%-5% | Модели раскроя материала (арматура, трубопроводы, воздуховоды, кабель) Модели установки опалубки Модели монтажа лесов Модели раскладки арматуры, установки армокаркасов |
| 2 | 4D-моделирование особо сложных ППР (до рабочих операций), включая интерактивные инструкции по монтажу оборудования | Снижение сроков строительства на 2%-5% | Модели пооперационного монтажа |
| 3 | Недельно-суточное планирование, контроль исполнения планов в физических величинах по конструктивным элементам 3D-модели | Снижение сроков строительства на 5%-10% | Недельно-суточные наряд-заказы на основании сводного комплексного узлового графика. Первичная учетная документация – акты выполненных работ Извещение об окончании строительства |
| 4 | Контроль доступности и расходования ресурсов | Снижение сроков строительства на 2%-5% | Анализ укомплектованности фронта работ Записи о расходах материалов в строительстве |
| 5 | Контроль производительности ресурсов | Повышение производительности и труда на 5%-10% | Анализ выработки по видам работ |
| 6 | Визуальное 4D-моделирование с указанием статуса элементов (фактически смонтировано, поставлено, закуплено и др.) для определения фронта работ | Снижение сроков строительства на 2%-5% | Анализ укомплектованности фронта работ |
| 7 | Фотофиксация, фотограмметрия фактически выполненных объёмов работ с внесением в модель | Снижение времени на поиск и обработку информации | Записи о выполненных работах в электронных журналах работ. Акты выполненных работ |

| | | | |
|--|---|---|---|
| Строительный контроль | | | |
| 8 | Моделирование графика операционного контроля, освидетельствования ответственных конструкций, участков сетей | Снижение сроков строительства на 0,5%-1% | Акты освидетельствования конструкций и сетей Программа проведения проверок Извещение о сроках проведения работ, подлежащих проверке |
| 9 | Геодезические работы с использованием 3D-модели | Снижение сроков строительства на 0,5%-1% | Разбивочная основа на базе цифровой информационной модели Разбивочная сеть (внутренняя) Записи геодезического контроля |
| 10 | Сбор первичных данных, в т.ч. лазерное сканирование и фотограмметрия | Снижение стоимости строительства | Обработанное облако точек, совмещенное с моделью |
| 11 | Обработка данных и управление несоответствиями построенного запроектированному, разработка корректирующих и предупреждающих мер, контроль их исполнения | Снижение сроков и стоимости строительства на 0,5%-1% | Перечень несоответствий План устранения несоответствий Принятые корректирующие и предупреждающие меры Предписание об устранении нарушений при строительстве Извещение об устранении нарушений при строительстве |
| Исполнительное моделирование и приёмка ОКС | | | |
| 12 | Формирование исполнительной модели | Снижение сроков приёмки объекта в эксплуатацию на 2%-5% | Исполнительная модель, структура модели (файлы, версии) |
| 13 | Валидация проектных параметров по результатам ПНР и ввода объекта в эксплуатацию, приёмка объекта Заказчиком | | Заключение о соответствии построенного ОКС ПД/РД |

Структура декомпозиции элементов в строительной информационной модели должна соответствовать принимаемым организационно-технологическим решениям. В соответствии с методологией поточного строительства объемы работы, элементы объекта делятся на узлы, циклы, захваты, пакеты, при этом формируется организационно-технологическая последовательность выполнения работ. Пакет работ – это нижний уровень структуры декомпозиции работ, формируемый по типоразмерам конструктивных или конструктивно-технологических элементов на захватке соответствующего цикла, имеющих одинаковый способ выполнения работ [8].

Безусловно, каждый сценарий – датацентричная система, отражающая переход данных по стадиям выполнения сценария, с согласованием и/или исполнением конкретными участниками в среде общих данных, учитывая их преобразование и последующее хранение. При выполнении сценариев информационного моделирования по какой-либо строительномонтажной работе для формирования Исполнительной документации (ИД) необходимо определить статус следующих данных:

1. Вид строительномонтажных работ, условия их выполнения.
2. Сбор информации по работе в соответствии с ГЭСН.
3. Источник поступления данных/информации, виды документов.
4. Определение типов исполнительной документации, куда информация и данные должны поступить.
5. Определение списка данных, необходимых для подготовки конкретного вида

исполнительного документа, кто эти данные даст (подрядчик, заказчик, проектировщик, ПТО...), типа формы.

6. Далее формируется технологическая цепочка процесса исполнения работы и оформления при этом ИД. Добавить участников всех процессов этой работы (создатель ИД, все типы стройконтроля –подрядчика, заказчика, государства, авторский надзор, все согласования итогов документов).

7. Отразить обратную связь – точки возможных ошибок при формировании ИД, риски невыполнения работ, безопасности данных, отступления от сроков и бюджетов проекта.

Результаты. Управление данными о ресурсах влияет на производительность труда на этапе строительства благодаря предварительному и тщательному планированию на этапе проектирования. Развитие цифровых строительных технологий влияет на эффективность управления данными и необходимо для прогнозирования рисков на этапе планирования. Текущая цель повышения качества организационных и технологических решений определяется однозначной тенденцией к повышению уровня разработки проекта организации строительства, смешивая его с проектом производства работ конкретной строительной организации [9].

Для исполнения указанных в таблице 1 сценариев моделирования необходимо выполнить последовательность шагов: установить последовательность моделирования; определить требования к информации в каждом из сценариев – структура, объем, актуальность; определить взаимосвязи между сценариями (сценарии могут отличаться для каждого объекта в зависимости от политики конкретного объекта).

Рассмотрим процессы информационного моделирования ИД для строительно-монтажной работы - укладка плит перекрытий площадью: до 5 м² при наибольшей массе монтажных элементов более 5 т. Согласно ГЭСН 07-01-006-05 состав операций по данной работе выглядит следующим образом: 01.Сварка закладных и монтажных изделий, 02. Замоноличивание швов и сопряжений бетоном, 03. Устройство температурного шва с установкой металлоконструкций, укладкой арматуры и сваркой, 04. Прокладка рулонных материалов в швах примыкания плит перекрытия к стеновым панелям.

Для каждого из видов работ определяются источники поступления данных/информации и тип документов:

01. Заказчик передает РД со штампом «в производство работ» Подрядчику: (план размещения перекрытий, план перекрытия, ПОС), спецификация материалов (закладные и монтажные изделия), спецификация строительных машин (кран, борт автомобиль, сварочная установка), ТК на укладку, ВОР, организационное разбиение на захватки.

02,03,04. ПТО (подрядчик): ППР, ТК на укладку, договоры с поставщиками материалов, договоры на аренду оборудования.

При укладке плит перекрытий применяются краны на гусеничном ходу, грузоподъемность 40 т, автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т, установки для сварки ручной дуговой (постоянного тока). Используются материалы: электроды сварочные Э42, диаметр 6 мм, элементы конструктивные вспомогательного назначения, с преобладанием профильного проката, собираемые из двух и более деталей, с отверстиями и без отверстий, соединяемые на сварке т, проволока горячекатаная в мотках, диаметр 6,3-6,5 мм, доска обрезная, хвойных пород, ширина 75-150 мм, толщина 32-40 мм, длина 4-6,5 м, сорт IV, рубероид кровельный РПП-300, смеси бетонные тяжелого бетона, плиты перекрытий плоские.

При моделировании исполнительных сценариев по представленному виду работу данные фиксируются в следующих исполнительных документах: журнал входного контроля; общий журнал работ; журнал работ по монтажу строительных конструкций; журнал сварочных работ; журнал антикоррозийной защиты сварных соединений; журнал замоноличивания монтажных стыков и узлов; паспорта, сертификаты, подтверждающие качество применяемых материалов; исполнительная документация, схемы и чертежи; акты освидетельствования скрытых работ; акт приемки ответственных конструкций; акт выполненных работ (КС-2) (по периодам выполнения по графику).

Определение списка данных, необходимых для подготовки конкретного вида исполнительного документа по форме, предложенной в таблице 2.

Таблица 2 – Фрагмент описания данных для сборки исполнительной информационной модели.

| № п.п | Вид ИД | Виды работ | Виды данных, источник данных | Тип данных |
|-------|--------------------------|-------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Журнал входного контроля | 01,02,03,04 | Дата поставки продукции или материалов. Название материалов. Отметка о доставке полного или частичного объема материалов. Количество. Данные о поставщике. Наименование организации списывают со счета-фактуры. Наименование сопроводительных документов, данные о накладных (номер, дата). Отклонения от ГОСТа, СНиПа и т.д. Дефекты. Подпись проверяющего. Источник данных: поставщик, производитель работ, начальник участка или инженер ПТО. | Date, String, Variant, Boolean Integer, Currency, Date, String, Variant, Boolean Код доступа как участника среды общих данных в модели. |

На основе собранных данных принимается решение о том, какую выбрать хореографию для модели в BPMN (пулы-участники строительства, пулы-процессы (входные, основные операционные, выходные) для создания алгоритма автоматизированного выполнения сценария моделирования.

При формировании исполнительной модели следует учитывать следующие риски: ошибки при указании дат, нехватка подписей в общем журнале работ; указание неполного перечня исполнительной документации в Разделе 6 общего журнала работ; отсутствие отметок об устранении выявленных недостатков Разделе 4 общего журнала работ; недостаточное количество или ошибки в исполнительных геодезических схемах; несоответствие паспортов материалам и изделиям или их показателям качества; риски нарушения сроков поставки материалов для ритмичного выполнения работ согласно календарному плану; риски несоответствия исполнительных документов РД/ПД; риски потери данных при сбое в работе программного и/или аппаратного обеспечения; риски ошибок/искажения результатов при неверных настройках доступа к среде общих данных/информационной модели; при передаче документов от участника к участнику возможны риски несвоевременного внесения данных по бумажной документации в учётную информационную систему объекта; риски потери документации при неструктурированной системе хранения документов (необходимо наличие структуры хранения завершённых документов с учётом их версионности, формата и с ограниченными правами доступа – доступ только на просмотр установленным приказом или EIR/BER должностными лицами) [11].

Обсуждения. Создание цифровой организационной и технологической модели (ЦОТМ), согласно нулевой гипотезе, способствует повышению уровню технологичности процессов исполнения моделирования и процессов организации строительства. По своей сути ЦОТМ – методология управления организационно-технологическими данными, образующаяся при соединении ПОС и ППР для исключения очевидного разрыва. Особую роль ЦОТМ приобретает при решении стратегического вопроса интеграции исполнительной модели (цифрового двойника объекта) с государственными информационными системами: {ГИСОГД+ФГИС ЦС+КСИ+ЕГРЗ+ГИС ТОР КНД+ ИС Минпромторга+ ИС Минтранса+ ИС ФНС + ИС Федерального казначейства + система аналитики данных заказчика/подрядчика}= для всех объектов. Такая интеграция позволит настроить систему регулирования сроков, стоимости и производительности процессов на строительных объектах [11].

Достижение таких результатов возможно при создании семейств данных - цифровые базы технологических карт/пакетов для ЦОТМ, построении сценарно-параметрических правил однозначной увязки простых рабочих процессов и элементов моделей.

Список литературы

1. Князева Н.В. Интеграция информационных систем служб эксплуатации с информационной моделью здания / Н. В. Князева // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 9. – С. 68-72.
2. ISO 19650-2:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets
3. Приказ Минстроя РФ от 24.12.2019 №861/пр. «СП 48.13330.2019. Свод правил. Организация строительства. СНиП 12-01-2004»
4. Кузина О.Н. Формирование информационной модели "Исполнительная" на стадии строительства (С-BIM) / О. Н. Кузина // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 7(97). – С. 43-47.
5. Князева Н.В. Использование BIM-сценариев в работе служб эксплуатации/Н.В. Князева, Д.А. Левина//Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 5. – С. 99-105.
6. Емельянов И. «25 сценариев и другие аспекты многообразия BIM». https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=18557 (дата обращения 10.12.21).
7. Взаимосвязь BIM-сценариев в рамках инвестиционно-девелоперского проекта / С. А. Кривой, А. И. Семин, А. В. Попов, Б. О. Бебякин // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 2(65). – С. 20-39. – DOI 10.18720/CUBS.65.2.
8. СП 471.1325800.2019 Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ
9. Кузина О.Н. Информационное моделирование стоимости объекта строительства на каждом этапе жизненного цикла. Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 1. С. 107-111.
10. Kuzina O. Information technology application in the construction project life cycle// IOP Conference Series Materials Science and Engineering - July 2020. 869:062044/
11. Jingrui Ju, Luning Liu, Yuqiang Feng. «Citizen-centered big data analysis-driven governance intelligence framework for smart cities». Telecommunications Policy. Volume 42, Issue 10, November 2018, Pages 881-896.

05.13.01

¹Д.Н. Левин канд. техн. наук, ²К.А. Иванова, ¹М.В. Шкурин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,
¹кафедра 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники»,
²НИО-101,
d.n.levin@mail.ru, ksavlad@gmail.com, m.shkurin@mai.ru

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ НЕРЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ ДЕЙСТВИЙ ЛЕТНОГО ЭКИПАЖА

В данной статье рассматриваются теоретические и практические исследования информационного обеспечения баз данных. Авторами база данных понимается как часть информационно-аналитического комплекса по обеспечению безопасности полета в рамках непрерывного контроля. Данный контроль направлен на прогнозирование нерегламентированных действий летного экипажа, а также выявление резервных психофизиологических и психолингвистических возможностей пилотов гражданской авиации в известной или прогнозируемой особой ситуации при выполнении полётного задания. В статье приведены схемы сценариев влияния относительных скоростей потоков на результат принятия решений. Показан вариант хранения объектно-ориентированных иерархических данных. Показано, что существующие информационные обеспечения нуждаются в совершенствовании, т.к. в настоящее время не полностью отражают действительность. Необходимо дальнейшее изучение, разработка новых и совершенствование существующих информационных обеспечений в связи с большим техническим прогрессом в эргономике рабочего пространства летных экипажей и появлением на авиационном рынке новых типов воздушных судов.

Ключевые слова: информационное обеспечение, база данных, информационно-аналитический комплекс, психофизиологические показатели, иерархия данных, хранение данных, особая ситуация, летный экипаж, пилот ГА, эффективность, полетное задание

Введение

В настоящее время актуальным вопросом является повышение эффективности прогнозирования в системе управления безопасностью полетов (СУБП) за счет автоматизации процессов получения, обработки и анализа полетной информации, в том числе информации о психофизиологическом и психическом состоянии пилотов гражданской авиации. Проведение подготовки и обучения действующего летного экипажа и натурные испытания в рамках исследований, посвящённых оценке эргономики рабочего места пилотов, также являются объёмным источником информации и крайне трудоёмким процессом. Сокращение сроков получения необходимого анализа и прогнозирование процессов в СУБП на его основе в реальном масштабе времени должно быть за счет использования систем обработки данных, которые поступают с объекта исследования. Основные параметры и параметры исследуемого объекта поступают и регистрируются в соответствии с установленными запросами системы матрицы базы данных. Обработка и анализ полученных данных необходим для прогнозирования действий пилотов с учетом моделирования их поведения, определённом по группе параметров, а также распознавания особой ситуации [1, 2, 5, 6]. С целью подтверждения или опровержения полученных результатов в ходе исследования проводятся стендовый и натуральный эксперименты. Данная система характеризуется мобильностью, надёжностью и возможностью автономного использования.

Разработка информационного обеспечения, состоящего из совокупности структурированных данных и программных средств обслуживания и обеспечения, и поддерживающая определенную информационную среду [9], необходима для создания базы данных и ее матрицы по нерегламентированным действиям пилотов авиакомпании. Жёсткие требования к операционной среде реального времени [3] выдвигаются в связи с большим темпом и объёмом поступающей информации исследуемого объекта. В настоящее время поток данных заданных измерений может достигать максимума, ограниченного только техническими характеристиками аппаратуры. Запрашиваемые данные передаются по независимым каналам измерения. Основой для функционирования системы обработки поступившей информации являются известные источники справочной информации. При этом данная справочная информация может различаться по параметрам, в зависимости от потребностей и нужд авиационного предприятия. Однако основные параметры этих «справочников» едины для авиакомпаний: идентификатор объекта, первичные данные о состоянии объекта, список характеристик и параметров объекта, таблицы решений, таблицы идентификации состояний, таблицы основных расчетов и т.д.

Исходя из вышесказанного возникает потребность не только в хранении и определении оптимальных алгоритмов работы с большими объемами информации, но и в наличии корректного и индефинитного (определенный, однозначный) идентификатора параметров и характеристик объекта. Специфика данных авиационной отрасли, временной режим задач измерительно-вычислительных систем, методы регистрации, обработки и анализа информации определили состав, структуру и используемые методы операционной системы (средства информационного обслуживания). Определение взаимодействия между матрицей базы данных, базовой файловой системой и системой управления базами данных является одним из основных вопросов по разработки средств информационного обслуживания.

Постановка задачи

Совокупность формализованных рекомендаций, алгоритмов и методов, на основе которых возможно создание базы данных и поддерживающих её программных средств, могут быть представлены в виде методики по проектированию информационного обеспечения матрицы базы данных. В данном случае «гибкая информационная» база данных позволит повысить производительность новых разработок и модификаций уже существующих программных обеспечений, а также расширить их функции, обеспечить оптимизацию логического и физического размещения и организации данных. Под «гибкой информационной» базой данных подразумевается система нескольких групп инструментально-однородных модулей, настройка которого выполняется индивидуально в соответствии с запросом.

В связи с большим ростом объемов работ, выполняемых авиационным предприятием и постоянно повышающимся уровнем сложности систем управления, дальнейшее развитие программного и информационного обеспечения с таким же высоким темпом закономерно. Эффективность систем прогнозирования, включая автоматизированные системы, напрямую связано с методами доступа к базе данных и методами ее организации [5]. Однако следует отметить, что во многих существующих базах данных отсутствуют данные о физическом и психическом состоянии летных экипажей, информация о динамике состояния. Разработка и внедрение специальных методов по поиску и размещению информации является одним из способов решения данной проблемы. Это также позволяет ускорить информационные потоки, процессы записи и поиска необходимой информации или данных, сократить объем памяти для реализации «гибкой информационной» базы данных. Это будет способствовать использованию подобной базы данных в условиях современной динамики процессов, постоянного развития авиационной СУБП, часто изменяющихся и усложняющихся систем конструкций рабочих мест пилотов.

В настоящее время существует ряд как технологических, так и методологических решений в области информационно-управляющих систем, включающих в себя формирование баз данных. Создание единого инструмента с заданной структурой, составом и наличием определённых методов в операционной системе баз данных в авиационной сфере произойдёт

нескоро. Каждое авиационное предприятие создает систему и инструменты, которые будут решать технологические и прикладные задачи исходя из потребностей данной компании. Единого универсального решения нет и не может быть в связи со спецификой работы каждого предприятия. Однако, формирование «образа гибкой информационной» базы данных необходимо для дальнейшего использования в качестве отправной точки создания собственной информационной базы с реализацией дополнительных потребностей, характерных только для данной авиакомпании. Также данный «образ» информационного обеспечения позволит существенно сократить обработку и анализ информации [8] по отдельным летным экипажам или пилотам в случае необходимости для специалистов и органов, осуществляющих надзорные и регламентирующие функции в рамках авиационной сферы.

Методы решения

Основные методы решения – теория множеств, теория принятия решений, теория графов, математическое моделирование динамических процессов и систем, теория систем, исследование операций. Системный подход используется при проектировании базы данных информационно-аналитического комплекса по обеспечению безопасности полетов с целью учета максимального количества факторов при обработке информации. В рамках инфологического подхода база данных разрабатывается для определенного класса объектов. Математические методы нелинейной теории динамических систем позволяют решать вопросы и задачи программного и математического обеспечения «гибкой информационной» базы данных.

Описание результатов

Эффективность выполнения профессиональных обязанностей пилотами гражданской авиации во многом предопределяется их профессиональной подготовкой, личными качествами и психофизиологическими характеристиками. Анализ деятельности летных экипажей должен быть не только выборочный или по случаю инцидента. Вся деятельность пилотов должна быть рассмотрена в динамике на протяжении всей профессиональной деятельности.

Получаемые данные должны регистрироваться и обрабатываться информационным обеспечением в операционной среде реального времени, а темп измерения параметра исследуемого объекта задаёт время реакции в данной среде.

Разработка методики, позволяющей синхронизировать задачи реального времени по запросам к уровню управления данными, поможет организовать вычислительные процессы по сбору и обработке данных измерения. Чтобы определить основные требования к информационному обеспечению базы данных необходимо построить инфологическую модель объекта и провести системный анализ операционной системы реального времени. Операционная система реального времени включает в себя функции и уровни управления данными, а также определяет взаимодействие и взаимосвязь с другими уровнями обслуживания. Вопросы синхронизации задач в многопоточных системах являются одними из основных. Невнимание к данным вопросам при построении информационного обеспечения базы данных информационного аналитического комплекса может привести к неправильному принятию решения или несостоятельности всей системы, комплекса.

Ведение базы данных осуществляется по исследуемым объектам, в которой имеются поля «Психофизиологические параметры» и «Психолингвистические единицы». Система оформлена как единый процесс, который имеет несколько основных и второстепенных потоков. Будем считать, что поток А передает информацию о динамике процессов психофизиологического состояния пилота, которая поступает с тестирований во время проведения сессий на авиационных тренажерах по отработке особой ситуации. Поток Р фиксирует в базе данных информацию о предпринятых целенаправленных действиях по устранению или приведению в состояние «норма» поведения пилотов в особой ситуации. Поток Т – фиксация информации о результатах в динамике на практике. Все три потока работают над общим файлом базы данных. Использование алгоритмов однотипное и включает в себя следующие шаги:

- 1) Считать из заданного файла базы данных в буфер зарегистрированную информацию о пилоте с заданным идентификатором
- 2) Внести новое значение в поле «Психофизиологические параметры» для потока А
- 3) Внести новое значение в поле «Психолингвистические единицы» для потока R
- 4) Вернуть обработанную информацию с регистрацией измененных данных в заданный файл базы данных



Рис. 1 – Доступ к разделяемым данным и процессы доступа к ним

Этапы действий для потоков определим следующие:

А-поток – a1, a2, a3, a4

R-поток – r1, r2, r3, r4

T-поток – t1, t2, t3, t4

Возможные сценарии развития ситуаций при вводных данных, указанных ранее:

I Сценарий. А-поток в определенный момент обновляет поле Психофизиологические параметры пилота ID ExTL. А-поток считывает зарегистрированную информацию в свой буфер. Далее происходит изменение данных в соответствии с поступившей обновленной информацией в области Психофизиологические параметры. Обрато внести данные в исходный заданный файл базы данных по причине прерывания процесса из-за завершения периода времени работы не успевает.

II Сценарий. R-поток вносит информацию о Психолингвистических единицах того же пилота ID ExTL. R-поток успевает считать информацию в свой буфер и выполняет обработку, обновление и регистрацию новых данных по Психолингвистическим единицам. Далее операция прерывается. Таким образом в буфере у R-потока имеется регистрация данных о пилоте ID ExTL, в поле Психофизиологические параметры которого запись данных не изменена.

III Сценарий. T-поток считывает заданный файл из базы данных по пилоту ID ExTL и регистрирует поступление новых данных в динамике на практике по файлам Психофизиологические параметры и Психолингвистические единицы в своем буфере. Передать полученные изменения в заданный файл базы данных не успевает.

IV Сценарий. Все потоки вносят изменение данные и регистрируют полученную информацию вовремя.

I Сценарий. Итог: Управление процессом передается А-поток. А-поток продолжает работу и возвращает обработанную информацию с регистрацией измененных данных в заданный файл базы данных. После того как А-поток будет прерван, R-поток регистрирует в базу данных поверх обновленной информации о пилоте ID ExTL свой вариант регистрации данных только со значением области Психолингвистические единицы. Таким образом, регистрируется информация о том, что пилот ID ExTL имеет изменения в Психолингвистических единицах, однако, информация о Психофизиологических параметрах может быть потеряна. В свою очередь она может иметь критическое значение для определения природы новых изменений в поведении и действиях пилота, отображенных в изменении Психолингвистические единицы. Результат представлен на Рис. 2.

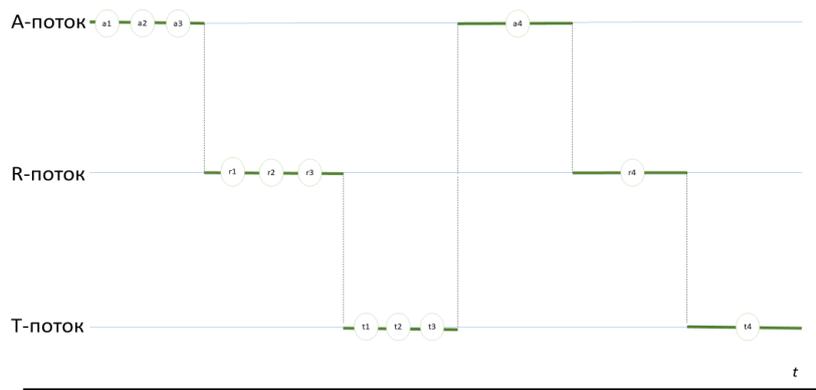


Рис. 2 – I Сценарий

II Сценарий. Итог: Информация, поступающая в базу данных, может носить нерегулярный характер и даже иметь единичное проявление. При условии, что ситуация, описанная в Сценарии А, может развиваться совершенно в противоположном направлении, то следствием этого будет потеря информации о Психолингвистических единицах. При этом информация о Психофизиологическом состоянии имеет корректное написание с учётом внесённых и обработанных данных. Результат представлен на Рис. 3.

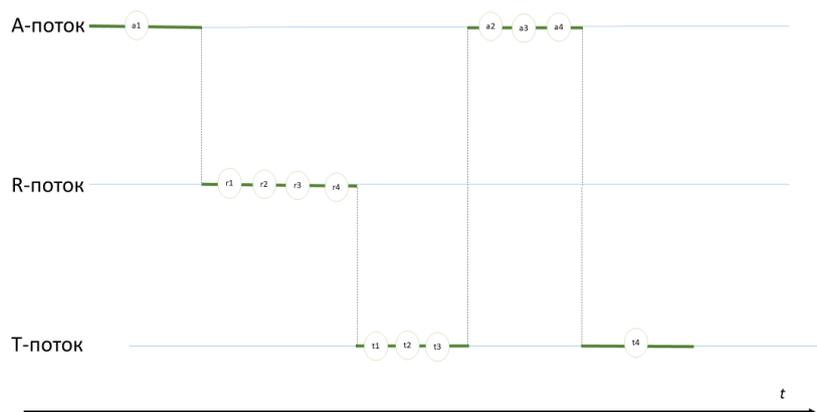


Рис. 3 – II Сценарий

III Сценарий. Итог: При условии, что изменения информации А-потока и R-потока были внесены и зарегистрированы, но информация Т-потока была потеряна, то влияние относительных скоростей потоков на результат принятия решений будет иметь следующий вид Рис. 4:



Рис. 4 – III Сценарий

IV Сценарий. Итог: все изменения, полученные и зарегистрированные потоками А, R и T были зарегистрированы в заданном файле базы данных и имеет вид Рис. 5:

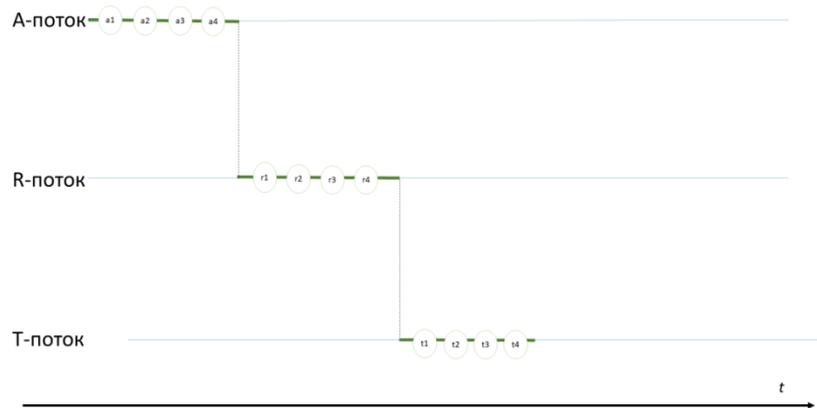


Рис. 5 – IV Сценарий

Все действия, представленные ранее, определяются моментами прерывания, временем прерывания, скоростями потоков и их взаимосвязи. Ситуации, когда два и более потока обрабатывают разделяемые данные, постоянна в информационном обеспечении базы данных. Конечный результат будет зависеть от скоростей потоков и их отладки.

Следует учитывать, что информация, поступающая в базу данных, имеет три вида – единичную, переменную и постоянную. Элементы заданного файла базы данных могут изменять в значительной или кардинальной степени зависимость между данными. База данных описывает изменяющиеся элементы по значениям и по структуре данных. В связи с этим, модели одних и тех же объектов исследования могут быть разными и отображаться в разных вариациях. При этом число таких вариаций моделей может быть бесконечным при условии, если не будет специально установлено предельное число возможных вариаций моделей. База данных в любом случае обязательно должна отвечать жестким заданным требованиям к времени поиска.

Основой информационного обмена между функциональными элементами информационно-аналитического комплекса является распределённая «гибкая информационная» база данных. Требования, предъявляемые к информационно-аналитическому комплексу по управлению безопасностью полета, определяют внешнесистемные требования к базе данных. Показатели оценки работы базы данных: производительность, пропускная скорость информационных потоков, достоверность обработки данных заданных потоков. Расчет показателей качества и эффективности функционирования базы данных и ее потоков происходит на основе ключевых исходных данных с использованием теории графов при моделировании процессов обработки контрольной информации.

Математическая модель должна отвечать требованиям базы данных для решения проблем при построении модели поведения на основе заданных параметров в постоянно меняющейся среде и информационной среды с динамической областью в процессе эксплуатации. При этом сама база имеет вид информационной среды с описанием объектов предметной области посредством использования объектно-ориентированного подхода. Использование объектно-реляционной надстройки над реляционной системой управления базами данных является наиболее оптимальной.

Первичные данные для нового программно-технологического подхода подготавливаются при помощи специально разработанным методикам по Психофизиологическим параметрам и Психолингвистическим единицам, программного информационно-аналитического комплекса и основываются на источниках данных, утвержденных в соответствии с потребностями авиационной отрасли. Основная задача программно-технологического подхода – мониторинг, анализ, оценка и прогнозирование нерегламентированных действий пилотов в

особых ситуациях. На основе проведенного сравнительного анализа современных методов и средств организации данных выбрана структура основных элементов базы данных и принципы обработки поступающей информации с учетом относительных скоростей потоков.

Выводы

На основании проведенных теоретических и практических исследований было показано, что информационное обеспечение базы данных прогнозируемых нерегламентированных действий пилотов гражданской авиации имеет специфическую иерархическую структуру организации регистрируемых данных об объектах исследования и возможных моделях поведения. В данной базе данных реализуется принцип целостности данных, при этом они достаточно «гибкие» при адаптации возможных моделей к задачам прогнозирования и имеют варианты по отношению к классам прогнозируемых объектов. Данное обстоятельство существенно сокращает объемы памяти и время обращения к регистрируемым исходным и измененным данным.

Список литературы

1. Будянский О.Ф., Киселев В.М., Сапронов А.С., Селезнев С.Л., Сосипатров С.П., Тарасов В.В., Цуканов В.А. Система регистрации данных. Патент. 2009144644/28, 2011. Курское ОАО «Прибор».
2. Чернигин К.О. Методика анализа развития особых ситуаций на основе математического моделирования динамики полета воздушных судов. Научный вестник МГТУ ГА. №188. 2013. С. 114-119.
3. Дурнев В.В., Мухин И.Е., Селезнев С.Л. Концепция мониторинга состояния и оценки безопасности системы «экипаж-воздушное судно-среда». Инновации. Исследования и разработки. № 9 (191). С. 114-117. 2014.
4. Freed A.M. Human interactions in man-machine systems. Human Factors. The Journal of the Factors and Ergonomics Society. January, 1963.
5. Кулик А.А. Исследование взаимодействия системы управления безопасностью полета с комплексом бортового оборудования воздушного судна. Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. № 4. С. 28-34.
6. Degani A., Barshi I., Shafto M. Information organization in the airline cockpit: Lessons from flight 236 // Journal of cognitive engineering and decision making, 2013, Vol. 7, No 4. – P. 330-352.
7. Dr. Salim A. Saleh. Analysis of computer aided process-planning techniques. Tikrit Journal of English Sciences. Vol. 16. No. 1, March 2009, pp. 74-92.
8. Куклев Е.А., Михальчевский Ю.Ю., Байрамов А.Б., Петухов Г.М. Применение в летных тренажерах интерфейса SHEL (ИКАО) при анализе влияния человеческого фактора на безопасность полетов. Транспорт Российской Федерации. ООО «Издательский дом Т-Пресса», Санкт-Петербург. № 6(55). 2014. С. 32-34.
9. Бабиченко А.В., Сухомлинов А.Б., Шевадронов А.С., Бабиченко А.А., Воробьев А.А., Елесин И.А, Кожин В.Р., Текстов М.В. Моделирование системы интеллектуальной поддержки экипажа с использованием стенда полунатурного моделирования. Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 1. С.70-77. 2020.
10. Luis Miguel Munoz, Ergonomics in the Industry 4.0: Virtual and Augmented Reality. Journal of Ergonomics 08(05), January 2018.
11. Федосовский М.Е. Разработка методов системного анализа для решения задач управления сложными техническими комплексами. Кибернетика и программирование. 2018. №3. С. 57-62.
12. Пономаренко А.В., Кулабухов В.С., Халтобин В.М., Ключников А.А., Левин Д.Н. Исследования и испытания автоматизированных систем обучения для подготовки инженерно-технического и летного состава самолетов и вертолетов // Научно-технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление», №10 (115), 2010. С.74-78.
13. Kacer Jiri, “Modelling of the pilot behavior”, Conference: 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT), 2017 May.

05.13.01

К.А. Моисеева, Я.И. Шамлицкий канд. техн. наук, Н.В. Ковбаса, А.Ю. Ефимов

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
Институт информатики и телекоммуникаций,
Красноярск, kristina2001irba@mail.ru, yar.publ@gmail.com,
11n16m09s@mail.ru, efaleks-ak@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ АЛГОРИТМОВ

Целью статьи является описание практического применения технологий автоматизации управления транспортными потоками и применения искусственного интеллекта для решения задач оптимизации дорожного движения. В статье рассматривается мониторинг дорожного движения, описаны его цели, задачи, указан необходимый функционал системы автоматизации мониторинга дорожного движения, перечислены параметры дорожного движения, которые она должна определять.

Ключевые слова: транспортные потоки, технические средства, дорожное движение, автоматизированные системы, светофор, обучающиеся алгоритмы.

В настоящее время, большое количество транспортных средств (ТС) привело к перегруженности городских дорог, многочасовым пробкам, затруднению движения пешеходов, увеличению количества аварий и т. д. Сократить перегрузку транспортной сети возможно только при использовании современных методов управления дорожным движением.

Внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением является инновационным способом повысить эффективность регулирования улично-дорожной сети. Стандартный функционал такого рода систем – видеонаблюдение за ситуацией на дорогах, централизованное управление сигнальными и светофорными системами, автоматический мониторинг параметров транспортного потока.

Критерии управления транспортными потоками

Уровень обслуживания (Level of Service, или LOS) заимствован из теории массового обслуживания, он необходим для оценки обстановки движения транспортных средств. Определяющими показателями эффективности использования АСУДД согласно ГОСТ 24.501-82 «Автоматизированные системы управления дорожным движением» [2] являются:

- время задержки транспорта на перекрестках;
- число остановок транспортных средств на перекрестках;
- расход топлива;
- средняя скорость движения транспортных средств;
- пропускная способность УДС;
- уровень безопасности движения.

Перечисленные выше показатели являются зависимыми. Говоря об этом, расход зависит от скорости, задержки и остановки транспортных средств, скорость сообщения зависит от задержек, выпуск выхлопных газов, а также уровень шума, определяются величинами задержек и числом остановок транспортных средств. Следовательно, ключевым показателем эффективности АСУДД выступают величины задержек транспорта.

Оптимизация транспортных потоков в условиях городского хозяйства

Усовершенствовать транспортные потоки, при этом не внося изменения в технические параметры УДС города, возможно благодаря определенным правилам, а именно:

- своевременно информировать водителей транспортных средств о ситуации на дороге;
 - улучшить режимы работы светофоров в соответствии с тем или иным движущимся транспортным потоком в конкретный момент времени;
 - проводить точечные мероприятия по оптимизации дорожного движения.
- Рассмотрим модель оптимизации городской маршрутной системы, рис. 1

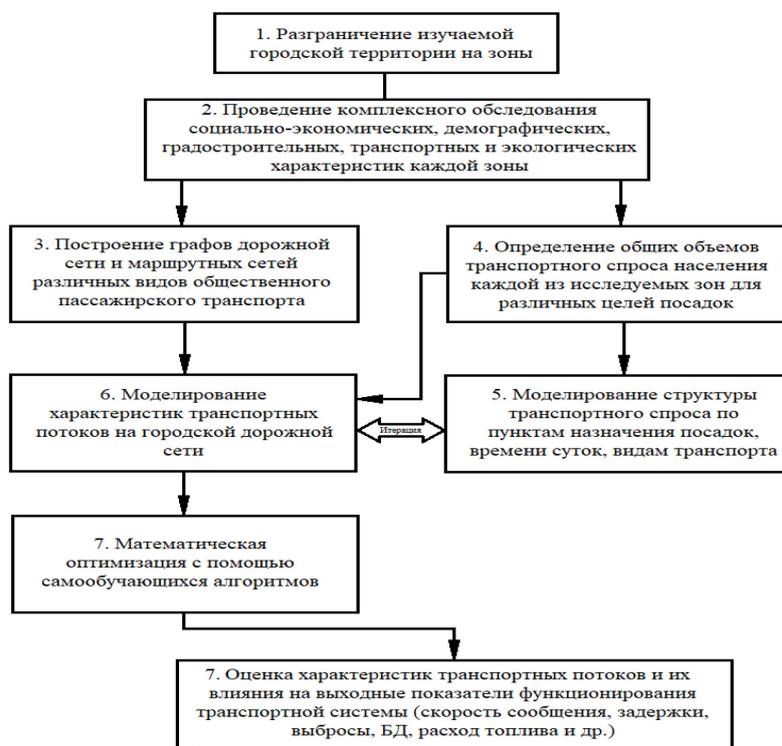


Рис. 1 – Модель оптимизации городской маршрутной системы

С целью оптимизации движения в городах был разработан ряд программ, некоторые из которых созданы на основе центра организации дорожного движения, в случае его работы в том или ином городе [4].

Управление режимами светофорного регулирования на основе обучающихся алгоритмов

Большая часть современных систем управления светофорами работает по заданным алгоритмам, интервалам времени, из-за этого система не способна справиться с меняющейся ситуацией на дороге. Перспективным решением данной задачи является оптимизация системы с помощью искусственных нейронных сетей. Их достоинство заключается в возможности самообучения, что позволяет системе оптимизироваться под изменяющуюся ситуацию на дороге [5].

В работе «Гибкое управление светофорной системой перекрестка на основе нейронных сетей» И. А. Седых, Д. С. Демахина [6] рассматривается алгоритм обучения искусственной нейронной сети для светофорной системы на основе многослойного персептрона с одним скрытым слоем. По предложенному и реализованному алгоритму была сформирована выборка, на которой обучалась нейронная сеть. Использование для управления светофорами нейронной сети продиктовано её способностью к самообучению в изменяющихся условиях. Это так называемое обучение без учителя, когда настроенные ранее веса начинают колебаться с целью максимизации критерия качества, которым в данном случае является пропускная способность перекрестка. Таким образом, в дальнейшем возможно реализовать автоматическую адаптацию системы управления к меняющимся условиям движения, например, при проведении ремонтных работ, по сезонам года и т. д.

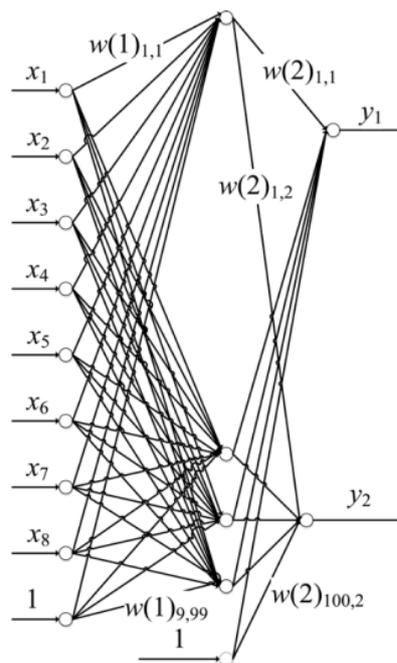


Рис. 2 – Графическая схема нейронной сети перекрестка

Здесь $x_1 - x_4$ – максимальное число машин в соответствующей группе, $x_5 - x_8$ – счетчики времени ожидания соответствующей группы, то есть время нахождения группы в состоянии желтого и красного сигналов, x_9 – единичный сигнал, $w(1)_{ij}$ – весовые коэффициенты связей от входного к скрытому слою, j – номер нейрона скрытого слоя [6, с. 96].

На основе данных, полученных в результате наблюдения за реальным перекрестком, были выбраны параметры нейронной сети: архитектура, функция активации, количество нейронов промежуточного слоя, определены входы и выходы сети. Проведено обучение нейронной сети управления светофорами перекрестка с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. По результатам численного эксперимента приведенный в работе алгоритм управления продемонстрировал свою пригодность для решения задачи оптимизации движения транспортного потока в городских условиях [6, с. 95 - 98].

Оптимизация светофорного регулирования с применением нейронных сетей — является эффективным способом увеличить безопасность дорожного движения. Необходимо уделить больше внимания нейронным сетям для регулирования светофорных систем, так как эффект может значительно изменить ситуацию на дорогах.

Список литературы

1. Kittelson W. K. Historical Overview of the Committee on Highway Capacity and Quality of Service / W. K. Kittelson // Transportation Research Circular E-C018 : 4th International Symposium on Highway Capacity. – USA, Kittelson and Associates. Inc. – 2001. – p. 4-12.
2. ГОСТ 24.501-82. Автоматизированные системы управления дорожным движением. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 7 с.
3. Оптимизация движения транспорта и транспортных сетей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prom-terra.ru/articles/optimizatsiya-dvizheniya-transporta-i-transportnykh-setey.html>
4. Как сделать светофор умнее [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/553162/> (дата обращения 17.11.2021).
5. Казарян Д.Э., Михалев В.А., Софронова Е.А. Нейросетевые подходы к управлению потоками транспорта. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2017. Т. 18 № 1. С. 97-106.
6. Седых. И.А., Демахин Д.С. Гибкое управление светофорной системой перекрестка // Автоматизация процессов управления – 2017. -№ 1 (43). – с. 94-110.

05.13.01

А.А. Смирнов, А.С. ДолговАкадемия Федеральной службы охраны Российской Федерации,
Орел, al2smi@gmail.com**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХОЛЬТА-УИНТЕРСА
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЯВЛЕНИЯ СООБЩЕНИЙ
НОВОСТНЫХ АГЕНТСТВ**

В статье описывается разработанный алгоритм загрузки текстовых сообщений новостных агентств с прогнозированием появления новых сообщений по методу Хольта-Уинтерса. Алгоритм позволил, за счет информации об источнике публикации новостных сообщений, осуществить балансировку параметров своевременности загрузки текстовых сообщений и использования ресурсов системы загрузки для повышения эффективности ее работы.

Ключевые слова: сбор данных, адаптивные системы, прогнозирование появления сообщений, интеллектуальный анализ данных.

Современные системы мониторинга [1] и анализа текстовых сообщений обеспечивают потребителей информацией из открытых источников сети Интернет. Непрерывное пополнение коллекции сообщений обеспечивает система загрузки сообщений. От работы этой системы зависит своевременность, полнота и достоверность [2] доставки сообщений потребителям. Стремительный рост числа новостных источников информации (новостных агентств, социальных сетей, блогов, мессенджеров), сложные временные характеристики их работы, многообразие типов публикуемых материалов, задействуют все большее количество ресурсов системы загрузки. Применение общесистемного подхода к загрузке информации через фиксированные интервалы времени, в большинстве случаев, связано с высокими ресурсными издержками. Развитие интеллектуальных подходов к загрузке сообщений из новостных источников позволит перераспределить ресурсы системы загрузки и повысить ее эффективность.

Подходы извлечения информации из веб-ресурсов описаны в [3]. Исследование проблем оптимизации сканирования ресурсов проводится в работе [4]. Авторы работы [5] предложили решение, в котором реализуются механизмы адаптивного обхода ресурсов для сбора гиперссылок. Ранее, авторы в работе [6] исследовали модели генерации контента новостных сайтов для определения алгоритмов сбора текстовых сообщений Интернет-ресурсов.

В данной работе проводится сравнительный анализ алгоритма загрузки сообщений с фиксированным интервалом (общесистемный подход) и предлагаемого авторами алгоритма загрузки текстовых сообщений с прогнозированием по методу Хольта-Уинтерса.

Алгоритм с фиксированным интервалом между загрузками сообщений (Fixed) осуществляет загрузку текстовых сообщений через равные промежутки времени. На рис. 1 представлена временная диаграмма работы алгоритма с фиксированным интервалом загрузки.

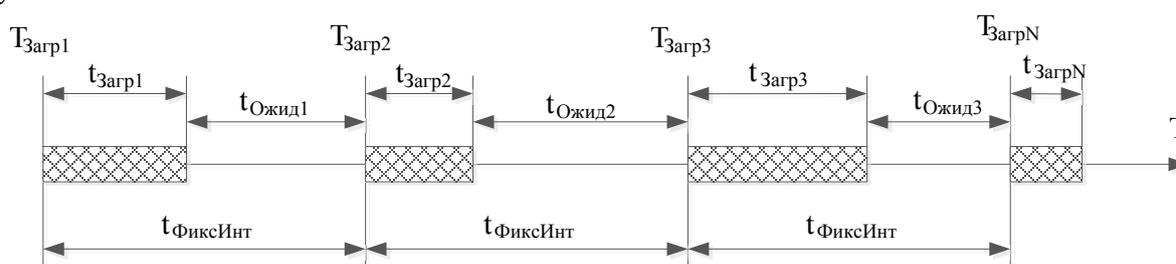


Рис. 1 – Временная диаграмма работы алгоритма загрузки текстовых сообщений с фиксированным интервалом

Инициализация алгоритма осуществляется заданием фиксированного интервала между загрузками $t_{\text{ФиксИнт}}$. Расчет времени очередной загрузки осуществляется по формуле 1.

$$T_{\text{Загр}N} = T_{\text{Загр}N-1} + t_{\text{Ожид}N-1}, \tag{1}$$

где $T_{\text{Загр}N}$ – время очередной загрузки новостных сообщений, $T_{\text{Загр}N-1}$ – время предыдущей загрузки, $t_{\text{Ожид}N-1}$ – интервал ожидания до следующей загрузки. Расчет интервала ожидания осуществляется по формуле 2.

$$t_{\text{Ожид}N} = t_{\text{ФиксИнт}} - t_{\text{Загр}N}, \tag{2}$$

где $t_{\text{ФиксИнт}}$ – фиксированный интервал между загрузками, $t_{\text{Загр}N}$ – интервал загрузки сообщений, $t_{\text{Ожид}N}$ – интервал ожидания до следующей загрузки текстовых сообщений.

Достоинства алгоритма с фиксированным интервалом заключаются в простоте реализации и стабильной работе. К недостаткам следует отнести возможность потери сообщений при увеличении интервала опроса источника, так как сообщения пропадут из ленты сообщений. Например, у новостного агентства «РИА Новости» новости в ленте сообщений в дневное время обновляются в течение 30 минут. Кроме того, отдельные источники публикации ограничивают опрос своих ресурсов отслеживая системы автоматической загрузки. Использование фиксированного интервала явно указывает на автоматический сбор сообщений.

Промежутки времени между загрузками (интервал загрузки) определяют время доставки сообщения от момента публикации до загрузки сообщения в систему. Чем больше интервал между загрузками порций сообщений в систему, тем позже сообщение может быть просмотрено оператором. Уменьшая интервал между загрузками, повышается частота опроса источника, следовательно, сообщения быстрее поступают в хранилище с момента публикации. Однако, это неизбежно приводит к увлечению потребления ресурсов системой загрузки (увеличению загрузки канала передачи данных, объема используемой памяти, использованию мощностей процессора, количества обращений к источнику информации). При большом количестве опрашиваемых источников система может не успеть загрузить текстовые сообщения за установленное время или могут сработать ограничения, накладываемые источником публикации.

Использование разработанного алгоритма загрузки сообщений с прогнозированием по методу Хольта-Уинтерса (НУ) позволило прогнозировать количество публикуемых сообщений и динамически менять интервал подстраиваясь под частоту публикации источника. Временная диаграмма работы алгоритма загрузки сообщений с прогнозированием по методу Хольта-Уинтерса

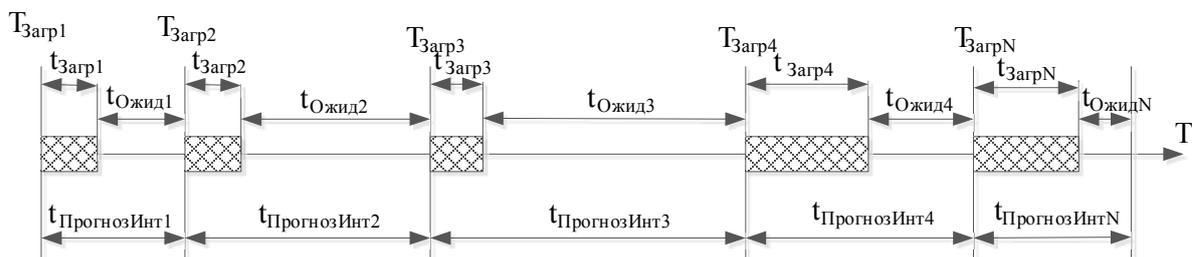


Рис. 2 – Временная диаграмма работы алгоритма загрузки сообщений с прогнозированием по методу Хольта-Уинтерса

Интервал $t_{\text{ПрогнозИнт}N}$ рассчитывается по количеству спрогнозированных сообщений в единицу времени. Расчет прогноза сообщений осуществляется с использованием системы уравнений Хольта-Уинтерса (формула 3):

$$\begin{cases} Y_{T+\tau} = (a_T + \tau b_T) + c_{T-s+\tau} \\ a_t = \alpha(Y_t - c_{t-s}) + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1}) \\ b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \\ c_t = \gamma(Y_t - a_t) + (1-\gamma)c_{t-s} \end{cases} \quad (3)$$

где s – шаг сезонности в модели, a_t, b_t, c_t – параметры модели, $\alpha, \beta, \gamma \in (0,1)$ – постоянные сглаживания.

Выбор метода прогнозирования был обусловлен простотой реализации, низкой ресурсоемкостью (по сравнению с нейросетевыми методами, на опорных векторах, на нечеткой логике), наличием учета сезонной составляющей.

Использование алгоритма с прогнозированием позволило источникам с низкой частотой публикации загружать реже, освобождая ресурсы системы загрузки для обработки других источников.

Соответствие прогнозных значений алгоритма загрузки с использованием метода Хольта-Уинтерса и реальных данных можно наблюдать на графике (см. рис. 3).

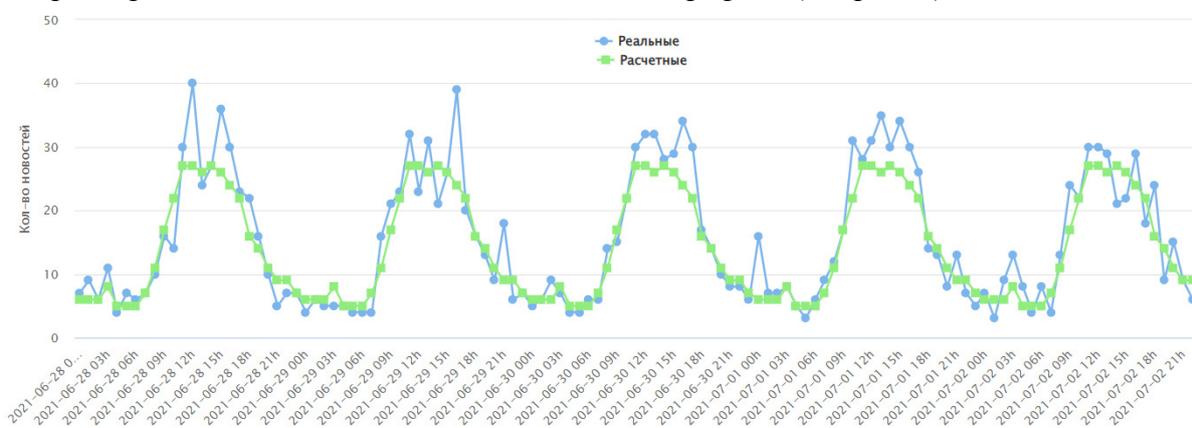


Рис. 3 – Соответствие прогнозных и реальных данных по количеству сообщений, рассчитанных методом Хольта-Уинтерса

Для проведения исследования использовалась база новостных источников, содержащая более 3 млн. сообщений по более чем 400 источникам. Для проверки работы алгоритмов были отобраны типичные представители новостных источников со средней частотой сообщений от 365 (РИА Новости) до 10 (Коми онлайн) в сутки.

Полученные в ходе испытаний алгоритмов значения характеристик представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики алгоритмов

| Алгоритм | Среднее время доставки сообщения (сек) | Использование процессора (сек) | Использование канала передачи данных (Мб) |
|----------|--|--------------------------------|---|
| Fixed | 330 | 142332 | 22720 |
| HU | 362 | 54735 | 9888 |

Использование алгоритма, реализующего метод прогнозирования Хольта-Уинтерса, позволило уменьшить использование процессорного времени в 2.6 раза, а использование канала передачи данных в 2.3 раза, при незначительном увеличении времени доставки сообщения (менее 1.09).

Таким образом, использование предложенного алгоритма в системе загрузки Интернет-источников позволило перераспределить технические и вычислительные ресурсы системы загрузки для оптимизации работы (по ресурсоиспользованию) в зависимости от ожидаемой работы источника.

Список литературы

1. *Беляев К.В., Босов А.В., Краюшкин Д.В.* Обзор и сравнительный анализ информационно-аналитических систем. – М.: ИПИ РАН, 2008. – С. 136 с.
2. ГОСТ Р 43.0.4-2009. Информация в технической деятельности. Общие положения. М., 2009. 20 с. (Информационное обеспечение техники и операторской деятельности.)
3. *Барсегян А.А.*, Анализ данных и процессов: учеб. Пособие / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод, М.Д. Тесс, С.И. Елизаров. – 3-е изд., прераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
4. *Аюков С.В.* Оптимизация сканирования ресурсов Интернет поисковой машиной с помощью оценок скорости изменения документов / С. В. Аюков, О. С. Бартунов, Е. Б. Родичев // Научный сервис в сети Интернет : труды Всероссийской научной конференции, Новороссийск, 23–28 сентября 2002 года / Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Ростовский государственный университет, Институт вычислительной математики РАН. – Новороссийск: Издательство Московского государственного университета, 2002. – С. 133-137.
5. *Печников А.А.* Адаптивный краулер для поиска и сбора внешних гиперссылок [Текст] / А. А. Печников, Д. И. Чернобровкин // Управление большими системами. – № 36., 2012. – С. 301-315
6. *Овсянников А.А.* Модели генерации контента новостных источников в системе мониторинга социальных медиа-ресурсов / А. А. Овсянников, А. А. Смирнов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2016. – № 23(244). – С. 112-116.

05.13.01

А.С. Строкина, Н.Г. Андреев, В.В. Андреев д-р техн. наук

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е.Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики им. академика Ф.М. Митенкова,
кафедра ЯРиЭУ,
Нижний Новгород, strokina.1998@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГАММА-ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА ПЕРСОНАЛ

В работе рассмотрены преимущества и недостатки одного из основных методов неразрушающего контроля качества – гамма-дефектоскопии. Представлены составляющие дозовой нагрузки при проведении гамма-дефектоскопии различного оборудования. С целью оптимизации технико-экономических показателей транспортных контейнеров выполнены расчеты доз на поверхности контейнера, изготовленного из различных материалов. Оценена стоимость необходимых материалов для изготовления транспортного контейнера.

Ключевые слова: гамма-дефектоскопия, дефектоскоп, диагностика, транспортный контейнер, источник излучения, дозовая нагрузка.

Безопасная эксплуатация объектов высокорисковых производств (ядерная, химическая, нефтехимическая, газовая отрасли) – требует получения оперативной и достоверной информации о состоянии ответственных изделий, таких как, трубопроводы и арматуры, сосуды и емкости высокого давления, а также другие конструктивные элементы. Для достижения этой цели на предприятиях проводится контроль качества с использованием методов обнаружения дефектов. Основным методом при выявлении различных изъянов, таких как изменение напряженного состояния, образование ржавчины, растрескивание объекта в процессе эксплуатации и др. является неразрушающий контроль качества. Диагностика изделий позволяет обеспечивать безопасность, функциональную надежность и эффективность работы технического объекта, а также сокращение затрат на его техническое обслуживание и уменьшение потерь от простоев по причине отказов и преждевременных выводов в ремонт.

Одним из основных методов неразрушающего контроля качества изделий является гамма-дефектоскопия. Для реализации данного метода используют специальное оборудование - гамма-дефектоскопы. Выпускают гамма-дефектоскопы двух видов: универсальные шлангового типа, у которых источник излучения подается к месту контроля по шлангу-ампулопроводу, и для фронтального и панорамного просвечивания (ампула не выходит за пределы радиационной головки) [1].

Указанный метод отличается высокой достоверностью, информативностью и надежностью, он основан на регистрации макроструктуры объекта контроля в потоке ионизирующего излучения и регламентирован соответствующими нормативными требованиями[2,3]. Основными преимуществами гамма-дефектоскопии перед другими методами является: а) сравнительно простое устройство оборудования; б) компактный источник излучения; в) возможность использования в полевых условиях; г) документальное подтверждение получаемых результатов (радиографические снимки). Использование небольшого источника излучения позволяет обследовать труднодоступные участки изделий и изделия на расстоянии, что особенно актуально для диагностики узлов ЯЭУ, в связи со значительным дозовым воздействием оборудования ЯЭУ на человека[4].

Главным недостатком в использовании гамма-дефектоскопии является необходимость организации специальных мест хранения дефектоскопов и организация биологической защиты. Также к недостаткам данного метода относится сложность расшифровки рентгеновских пленок[5]. Связано это с тем, что при использовании автоматической расшифровки пленок вероятность пропуска дефекта и ошибки при квалификации дефекта значительно выше, чем вручную. Автоматическая расшифровка пленок не имеет стандартов, поэтому после поиска дефектов программой дефектоскопист вынужден вручную корректировать дефекты, найденные программой, удалять ложно найденные дефекты, добавлять не найденные[6,7].

В настоящее время, предлагается множество идей с целью повышения эффективности и усовершенствования контроля качества с использованием гамма-дефектоскопов. Для повышения производительности труда могут быть использованы системы орбитального перемещения для контроля кольцевых сварных швов трубопроводов или распознавание дефектов конструкций с помощью беспилотного летательного аппарата. Данная технология мониторинга позволяет проводить проверку мостов, антенных конструкций, объектов тепло- и электроэнергетики, проверка которых обычно проводится только визуально[8].

Широкие масштабы использования данного метода неразрушающего контроля качества сварных швов и целостности производственного оборудования также требуют дальнейшего совершенствования системы радиационной защиты.

Основной радиационно-опасной операцией, вносящей 90% вклада в суммарную дозу облучения персонала, является извлечение радионуклидного источника из радиационной головки или контейнера и помещение его в транспортный контейнер, 10% вносит установка прибора для проведения гамма-съемки, просвечивание и транспортировка дефектоскопа из хранилища и обратно [9].

Главной целью совершенствования системы радиационной защиты является уменьшение суммарной дозы облучения персонала. Уменьшение дозового воздействия, возникающего во время извлечения радионуклидного источника при его перезарядке, труднореализуемо. Исходя из этого, основной задачей нашего исследования является анализ и сравнение эффективности транспортных контейнеров из разных конструкционных материалов, используемых для транспортировки измерительного оборудования. Кроме того, важным аспектом является сравнение конструкционных материалов с экономической точки зрения.

В рамках исследования в качестве источника излучения для гамма-дефектоскопа был выбран Ir-192. Исходные данные по выходу гамма-излучения на распад Ir-192 принимались на основе библиотеки ENDF-VII.0.

В ходе работы проведен расчет дозовых нагрузок на поверхности транспортного контейнера по программе DOT-III с библиотекой констант CASK-40[10,11]. При расчете дозовых нагрузок за пределами защитного слоя использовалась ранее апробированная методика моделирования транспортного контейнера. Этот контейнер используется для перемещения нейтронных источников при перезагрузке их в исследовательский комплекс «Нейтронный конвертер». Результаты расчетов по данной методике были проверены в процессе запуска исследовательского комплекса и продемонстрировали хорошее согласование с результатами измерений[12,13].

На рисунке 1 представлены распределения мощности дозы вблизи транспортного контейнера из бетона, тяжелого бетона, свинца и стали, соответственно. Результаты расчета толщины стенки, обеспечивающей допустимую дозу облучения при изготовлении транспортного контейнера для различных материалов приведены в таблице.

Исходя из данных значений получаем, что наиболее эффективными, но и самыми дорогостоящим являются транспортные контейнеры из свинца и стали. Альтернативным вариантом является создание транспортного контейнера из тяжелого бетона, который позволит сделать гамма-дефектоскопию доступнее с экономической точки зрения. Выполненные расчеты позволяют более обоснованно производить выбор конструкции и материала для создания транспортного контейнера.

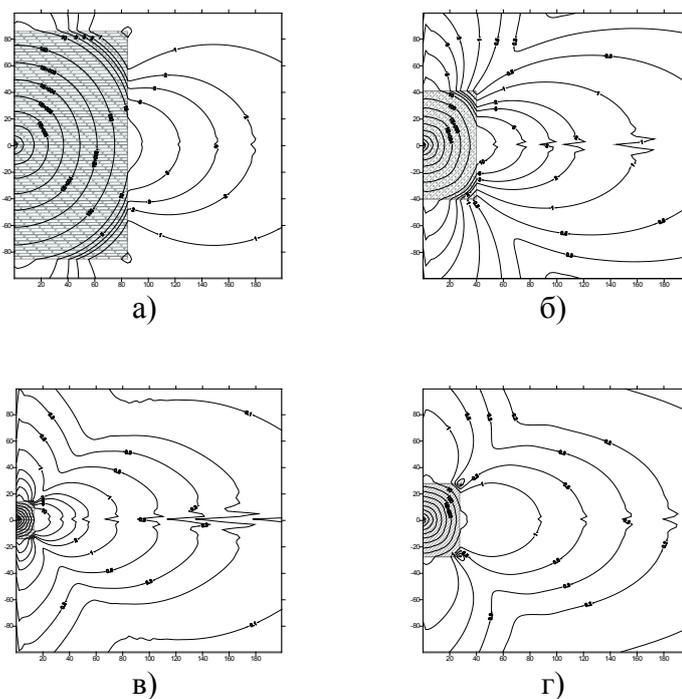


Рис. 1 – Мощность дозы γ -излучения от источника Ir-192, мкЗв/ч
 а) – в контейнере из бетона; б) – в контейнере из тяжелого бетона;
 в) – в контейнере из свинца; г) – в контейнере из стали

Таблица – Результаты расчета толщины стенки транспортного контейнера и стоимости необходимого конструкционного материала

| | Плотность, г/см ³ | Объем, м ³ | Вес, кг | Толщина стенки, мм | Цена за 1 м ³ , тыс. руб. | Стоимость материала, тыс.руб |
|----------------------|------------------------------|-----------------------|---------|--------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Бетон (М300) | 2,1 | 3,84 | 8028,4 | 840 | 4,2 | 16,13 |
| Тяжелый бетон (М600) | 3,47 | 0,41 | 1412,8 | 395 | 5,8 | 2,38 |
| Свинец | 11,34 | 0,016 | 181,8 | 130 | 1469 | 23,50 |
| Сталь | 7,8 | 0,13 | 1027,2 | 270 | 199 | 25,87 |

* При рассмотрении цен материалов использовались данные с сайтов: <https://vtp-metall.ru>; <https://stroitel-lab.ru>.

Список литературы

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник / под ред. В.В. Клюева. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1986, 487с.
2. ГОСТ 7512-75. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. М., Изд-во стандартов, 1976, 22 с.
3. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля ПН АЭ Г-7-010-89., Москва, Энергоатомиздат, 1991.
4. Радиоизотопная дефектоскопия : методы и аппаратура / А.Н. Майоров [и др.]. Москва: Атомиздат, 1976. 208с.
5. *Акопов В.С., Воронин С.А., Мешалкин И.А.* О целесообразности создания автоматизированных комплексов радиационной дефектоскопии в кн. Вопросы атомной науки и техники. Серия Радиационная техника, М., Атомиздат, 1976, вып. 12, с.297- 304.
6. *Грудский А.Я., Величко В.Я.* Оцифровка радиографических снимков — это не очень просто. — В мире НК. 2011. № 4 (54). с. 74–76
7. *Грудский А.Я., Величко В.Я., Деч А.В.* Как гарантировать достоверность и качество цифрового архива рентгеновских снимков кольцевых сварных соединений магистрального трубопровода? — В мире НК. 2012. № 4 (58). с. 34–40.
8. *Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В.* Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. – М.: Машиностроение, 1999. – 163 с;
9. *Горбачев Д.О.* Гигиеническое обоснование требований по обеспечению радиационной безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. мед. наук (14.00.07)/ Горбачев Дмитрий Олегович; Оренбург, 2007.- 25 с.
10. *Rhoades W.A. and Mynatt F.R.* The DOT III Two Dimensional Discrete Ordinates Transport Code, ORNL TM4280, 1973.
11. CASK, 40 Groups Coupled Neutron and Gamma ray Cross Section Data. RSIC Data Library DLC23, 1973.
12. *Дегина А.С., Андреев В.В., Аношкин Ю.И., Тарасова Н.П.* Расчетное обоснование оптимального варианта сочетания материалов для исполнения основных элементов учебно-исследовательского комплекса «Нейтронный конвертер»// Научно-технический вестник Поволжья. -№6.-2021.-С. 28
13. *Фролов М.В., Запечалов Д.А., Суминов О.Д., Андреев В.В., Аношкин Ю.И.* Расчетно-экспериментальное обоснование возможности проведения научно-исследовательских работ по нейтронно-активационному анализу при помощи компьютерного моделирования// Научно-технический вестник Поволжья. -№6.-2021.-С. 77

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (05.13.06)**

05.13.06

А.П. Буйносков д-р техн. наук, А.Т. Шарапов, А.А. Козлова

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, byinosov@mail.ru, sharapov.aliexsandr97@mail.ru, AKozlova@usurt.ru

**ПРИЧИНЫ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА БАНДАЖЕЙ
КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ**

Рассматриваются различные причины интенсивного износа бандажей колесных пар локомотивов на сети железных дорог Российской Федерации. Приводятся результаты работы УрГУПС по снижению износа колесных пар тепловозов в депо Сургут.

Ключевые слова: *локомотив, колесная пара, бандаж, износ, причины, снижение.*

Повышение износостойкости и надежности работы бандажей является актуальным. Актуальность этого вопроса объясняется, прежде всего, непрерывным усложнением условий эксплуатации бандажей: повышением скоростей движения поездов, увеличением мощности локомотивов, нагрузки на ось и удельной мощности, приходящейся на тонну сцепного веса.

С увеличением удельной мощности повышается склонность локомотивов к боксованию, а, следовательно, и происходит износ бандажей.

Повышение износостойкости бандажей длительное время велось путем повышения содержания углерода в стали. При повышении содержания углерода повышается склонность к образованию хрупкого мортенситного (белого) слоя, который под действием вертикальной нагрузки разрушается и в виде мелких чешуек отслаивается от основного металла.

Поэтому повышение износостойкости бандажей производится в последнее время путем изменения хим. состава металла бандажей, механических свойств, и разработки новых режимов термической обработки [1]. Интенсивный износ бандажа объясняется действием двух основных процессов: абразивного износа и пластической деформации металла поверхностного слоя, сопровождающаяся тепловыми воздействиями при проскальзывании гусеницы и колеса и торможении колодки, в результате чего слой, сформированный на поверхности качения, разрушается вертикальными нагрузками и отделяется от поверхности катания в виде мелких чешуек.

Пластическая деформация вызывает перемещение металла в направлении от круга катания к гребню внешней грани. Следствием этого является образование «ложного» гребня и наплыва на внешнюю грань. Исследования в этой области показывают, что объем смятия составляет 25–30 %, а от термического воздействия 70–75 % от общего объема металла, удаляемого с поверхности катания бандажа [2]. Следует также учитывать повышенную интенсивность истирания, вызываемую гребневыми колодками с твердыми вставками. Таким образом, износ бандажа – одновременное воздействие следующих факторов: смятия металла, истирания вследствие термического воздействия и истирания тормозными колодками.

Конусность поверхности качения бандажа способствует уменьшению скольжения колес на кривых, что, в свою очередь, понижает сопротивление движению поковки и изнашивание колес и рельсов.

Под влиянием конусности устраняется неравномерный износ поверхно-стей качения колес и тем удлиняется срок службы бандажей между обточками. Однако наряду с положительными качествами конические бандажи способствуют развитию извилистого движения поковки, снижая тем ее конструкционную скорость. Гребень имеет назначение

направлять движение колес в рельсовой колее. Рабочая поверхность гребня представляет собой часть поверхности конуса, ось которого совпадает с геометрической осью колесной пары.

В процессе эксплуатации колесных пар рабочие поверхности бандажей изнашиваются неравномерно. В результате проката вблизи гребня коническая поверхность качения становится цилиндрической или принимает обратную конусность, что ухудшает работу колес в кривых. Схема установки бандажей одной колесной пары в криволинейном участке пути приведена на рис. 1 [3].

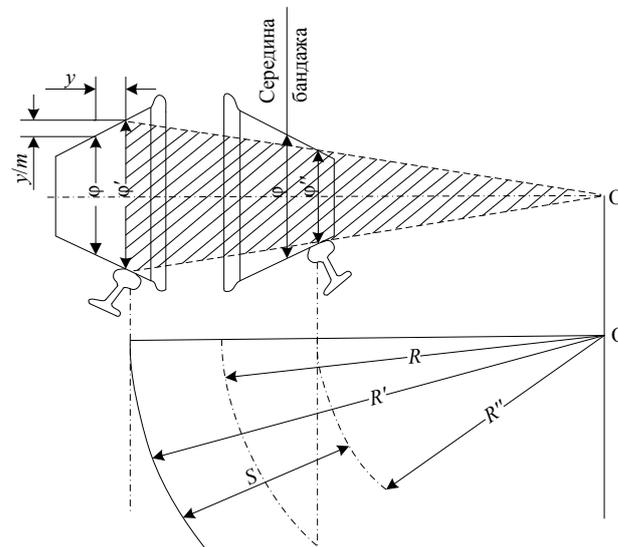


Рис. 1 – Схема установки бандажей в криволинейном участке пути

При этом гребень колеса получает так называемый «подрез». Для восстановления нормального профиля бандажа он подвергается переточке на токарном бандажном станке, причем обтачиваются оба колеса колесной пары.

Для увеличения пробега между обточками бандажей целесообразно применять колодки, охватывающие гребень.

Когда износ обода не превышает износ гребня, а прочность на износ не превышает заданного значения, износ элемента ремня под действием тангенциальной силы следует считать нормальным. Этот износ считается ненормальным, когда износ гребня значительно превышает износ проката (асимметричный износ) и восстановление контура сопровождается значительным техническим износом бандажа.

В кривых участках пути сужения колеи порядка 1512 мм не бывает, в чем можно убедиться, проанализировав отчеты путеизмерителей. Зато происходит уширение колеи из-за больших боковых сил, передающихся от колес на рельсы. Если даже предположить, что в кривой малого радиуса колею зашили на 1512 мм, то после прохода нескольких поездов она увеличится и подавляющую часть срока службы ширина колеи будет более, рекомендуемых Хохловым А.А., 1518 мм [4].

В этой связи уместно привести результаты наблюдений доцента Сиб-ГУПСа Ликратова Ю.Н.: «... Отмечено также, и это главное, что боковая грань внутреннего рельса в кривых не изнашивается и остается черной, то есть колесные пары локомотивов и вагонов ее не касаются» [5].

Когда экипаж движется по кривой, колесо с одинаковым радиусом вдоль кривой движения одной колесной пары будет проходить другой путь, поэтому для улучшения условий адаптации экипажа к кривой колесо выполнено с небольшим наклоном. В результате при движении по кривой колесная группа стремится занять устойчивое радиальное положение, и из-за смещения центра колесной группы относительно оси траектории колесо катится по разным радиусам круга катания.

Перемещение центра колесной пары изменяет зазор между гребнем ко-леса и головкой рельса, уменьшая один из них до нуля. Аналогичная картина наблюдается, когда колесные пары с различными диаметрами колес движутся по прямому участку пути. Колесо большего диаметра «бежит» вперед, перемещаясь на меньший радиус круга катания и прижимая гребень меньшего колеса к головке рельса.

Профиль рабочей поверхности гребня описывается двумя кубическими сплайнами, профиль поверхности выкружки колеса (радиуса перехода от гребня к поверхности катания) представляет вогнутую кривую, описанную степенной функцией, а поверхность катания – радиусную кривую обратной кривизны. В [1, 3] приведены результаты работы УрГУПС по установлению наилучшего профиля поверхности катания бандажей тепловозов в локомотивном депо Сургут, снижению износа бандажей. На рис. 2 представлена диаграмма разницы диаметров бандажей, на рис. 3 диаграмма обточек по месяцам с 2017 по 2021 гг.

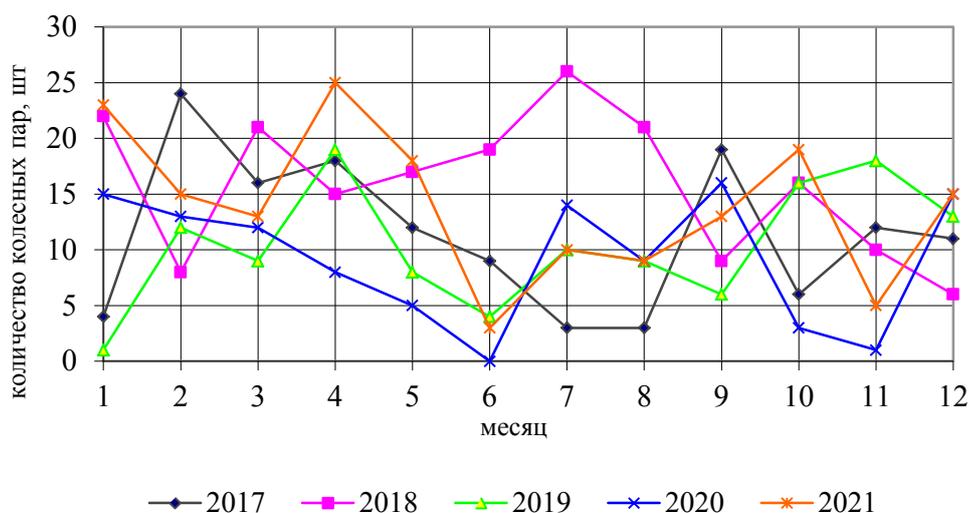


Рис. 2 – Диаграмма количества колесных пар с разницей диаметров бандажей по годам и месяцам

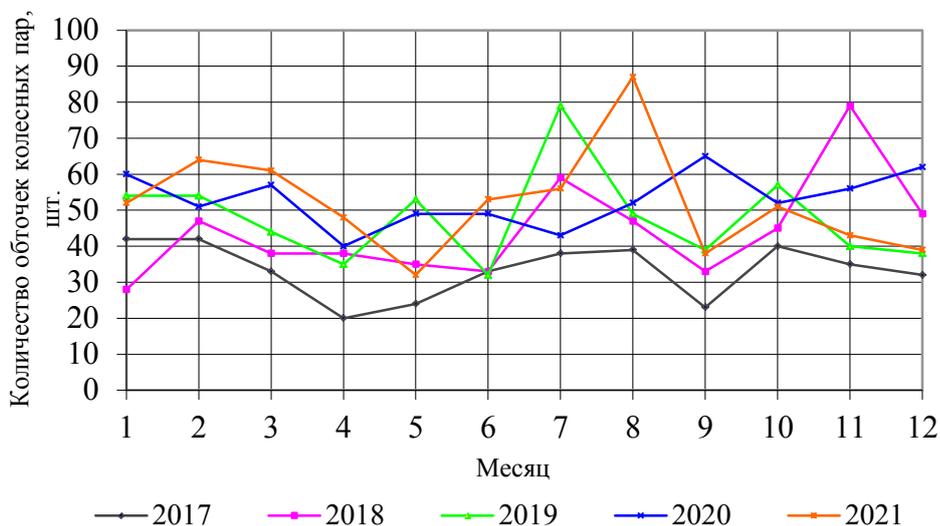


Рис. 3 – Диаграмма обточек бандажей по годам и месяцам

Выполненный анализ статистической информации, представленной работниками депо Сургут, позволяет сделать вывод о том, что обточка бандажей колесных пар производится по причине максимального проката, минимальной толщины гребня, ползунам, по разнице диаметров и остроконечному накату. Кроме того, наибольшее количество неисправностей приходится на: разницу диаметров бандажей, буксового узла и зубчатого колеса [6]. Наибольшее количество сдвигов и ослаблений бандажей приходится на май месяц, что

объясняется ухудшением состояния пути в этот период времени, а также резкими колебаниями температуры в течении суток. Анализ полученных в депо статистических данных показывает, что в локомотивном депо Сургут наибольшее число обточек производится по износу гребня, которое составляла в 2017 г. 55,2 %, а в 2021 г. – снизилась более чем в 2 раза (до 25,9 % от общего количества обточек). Для получения желаемого результата (снижению до «0» числа обточек по износу гребня) необходимо дополнительно рассмотреть и другие причины, влияющие на преждевременное исчерпание ресурса бандажей колесных пар. Необходимо учитывать, что установленное нами оптимальное соотношение между износом гребня и прокатом составляет 0,466.

Список литературы

1. *Буйносов А.П.* Автоматизированный контроль параметров колесных пар тягового подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2010. № 7. С. 49-50.
2. *Буйносов А.П.* Влияние условий эксплуатации на износ бандажей // Локомотив. 1995. № 1. С. 33-34.
3. *Буйносов А.П., Худояров Д.Л.* Влияние упрочнения гребней на ресурс бандажей колесных пар // Транспорт Урала. 2010. № 1 (24). С. 63-68.
4. *Иноземцев В.Г., Хохлов А.А., Хусидов В.Д., Корольков Е.П.* Установление причин и обоснование рекомендаций по снижению интенсивного износа гребней колесных пар в эксплуатации. Отчет по НИР. М.: МИИТ, 1995. 118 с.
5. *Ликратов Ю.Н.* Возможности улучшения тяговых свойств локомотивов // Железнодорожный транспорт. 1983. № 2. С. 46-48.
6. *Буйносов А.П., Мишин Я.А.* Повышение долговечности опорных цилиндрических роликовых подшипников тягового привода пассажирского электровоза // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 6. С. 151-154.

05.13.06

¹А.Р. Фардеев канд. техн. наук, ¹И.П. Талипова канд. техн. наук,
²Е.П. Барыльникова канд. техн. наук

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
¹кафедра механики и конструирования,
²кафедра эксплуатации автомобильного транспорта,
Набережные Челны, albert.fardeev@mail.ru, okm206@mail.ru, 692401@mail.ru

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РОТОРА ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ ВЕТРОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

В данной статье производится вывод уравнения, описывающего движение ротора ветродвигателя ветронасосной установки с учетом скорости ветра и давления насоса. Рассматриваемая ветронасосная установка включена в существующую систему циркуляции смазочно-охлаждающей жидкости машиностроительного предприятия. При большой скорости ветра система работает от ветронасосной установки. При малой скорости ветра система работает от источника электроэнергии или от энергии, накопленной в гидроаккумуляторах. Выведена зависимость момента, приложенного к ротору ветродвигателя со стороны внешних сил от угловой скорости вращения ротора ветродвигателя и скорости ветра, а также зависимость момента, потребляемого насосом от угловой скорости вращения ротора ветродвигателя и давления насоса. Путем преобразования дифференциального уравнения движения ротора ветродвигателя с учетом указанных зависимостей получено искомое уравнение движения ротора ветродвигателя.

Ключевые слова: *ветронасосная установка, система циркуляции смазочно-охлаждающей жидкости, угловая скорость, скорость ветра, давление насоса.*

Для обеспечения подачи к металлообрабатывающим станкам чистой смазочно-охлаждающей жидкости на машиностроительных предприятиях существуют системы их циркуляции и регенерации.

Работа этой системы требует затрат электроэнергии. В целях снижения себестоимости продукции можно использовать возобновляемые источники энергии. Для создания вращающего момента на валу насоса возможно использование ветродвигателя. Но скорость ветра не постоянна и ветродвигатель не сможет обеспечить работу системы при малых скоростях ветра. Поэтому предлагается ввести в систему дополнительные насосы, приводимые в движение ветродвигателями. Один из этих насосов в совокупности с ветродвигателем назовем ветронасосной установкой. Эти ветронасосные установки будут обеспечивать работу системы при скоростях ветра, превышающих определённый уровень. При скоростях ветра ниже данного уровня они будут заряжать гидроаккумуляторы, энергию которых предлагается использовать в дальнейшем. Для изучения работы ветронасосной установки выведем уравнение, описывающее движение ротора ветродвигателя ветронасосной установки с учетом скорости ветра и давления насоса.

Схема ветронасосной установки с механической передачей, регулируемым пластинчатым насосом и ограничителем воздушного потока показана на рисунке.

Дифференциальное уравнение движения ротора ветродвигателя вместе с ротором пластинчатого насоса имеет вид:

$$I \frac{d\omega}{dt} = M - M_n, \quad (1)$$

где I – момент инерции ротора ветродвигателя и ротора пластинчатого насоса как одного тела относительно оси вращения, ω – угловая скорость вращения ротора ветродвигателя, M – момент, приложенный к ротору ветродвигателя со стороны внешних сил, M_n – момент, потребляемый насосом.

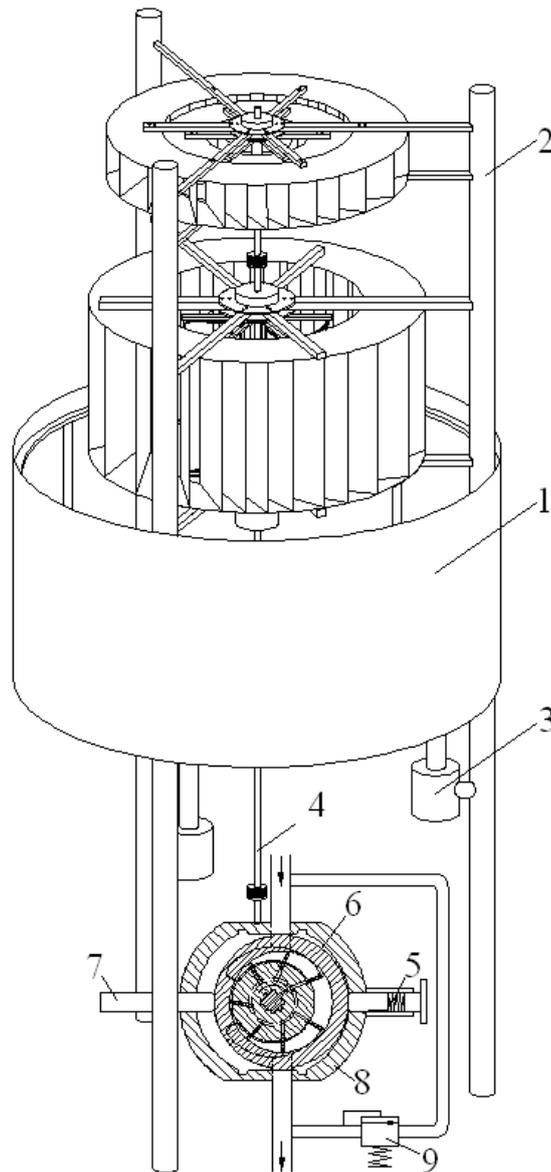


Рис. – Схема ветронасосной установки с механической передачей и пластинчатым насосом: 1 – ограничитель воздушного потока; 2 – стойки; 3 – гидроцилиндры; 4 – вертикальный вал; 5 – пружина; 6 – подвижный корпус; 7 – толкатель; 8 - регулируемый пластинчатый насос; 9 – переливной клапан

Выразим M через ω и U , а M_n через $P_{нас}$ и ω , где U - скорость ветра, $P_{нас}$ – давление насоса (разность между давлениями на выходе из насоса и на входе в него).

Движущий момент M определяется по формуле

$$M(t) = \frac{N(t)}{\omega(t)},$$

где $N(t)$ - мощность ветродвигателя. Она вычисляется по формуле [1]

$$N(t) = 0,5\rho S(v(t))^3 \xi,$$

где ρ – плотность воздуха, S – ометаемая площадь ветродвигателя, ξ – коэффициент использования энергии ветра.

Тогда формула для определения $M(t)$ примет вид:

$$M(t) = \frac{0,5\rho S(v(t))^3 \xi}{\omega(t)}. \tag{2}$$

КПД насоса η_n определяется по формуле [2]

$$\eta_n = \frac{N_n}{N_H},$$

где N_n - полезная мощность насоса, N_H - мощность, потребляемая насосом, которые определяются по формулам [2]

$$\begin{aligned} N_n &= QP_{\text{нас}}, \\ N_H &= M_n \omega_n = M_n \omega, \end{aligned}$$

где Q - подача насоса, M_n - момент на валу насоса, ω_n - угловая скорость вращения ротора ветродвигателя (равная угловой скорости вращения ротора насоса ω). Тогда

$$QP_{\text{нас}} = M_n \omega \eta_n$$

или

$$M_n = \frac{Q}{\omega \eta_n} P_{\text{нас}}. \quad (3)$$

Подача насоса Q определяется по формуле [2]

$$Q = Q_i - q_y,$$

где Q_i - идеальная подача, q_y - расход утечек.

Идеальная подача определяется по формуле

$$Q_i = V_{\text{он}} n_n,$$

где $V_{\text{он}}$ - рабочий объём насоса, n_n - частота вращения вала насоса в об/с.

Перейдём от n_n к угловой скорости вращения ротора ветродвигателя ω :

$$n_n \text{ об/с} = n_n 2\pi \text{ рад/с} = \omega_n \text{ рад/с} = \omega \text{ рад/с} \Rightarrow$$

$$n_n = \frac{\omega}{2\pi}.$$

Тогда

$$Q_i = \frac{V_{\text{он}}}{2\pi} \omega.$$

Расход утечек определяется по формуле [3]

$$q_y = \frac{AP_{\text{нас}}}{\mu},$$

где A - постоянная, зависящая от конструкции насоса, μ - динамическая вязкость жидкости. Тогда

$$Q = \frac{V_{\text{он}}}{2\pi} \omega - \frac{AP_{\text{нас}}}{\mu}.$$

После подстановки этого выражения формула (3) принимает вид:

$$M_n(t) = \frac{1}{\eta_n(t)} \left(\frac{V_{\text{он}}(t)}{2\pi} P_{\text{нас}}(t) - \frac{A(P_{\text{нас}}(t))^2}{\mu \omega(t)} \right). \quad (4)$$

На первый взгляд может показаться, что это квадратичная зависимость M_n от $P_{\text{нас}}$. На самом деле второе слагаемое в скобках правой части формулы (4) создает небольшой вклад из-за малости постоянной A . Этот вклад компенсируется зависимостью КПД насоса η_n от давления $P_{\text{нас}}$. В результате, согласно экспериментальным данным зависимость момента M_n , потребляемого насосом, от давления $P_{\text{нас}}$ при постоянной угловой скорости вращения ротора насоса ω является линейной.

Подставив (2) и (4) в (1) получим:

$$I \frac{d\omega}{dt} = \frac{0,5\rho S(v(t))^3 \xi}{\omega(t)} - \frac{1}{\eta_n(t)} \left(\frac{V_{он}(t)}{2\pi} P_{нас}(t) - \frac{A(P_{нас}(t))^2}{\mu\omega(t)} \right) \quad (5)$$

Уравнение (5) может быть использовано при дальнейшем анализе работы ветронасосной установки.

Список литературы

1. *Фардеев А.Р.* Технологические процессы с комбинированным энергопитанием: механика, управление, автоматизация. Монография / Фардеев А.Р., Байрамов Ф. Д., Байрамов Б. Ф., Галимов Н.С // Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. -342 с.
2. *Башта Т.М.* Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем / Башта Т. М. – М.: Машиностроение, 1974. – 606 с.
3. *Башта Т.М.* Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Башта Т. М. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.

05.13.06

Т.А. Чуваткина, А.В. Агапов, Д.В. Камчатов, Е.Ю. Королев

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»,
институт электроники и светотехники,
кафедра метрологии, стандартизации и сертификации,
Саранск, tanya.alex.ch@gmail.com, vkagapov@yandex.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭФФЕКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БАКТЕРИЦИДНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ

В данной работе рассмотрены основные параметры бактерицидных облучателей, приведена блок-схема автоматизированной измерительной установки для контроля энергетических и эффективных параметров источников непрерывного излучения, а также установлены составляющие неопределенности измерений разработанной установки.

Ключевые слова: средство измерений, метод измерения, автоматизация, измерительная установка, бактерицидный облучатель, неопределенность измерений.

Для применения источников непрерывного излучения необходимо знание их основных энергетических и эффективных параметров. Одной из основных характеристик излучения является его спектральный состав. Спектральное распределение выражает зависимость значения какой-либо спектральной энергетической величины от длины волны. Эта зависимость может быть представлена в виде как таблиц, так и графика. По оси ординат графика могут откладываться значения любой спектральной энергетической величины в абсолютных или относительных единицах, например спектральной плотности потока излучения $\Phi_{e,\lambda}$, Вт/нм, определяемой как отношение потока излучения Φ_e , Вт в узком интервале длин, к этому интервалу $\delta\lambda$, нм. Принимается, что в этом интервале значение спектральной плотности излучения остается неизменным. По оси абсцисс откладывается значение длин волн спектрального диапазона. Наличие распределения спектральной плотности потока излучения $\Phi_{e,\lambda}$ источника позволяет определить его интегральный поток излучения Φ_e в любом участке диапазона длин волн по формуле:

$$\Phi_e = \delta\lambda \sum_{i=1}^n \Phi_{e,\lambda,i}, \quad (1)$$

где i - порядковый номер спектрального интервала.

Важнейшей характеристикой источника является распределение его потока излучения в пространстве. Под пространственной плотностью потока излучения в данном направлении понимаются силу излучения, равную отношению потока излучения Φ_e , распространяющегося внутри телесного угла Ω , к этому углу. Телесный угол равен отношению площади поверхности ΔS , вырезаемой на сфере единичного размера, окружающей источник излучения, конусом с вершиной в центре сферы к квадрату ее радиуса R .

Сила излучения имеет единицу измерения Вт/ср и определяется формулой:

$$I_e = \Delta\Phi_e / \Delta\Omega. \quad (2)$$

Распределение силы излучения в пространстве для источников, имеющих оси симметрии, изображается обычно либо с помощью фотометрического тела, ограничивающего часть пространства поверхностью, являющейся геометрическим местом точек концов сил излучения по различным направлениям в пространстве, либо в полярных координатах на двух взаимно перпендикулярных плоскостях – продольной и поперечной.

Существует большее количество методов и приборов, применяемых для измерения ультрафиолетового излучения. Независимо от принципа их действия все приборы имеют устройства для выделения нужной области ультрафиолета, приёмник излучения, измерительных приборов.

Аналогично измерениям в других частях спектра, методы измерения ультрафиолетовой радиации могут быть разделены на спектральные и интегральные. В первом случае производят выделения отдельных участков спектра с помощью спектрального разложения в спектрографах или монохроматорах, а также монохроматическими фильтрами с последующим измерением интенсивно монохроматического излучения объективным или субъективным методом.

Во втором случае применяется приемники с селективной чувствительностью в интересующей области спектра или выделяются отдельные части спектра с помощью светофильтров, а также измеряют излучения с селективным или не селективным приемником.

Анализ источников показывает, что источники ультрафиолетового излучения имеют широкое распространение и применяются практически во всех сферах человеческой деятельности. К тому же средства и методы измерения основных параметров имеет ряд существенных недостатков, таких как:

- может быть применен только для линейных ламп;
- не учитывает пространственное распределение потока излучения;
- необходимость в помещении, обеспечивающем расположение лампы от приемника с учетом закона квадратов расстояний;
- наличие систематической составляющей погрешности измерения от влияния рассеянного излучения;
- наличие систематической составляющей погрешности измерения от влияния спектральной чувствительности радиометра.

На измерения основных параметров ультрафиолетового излучения проводится на измерительных схемах, включающих в себя измерители электрических параметров и оптическую часть для измерения потока излучения. Такие схемы являются не автоматизированными и требуют дополнительных операций по обработке результатов измерения, а также не позволяют провести измерение всех необходимых параметров.

В связи с выше сказанным, разработка автоматизированной установки для измерения энергетических и эффективных характеристик излучения бактерицидных облучателей является актуальной, а также позволит исключить большинство вышеописанных недостатков средств и методов измерения и автоматизировать процесс контроля источников ультрафиолетового излучения.

Для измерений, разрабатываемой автоматизированной измерительной установки, в качестве основных параметров определены энергетические и эффективные бактерицидных облучателей, такие как: поток излучения; бактерицидный поток излучения; энергетическая освещенность; бактерицидная облученность; пространственное распределение силы излучения; пространственное распределение бактерицидной силы излучения; спектральной распределение энергетической освещенности.

Блок-схема разработанной автоматизированной измерительной установки приведена на рисунке 1.

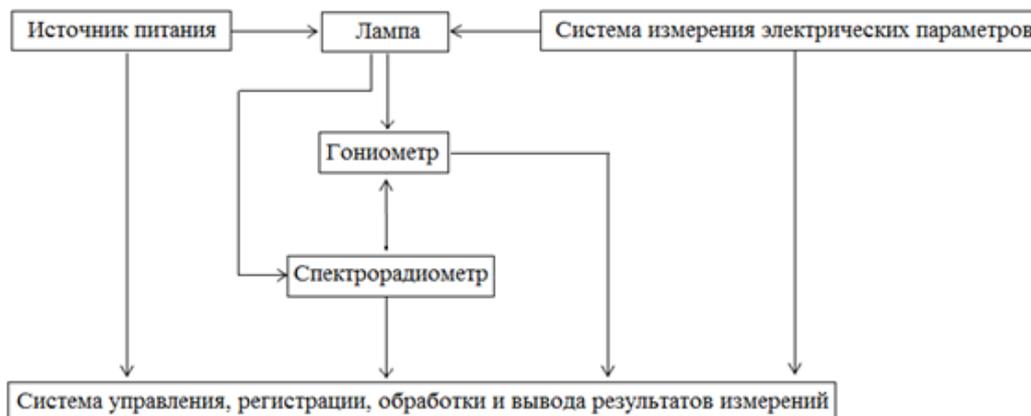


Рис. 1 – Блок-схема измерительной установки

Пояснения об основных компонентах измерительной установки приведены в [3].

Для разработанной автоматизированной установки были установлены составляющие неопределенности измерения, которые включают следующее:

- точность установки температуры и неопределённость её измерений;
- точность установки электрических параметров и неопределённость электрических измерений;
- пульсация излучения ИС;
- данные из сертификата калибровки с указанием неопределённостей (что невозможно в условиях нашей страны, т.к. в свидетельствах о поверке указывается погрешность);
- линейность измерительных приборов;
- воспроизводимость и повторяемость;
- рассеянный свет;
- точность установки ИС;
- спектральное несоответствие;
- площадь приемной поверхности фотоприемного устройства;
- косинусная погрешность фотоприемного устройства;
- неопределенность измерения расстояния фотометрирования.

Стоит отметить, что сейчас в нашей стране при выполнении измерений отходят от концепции погрешности и испытательные лаборатории должны использовать неопределённость измерений как основной показатель точности. При этом стоит отметить, что утвержденные типы средств измерений имеют в качестве показателя точности значение погрешности, а не неопределённости. Данное обстоятельство усложняет процесс определения неопределенности результата измерения и говорит о необходимости либо разработки расчетных методик перехода от погрешности СИ к неопределенности, либо проведение дополнительно с поверкой калибровки (что с экономической точки зрения не выгодно), либо пересмотра процедуры поверки СИ с определением неопределенности вместо погрешности.

Список литературы

1. ГОСТ 8.654–2016. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Фотометрия. Термины и определения – М. : Стандартинформ, 2019. – 14 с.
2. ГОСТ 8.760-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение энергетических и эффективных характеристик ультрафиолетового излучения бактерицидных облучателей. Методика измерений. – М. : Стандартинформ. – 2014. – 11 с.
3. *Чуваткина Т.А.* Особенности измерения потока излучения бактерицидных ламп / Коваленко О. Ю., Дашкина Ю. А., Русяйкин В. С., Казаков А. В. // Научно-технический вестник Поволжья. – Казань. - 2020. – № 12. – С. 140-143.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (05.13.11)

05.13.11

Т.Б. Волкова, В.И. Виноградов, А.С. Алексейчук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра математической кибернетики,
Москва, vvinogradov@inbox.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ И ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА»

В статье рассмотрена технология непрерывного формирования профессиональных компетенций на каждом этапе обучения студентов по направлению подготовки «Прикладная математика» в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) с применением компьютерных технологий, а также при выполнении лабораторных работ по специальным дисциплинам, связанным с разработкой информационных систем и интеллектуальным анализом данных.

Ключевые слова: компьютерные технологии, профессиональные компетенции, спецкурсы, лабораторные работы, интеллектуальный анализ данных.

1. Введение

При формировании новых государственных образовательных стандартов определяется перечень компетенций, которыми должен обладать молодой специалист [1]. Это позволяет сформировать перечень учебных дисциплин и средств, которые обеспечивают эти компетенции, а затем определить критерии и методики, позволяющие объективно определять уровень соответствия подготовки выпускника требованиям заданных компетенций.

Профессиональные компетенции выпускника МАИ должны позволять ему работать на наукоемких производствах с широким использованием современных информационных технологий. Поэтому перечень дисциплин направления «Прикладная математика» достаточно обширен и включает в себя практически все разделы высшей и прикладной математики, дисциплины, связанные с разработкой информационных систем, баз данных, интеллектуальным анализом данных, программированием и другими связанными с ними темами.

2. Формирование профессиональных компетенций в бакалавриате

Формирование компетенций может происходить на лекциях, на практических занятиях, при подготовке курсовых работ и проектов, на ежегодных практиках и, особенно, на лабораторных работах. Все перечисленные виды обучения позволяют формировать у студента четкий алгоритм получения результата. Он включает: вербальную постановку задачи, ее математическую формализацию, обзор существующих подходов и методов для ее решения, выбор подходящего алгоритма и обоснование его применения. Далее следуют описание выбранного алгоритма, программная реализация и анализ полученных результатов. После этого необходимо подготовить презентацию и сделать доклад о полученных результатах. Именно такая последовательность выполнения работы с теми или иными вариациями применяется во многих организациях, где в дальнейшем работают выпускники бакалавриата по направлению «Прикладная математика». Разработанная технология выработки профессиональных компетенций, в том числе при изучении специальных дисциплин, и используемая на всех уровнях обучения, показана на рисунке 1.

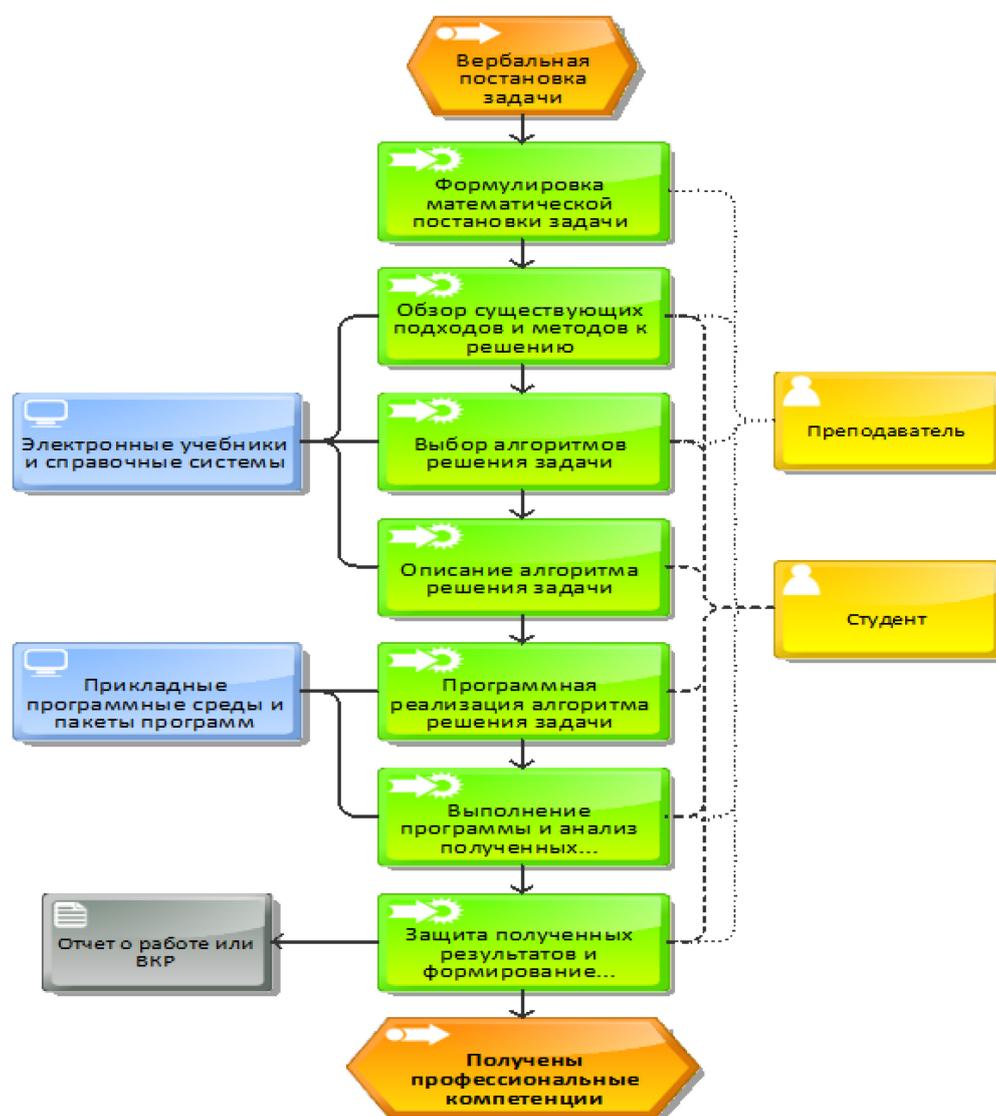


Рис.1 – Технология выработки профессиональных компетенций

Практическую применимость технологии выработки профессиональных компетенций покажем на примере лабораторной работы «Поиск ассоциативных правил» по курсу «Интеллектуальный анализ данных». В данной работе студенты получают набор данных и подготавливают его для формирования ассоциативных правил методом Apriori. Выполнение этого метода включает два этапа: на первом осуществляется поиск часто встречающихся наборов элементов, удовлетворяющих уровню минимальной поддержки *MinSupport*, заданной преподавателем или выбранной студентом; на втором этапе проводится генерация ассоциативных правил из найденных часто встречающихся наборов элементов, удовлетворяющих уровню минимальной достоверности *MinConfidence*, заданного преподавателем на начальном этапе решения задачи или выбранной студентом в процессе выполнения работы. После выполненных действий студенты анализируют найденные ассоциативные правила и изменяют вышеуказанные значения показателей для получения интересных и практически полезных ассоциативных правил. Далее студенты продолжают выполнять второй этап метода, изменив показатель минимальной достоверности *MinConfidence* на показатели *Lift* и *Leverage*, характеризующие интерес к генерируемым правилам. Выполнение такой работы позволяет сформировать у студентов умение принимать решения, делать выводы о применимости методов и анализировать полученные результаты.

При изучении этих дисциплин бакалавриата студенты знакомятся с новыми направлениями развития компьютерных технологий: особенностями современных SQL- и NoSQL-СУБД, языками и технологиями информационного обмена на базе XML-технологий,

интеллектуальным анализом данных, компьютерной лингвистикой, информационными технологиями принятия решений, приобретают навыки работы с электронными подписями, сдавая в безбумажном виде практические и курсовые работы [2].

Примером формирования профессиональных компетенций может служить серия лабораторных работ «XML-моделирование экзаменационной ведомости» по курсу «Языки и технологии информационного обмена». При выполнении лабораторных работ студенты анализируют показатели экзаменационной ведомости и формируют XSD-схему, описывающую состав показателей ведомости и их синтаксис в XML-файле. После этого студенты конкретизируют XSD-схему ограничениями на типы показателей и ограничениями на согласованность показателей с использованием правил Schematron. Еще одним результатом работы является описание в виде XSL-преобразования для формирования человеко-читаемой печатной формы экзаменационной ведомости, включающей вычисляемые итоговые показатели.

В завершение лабораторной работы требуется оформление ее результатов. Оно включает написание отчета об исследовании, что формирует компетенцию оформления научно-технических трудов в соответствии с принятыми правилами. Для сдачи работы приветствуется публикация результатов расчетов на открытых ресурсах, например, таких порталах как GitHub, Google Colab или Kaggle.

Обучение в бакалавриате – это только первая ступень формирования специалиста. Более широкий набор компетенций студент получает в ходе обучения в магистратуре.

3. Формирование профессиональных компетенций в магистратуре

Выпускник магистратуры для обеспечения научно-исследовательской деятельности должен обладать способностью разрабатывать и исследовать математические модели объектов, систем, процессов, разрабатывать наукоемкое программное обеспечение работы конкретного предприятия, проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований. Эти компетенции поддерживаются в процессе изучения спецкурсов, например, таких как: «Криптографические методы защиты информации», «Интеллектуальные системы», «Компьютерные технологии принятия решений», «Методы решения задач обработки информации», «Оптимизация гибридных систем управления», «Языки и технологии информационного обмена», «Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии» и другие. Содержание дисциплин связано с применением математических методов и математического моделирования на персональных компьютерах для выполнения лабораторного практикума и курсового проектирования [3].

4. Заключение

В данной статье показан процесс формирования и выработки профессиональных компетенций в процессе изучения специальных дисциплин, все разделы которых в той или иной степени обязательно будут востребованы в профессиональной деятельности и позволят сформировать те компетенции, которые студенты смогут применить непосредственно после окончания бакалавриата или магистратуры.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Направление подготовки «Прикладная математика и информатика» [Электронный ресурс] // URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvom/010402.pdf>
2. Волкова Т.Б., Виноградов В.И. Формирование профессиональных навыков бакалавров при проведении лабораторных практикумов по спецкурсам // Материалы XIII Международной конференции по Прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли (АММАГ'2020), 6-13 сентября 2020 г., Алушта. – М.: Изд-во МАИ, 2020.
3. Алексейчук А.С., Волкова Т.Б., Пантелеев А.В. Математическое и программное обеспечение выработки профессиональных компетенций // Информационные технологии в сфере РСЧС и ГО. Сборник трудов XXVIII Международной научно-практической конференции. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2018. – С. 37-39.

05.13.11

Т.А. Деменкова канд. техн. наук, А.О. ИндришенокМИРЭА - Российский технологический университет (РТУ МИРЭА),
Москва, demenkova@mirea.ru**МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ И ПЕРЕНОСА НЕЙРОННОЙ СЕТИ
НА АППАРАТНУЮ ПЛАТФОРМУ FPGA**

Работа посвящена созданию нейронных сетей с использованием аппаратной поддержки. Представлен процесс создания и анализа программного обеспечения для экспериментального стенда по выявлению сердечных заболеваний. Предложена общая структура нейронной сети для проведения анализа фрагментов звуковой дорожки. Описан процесс преобразование сохранённой модели нейронной сети для переноса на другую аппаратную платформу. Разработана оригинальная методика переноса модели нейронной сети на аппаратную платформу с архитектурой FPGA.

Ключевые слова: нейронные сети, аппаратная поддержка, программируемые логические интегральные схемы, машинное обучение.

В работе рассматривается актуальная проблема использования нейронных сетей для разработки специального оборудования, позволяющего путем анализа звуковых сигналов выявить отклонения в работе сердца и уберечь человека от последствий сердечных заболеваний. Основной целью работы являлась разработка методики переноса полученной модели на аппаратную платформу с учетом специфики современной цифровой элементной базы, включая программируемые логические интегральные схемы с архитектурой FPGA[1,2].

На первом этапе решалась проблема анализа звукового сигнала. Поскольку обработка звукового сигнала возможна несколькими способами, была возможность оценить существующие решения и выбрать наиболее удачное. Одним из способов обработки является выделение кадра звуковой дорожки фиксированной длины и преобразование его в массив целых чисел. Далее данный массив подставляется на вход нейронной сети для ее обучения. Но поскольку записанный звуковой сигнал имеет множество помех, анализ аналогичных звуковых сигналов будет затруднен. Для упрощения работы и повышения качества после разбивки сигнала на кадры нужно получить спектрограмму из звукового сигнала, далее произвести обучение и анализ с оценкой. Данный способ обладает более высокой помехоустойчивостью, поскольку анализ производится на спектрограмме, где дополнительно внесенные помехи не мешают производить анализ звукового сигнала, так как спектрограмма, полученная при помощи ряда Фурье, позволяет значительно заглушить шумовые пики, выступая в виде некоторого фильтра. При помощи существующих библиотек необходимо преобразовать записанный звуковой сигнал в массив целых чисел, после чего начать обрабатывать данный массив.

На рис. 1 продемонстрирована звуковая дорожка, записанная у человека, не имеющего сердечных заболеваний. Это звук нормального пульса. После того как произошёл перевод из звуковой дорожки в массив целых чисел, происходит определение коридора пропуска для отсева лишних вершин.

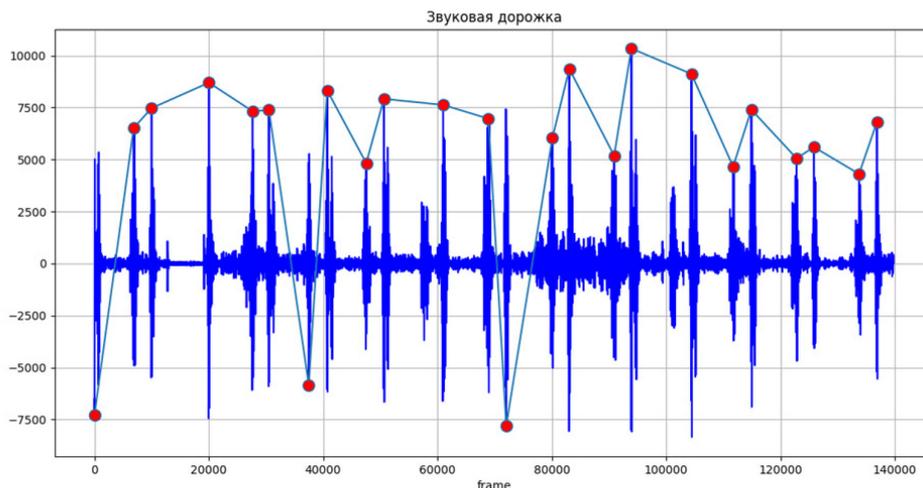


Рис. 1 – Звуковая дорожка, преобразованная в массив целых значений

Далее происходит формирование списка пиковых значений. Данный список будет необходим для разбивки данного массива целых чисел на кадры длиной в 4000 точек каждый. Однако, если данный массив размером 4000 точек выходит за пределы звуковой дорожки в начале или в конце, то необходимо дополнить отсутствующую часть данного кадра до необходимого размера (рис. 2 и 3).



Рис. 2 – Выделенный сигнал длиной в 4000 точек

Для дополнения выделенного кадра берется сгенерированный случайным образом шум (рис.3). Данная манипуляция необходима для выравнивания размеров кадра. В качестве библиотек применяются Librosa, NumPy, Scipy.



Рис. 3 – Выделенный сигнал длиной в 4000 точек с нижним пиком

Спектрограмма отображает силу сигнала с течением времени на различных частотах сигнала. Полученную спектрограмму необходимо просматривать в двух измерениях: с цветовой шкалой, где чёрный соответствует низким амплитудам, а красный, переходящий в белый, соответствует высоким амплитудам. Спектрограмма на рис. 4 была получена при помощи рядов Фурье из звукового кадра, выделенного ранее по пиковой точке. Данную точку можно также наблюдать на спектрограмме как самую яркую область.

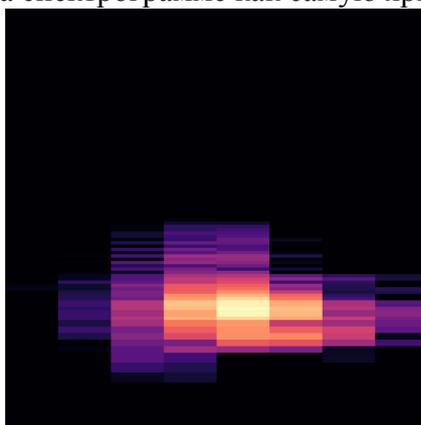


Рис. 4 – Спектрограмма звукового сигнала при нормальном ритме сердца

Для увеличения базы образцов изображений был добавлен шум на звуковой кадр. Данное решение дает возможность имитировать различные варианты микрофонов с помехами и улучшить классификацию при обработке модели нейронной сети (рис. 5).

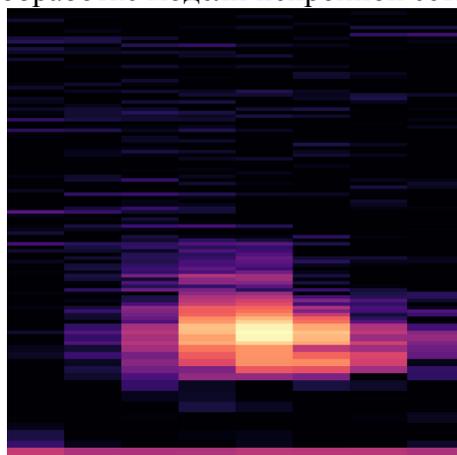


Рис. 5 – Спектрограмма звука с добавлением случайного шума

После генерации набора изображений и раскладки по папкам, необходимым для обучения, надо подготовить массив изображений и подписей. Это позволит завершить формирования базы для обучения нейронной сети. Структура данных, передаваемых на нейронную сеть,

представляет собой два одномерных массива, где первый массив представлен в виде 3072 значений, полученных из изображения, а выходной массив — это классификатор, где выбраны названия папок, обозначающие то или иное сердечное заболевание (рис. 6).

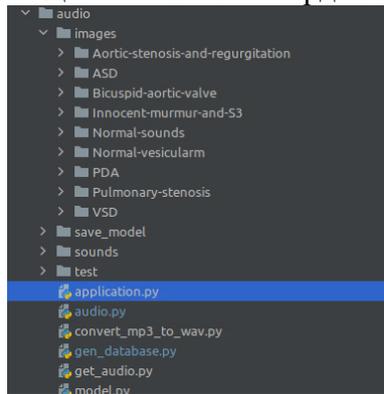


Рис. 6 – Структура проекта

Модель данной нейронной сети представляет собой каскадную структуру, где входной слой это 3072 нейрона, далее 3 внутренних слоя (первый 2048, второй 1024, третий 512) (рис. 7).

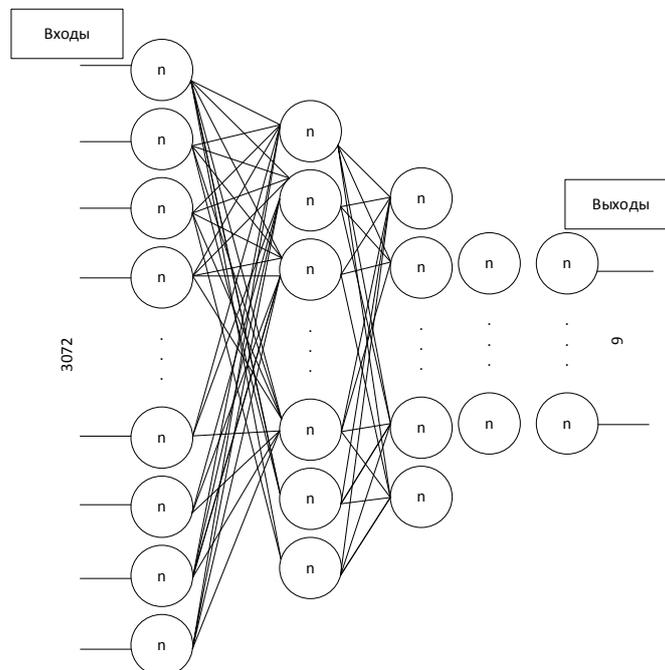


Рис. 7 – Модель нейронной сети

Для переноса сохранённой модели нейронной сети использовался компилятор Apache TVM с открытым исходным кодом для глубокого обучения, который позволяет оптимизировать и эффективно выполнять вычисления на любом аппаратном средстве [3]. Поскольку данное решение предполагается использовать как медицинское оборудование для быстрого определения заболевания сердца, необходимо предусмотреть мобильное решение с низким энергопотреблением. Также желательно что бы данное решение было основано на российской элементной базе. Одним из таких решений является использование микропроцессора K1879BM6Я от компании АО «НТЦ Модуль». Альтернативным вариантом является получение кода для ПЛИС с архитектурой FPGA с использованием модуля Apache TVM-VTA, который позволит запустить данную модель нейронной сети на ПЛИС.

Результаты работы можно использовать в качестве основы для получения устройства анализа заболеваний сердца у людей. Основной упор сделан на скорость анализа и простоту получения информации для анализа. Предложенная методика поможет спроектировать готовое устройство, способное производить анализ сердцебиения и ставить диагноз на основе звукового файла.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект №FSFZ-0706-2020-0022).

Список литературы

1. Деменкова Т.А., Штеева Е.В. Аппаратная реализация нейронных сетей. Четвертая НТК МИРЭА - Российского технологического университета: Сборник трудов. — М.: РТУ МИРЭА, 2019. С.319-325.
2. Deep Learning. Softmax Activation Function with Python.URL: <https://machinelearningmastery.com/softmax-activation-function-with-python/> (дата обращения 12.12.2021).
3. Apache TVM. URL: <https://tvm.apache.org/docs/topic/vta/install.html> (дата обращения 12.12.2021).

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (05.13.18)**

05.13.18

Х.М. Гукетлов, О.М. Шогенов, М.Х. Машукова, И.З. МакушевФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
123guket@mail.ru**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СВЕТОПРОПУСКАНИЯ
ТОЧЕЧНОГО ЗЕНИТНОГО ФОНАРЯ ПРИ ЯСНОМ НЕБЕ**

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан метод расчета коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря для рассеянной и прямой составляющих солнечного света. Предлагаемый метод существенно повысит точность расчета естественной освещенности в помещениях с зенитными фонарями в суточном и годовом циклах.

Ключевые слова: коэффициент светопропускания, зенитный точечный фонарь, световой поток, ясное небо МКО.

В настоящее время для верхнего естественного освещения зданий, строящихся на территории Российской Федерации, как в северных районах, так и в южных, широкое применение находят зенитные фонари. Это обусловлено тем, что они по сравнению с другими типами фонарей обладают рядом достоинств, например, такими как высокая светоактивность, простота конструкции, малая металлоемкость, небольшой вес и хорошие эксплуатационные качества.

Основываясь на том, что в существующих светотехнических расчетах зенитных фонарей учитывается только облачное небо МКО [1], нами была поставлена задача определения коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря при ясном небе МКО.

В отличие от облачного неба, при ясном небе световой поток, падающий на входную полость светового проема складывается из двух составляющих: потока идущего от неба

(рассеянной составляющей) $F^{я.н}$ и потока идущего от солнца (прямой составляющей) F^{\odot} (рис. 1). Кроме того, коэффициент светопропускания является переменной величиной, так как распределение яркости ясного неба МКО меняется в течение времени с изменением положения Солнца на небосводе.

Суммарный световой поток, поступающий в помещение, определяется по формуле

$$F_{\text{сум.}} = F^{я.н} \tau^{я.н} + F^{\odot} \tau^{\odot}, \quad (1)$$

где $\tau^{я.н}$ – коэффициент светопропускания от рассеянной составляющей светового потока, τ^{\odot} – коэффициент светопропускания от прямой составляющей светового потока.

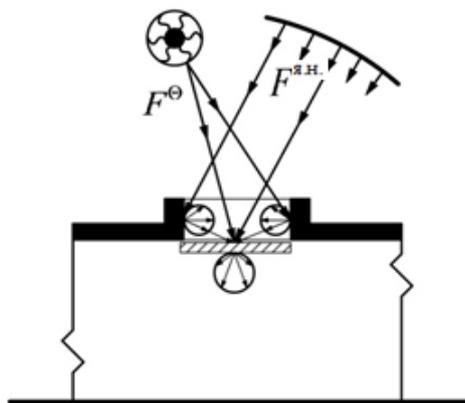


Рис. 1 – Схема прохождения световых потоков через точечный зенитный фонарь при ясном небе

В соответствии с [2] коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря от рассеянной составляющей ясного неба МКО $\tau^{я.н.}$ представим в виде двух слагаемых

$$\tau^{я.н.} = u_{я} + \omega_{я}, \quad (2)$$

где $u_{я}$ – доля светового потока, идущего от неба, которая, упав на проем снаружи, пройдет через него непосредственно в помещение; $\omega_{я}$ – доля светового потока, идущего от неба, которая, упав на стенки проема, после многократных отражений войдет через выходное отверстие проема в помещение.

Слагаемое $u_{я}$ определяется отношением светового потока идущего от неба, непосредственно прошедшего в помещение $F_{вых.}^{я.н.}$, к световому потоку идущего от неба на входе в отверстие светового проема $F_{вх.}^{я.н.}$ (рис. 2)

$$u_{я} = F_{вых.}^{я.н.} / F_{вх.}^{я.н.}, \quad (3)$$

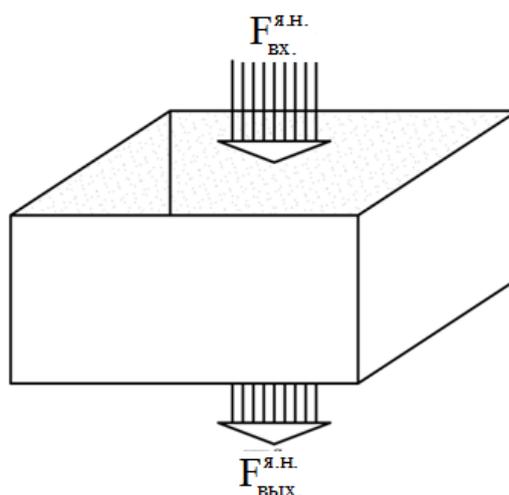


Рис. 2 – Схема прохождения светового потока идущего от неба через зенитный точечный фонарь

Световой поток, падающий на выходное отверстие светового проема, определяется интегрированием освещенности по площади выходного отверстия:

$$F_{\text{вых.}}^{\text{я.н.}} = \int_0^a \int_0^b E_A dx dy, \tag{4}$$

где a, b – длина и ширина светового проема; E_A – освещенность в точке А, лежащей в плоскости выходного отверстия, от участка небосвода, видимого через входное отверстие проема (рис. 3), определяется по формуле

$$E_A = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \int_0^{Z_2(\theta_1, \alpha)} L(z, \alpha) \sin z \cos \alpha dz d\alpha + \int_{\alpha_2}^{\alpha_3} \int_0^{Z_2(\theta_2, \alpha)} L(z, \alpha) \sin z \cos \alpha dz d\alpha + \int_{\alpha_3}^{\alpha_4} \int_0^{Z_2(\theta_1, \alpha)} L(z, \alpha) \sin z \cos \alpha dz d\alpha + \int_{\alpha_4}^{\alpha_5} \int_0^{Z_2(\theta_2, \alpha)} L(z, \alpha) \sin z \cos \alpha dz d\alpha, \tag{5}$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – пределы интегрирования, которые выражаются через геометрические размеры светового проема

$$\alpha_1 = \beta_1 = \arctg x/y; \quad \alpha_2 = \alpha_1 + \beta_2 = \beta_1 + \arctg y/x + \arctg(a-y)/x;$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \beta_3 = \alpha_2 + \arctg x/(a-y) + \arctg(b-x)/(a-y);$$

$$\alpha_4 = \alpha_3 + \beta_4 = \alpha_3 + \arctg(a-y)/(b-x) + \arctg y/x; \quad \alpha_5 = \alpha_1 + \arctg(b-x)/(a-y);$$

$L(z, \alpha)$ – яркость в произвольном участке неба; $Z_2(\theta_1, \alpha), Z_2(\theta_2, \alpha)$ – уравнения контура входного отверстия фонаря, видимого из расчетной точки; θ_1, θ_2, z – зенитное расстояние до сторон входного отверстия фонаря и участков неба.

Уравнение (5) решается в соответствии с [3].

Световой поток, падающий на входное отверстие светового проема, определяется по формуле

$$F_{\text{вх.}}^{\text{я.н.}} = S_{\text{вх}} E_{\text{г}}^{\text{я.н.}}, \tag{6}$$

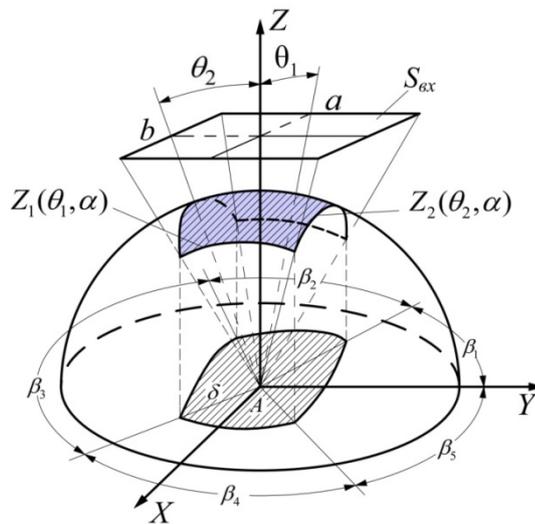


Рис. 3 – К расчету освещенности в точке А выходного отверстия проема

где $S_{\text{вх}}$ – площадь входного отверстия светового проема; $E_{\text{г}}^{\text{я.н.}}$ – наружная горизонтальная освещенность от ясного неба МКО определяется по формуле

$$E_{\text{г}}^{\text{я.н.}} = 2 \int_0^{\pi} \int_0^{\pi/2} L(z, \alpha) \sin z \cos \alpha dz d\alpha \tag{7}$$

Поскольку правую часть (4) решить аналитически не представляется возможным, для решения интеграла была применена кубатурная формула Симпсона [4]. Разобьем выходное отверстие сеткой прямоугольников с размерами сторон $\Delta a = a/n; \Delta b = b/m$ (рис.4). Тогда (3) примет вид

$$u_{\text{я}} = \frac{\Delta a \Delta b \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{i,j} E_{i,j}}{9 S_{\text{вх}} E_{\text{г}}^{\text{я,н}}} \quad (8)$$

где $A_{i,j}$ – постоянные коэффициенты; $E_{i,j}$ – освещенность в узлах сетки, определяемая по (5).

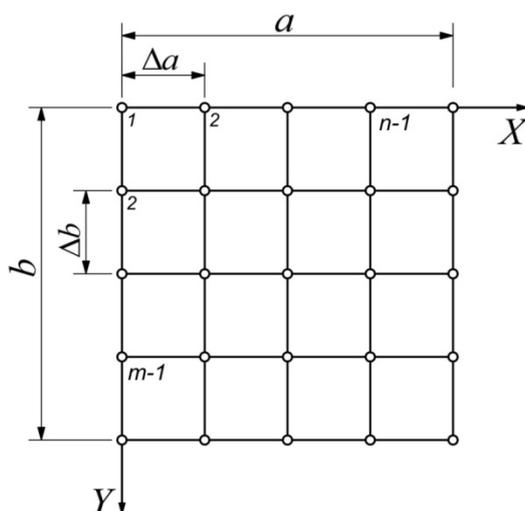


Рис. 4 – Расположение расчетных точек в плоскости выходного отверстия светового проема

Компонент, учитывающий отраженную составляющую светового потока, проходящего через световой проем фонаря, от неба равномерной яркости в соответствии с [2] определяется уравнением

$$\omega = \frac{\frac{S_{\text{вх}}}{S_{\text{б}}} (1-u)^2 \rho}{1 - \rho + 2\rho(1-u) \frac{S_{\text{вх}}}{S_{\text{б}}}} \quad (9)$$

где $S_{\text{б}}$ и ρ – площадь, и коэффициент отражения боковых граней светового проема.

Учитывая сложность задачи определения многократных отражений при неравномерной яркости ясного неба МКО, ограничимся ее приближенным решением, введя в (9) множитель

$$v = L_{\text{cp}} / L_{\text{cp}}^{\text{н}}, \quad (10)$$

где $L_{\text{cp}}^{\text{н}}$ – средняя яркость небосвода,

$$L_{\text{cp}}^{\text{н}} = E_{\text{г}}^{\text{я,н}} / \pi, \quad (11)$$

где L_{cp} – средняя яркость небосвода, видимого через входное отверстие проема (рис. 3),

$$L_{\text{cp}} = \left(\sum_{i=1}^n E_i / \sigma \right) / n, \quad (12)$$

где E_i – освещенность в узлах сетки; σ – проекция телесного угла участка небосвода видимого из расчетной точки на горизонтальную плоскость (рис. 3); n – количество узлов сетки.

Таким образом, второе слагаемое (2) определится из уравнения

$$\omega_{\text{я}} = \omega v, \tag{13}$$

Определение коэффициента светопропускания τ^{\ominus} от прямой составляющей светового потока было осуществлено на основе экспериментальных исследований, на рабочей площадке установки малого «Искусственного небосвода» НИИСФ [5].

Для вывода функциональной зависимости коэффициента светопропускания, характеризующей взаимосвязь высоты стояния Солнца H^{\ominus} , индекса светового проема фонаря i (14) и коэффициента отражения стенок фонаря ρ был применен метод математического планирования эксперимента [6]. Диапазон изменения i определялся геометрическими размерами унифицированных зенитных фонарей ($0,5 \leq i \leq 6$); диапазон изменения ρ найден, исходя из возможных значений коэффициента отражения стенок проема ($0,4 \leq \rho \leq 0,8$); диапазон H^{\ominus} определяется из возможных высот стояния Солнца ($10 \leq H^{\ominus} \leq 80$)

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}, \tag{14}$$

где h – высота светового проема зенитного точечного фонаря; a, b – размеры фонаря в плане.

После реализации планов проведения экспериментов были получены аналитические выражения для определения коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря от прямой составляющей Солнца τ^{\ominus} , которые представлены уравнениями регрессии вида

Для $0,5 \leq i \leq 2$

$$\tau^{\ominus} = -0,14 + 0,759i - 1,172\rho + 0,112H^{\ominus} - 0,142i^2 + 1,5\rho^2 - 0,0034iH^{\ominus} - 0,003\rho H^{\ominus}, \tag{15}$$

Для $2 \leq i \leq 6$

$$\tau^{\ominus} = -0,0329 + 0,1255i + 0,8182\rho + 0,00755H^{\ominus} - 0,00755i^2 - 0,04375\rho i - 0,0000251iH^{\ominus} - 0,00607\rho H^{\ominus}, \tag{16}$$

На рис. 5 показано изменение коэффициента светопропускания зенитного фонаря для прямого солнечного света, для рассеянного света от ясного неба МКО и при равномерной яркости неба. Кривые построены для фонаря размером $2,7 \times 2,7 \times 0,65$ м при коэффициенте отражения боковых граней $\rho = 0,6$.

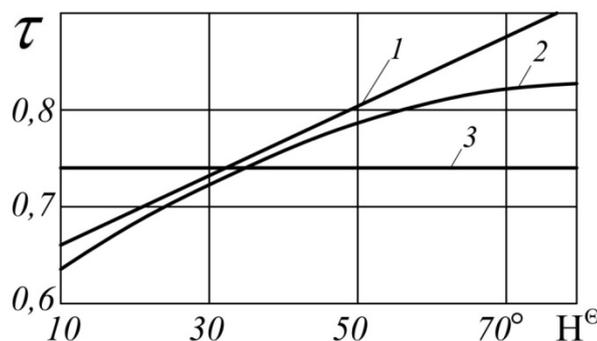


Рис. 5 – 1 – τ^{\ominus} ; 2 – $\tau^{\text{я.н.}}$; 3 – при равномерной яркости небосвода

Предлагаемый метод позволит существенно повысить точность расчета естественной освещенности в помещениях с точечными зенитными фонарями в суточном и годовом

циклах, что имеет важное значение для дифференцированного учета светового климата при проектировании систем естественного и совмещенного освещения.

Список литературы

1. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. М., 2004. -53с.
2. *Киреев Н.Н.* Метод расчета коэффициента светопропускания зенитных фонарей без заполнения. – Светотехника, 1975 №8 с. 10-12
3. *Киреев Н.Н., Гукетлов Х.М.* Расчет на ЭВМ естественного освещения помещения от ясного неба МКО. - Науч. тр. НИИСФ, 1983. Исследования по строительной светотехнике, с. 29-33.
4. *Демидович Б.П., Марон И.А.* Основы вычислительной математики. М.: Физматгиз 1963.
5. *Гукетлов Х.М.* Определение светопропускания зенитных фонарей от прямой составляющей Солнца. Журнал «Проблемы современной науки и образования» номер 5 (23) Москва. 2014 с.91-95
6. *Бережнев Ю.Н., Деревянко Л.П.* Рекомендации по планированию экспериментальных исследований горных машин. Донецк: изд. ДОННИГРИ, 1975, 55с.

05.13.18

А.М. Казиев, В.Х. Хуранов, И.А. Казиев, М.Х. Дадова, И.Ю. Кумышев

ГОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им Х.М. Бербекова»,
Нальчик

КОЛЕБАНИЯ МНОГОПРОЛЁТНОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БАЛКИ НА УПРУГИХ ОПОРАХ

Рассматриваются поперечные вынужденные колебания многопролётной балки разной жёсткости в пролётах. Предложена математическая модель колебаний в виде балки Тимошенко. Найдены её собственные значения и векторы. Определены функции амплитуды колебаний. Изучено влияние частоты и сдвига фаз возмущений на амплитуду колебаний. Выполнен численный пример.

Ключевые слова: Кинематически возбуждаемые колебания, многопролётная балка, частота, собственный вектор, трансцендентные уравнения, метод покоординатного спуска.

Многопролётные балки являются элементами многих инженерных сооружений. В большинстве случаев при расчёте таких балок расчётную схему принимают с абсолютно жёсткими опорами. Также пренебрегают влиянием сдвига поперечных сечений.



Рис.1 – Схема многопролётной балки на упругих опорах

В данной работе рассмотрена модель многопролётной балки Тимошенко [1, 2] погонной массой m_j на упругих опорах жёсткостью c_j (рис.1), модифицированная путём добавления сил линейного вязкого ε_j трения. Дифференциальное уравнение колебаний для j -го пролёта $u_j(x,t)$ в общепринятых обозначениях примет вид

$$b_j u_j^{IV} - s_j \ddot{u}_j'' + m_j \ddot{u}_j + \varepsilon m_j \dot{u}_j + d_j u_j' = 0, \quad 1, 2, \dots, n \tag{1}$$

где n - количество пролётов,

$$b_j = EJ_j, \quad s_j = \rho J_j \left(1 + \frac{E}{\kappa_j G}\right), \quad d_j = \frac{\rho^2 J_j}{\kappa_j G}, \quad N = n + 1.$$

Точки соответствуют частному производному u по t , штрихи - по x , четыре штриха заменены - IV .

Определим спектры собственных частот и коэффициентов затухания балки по полученной модели. Из условий закрепления и сопряжения пролётов получаем дополнительные условия:

1) на левом конце

$$b_1 u_1'''(0, t) = c_1 u_1(0, t), \quad b_1 u_1''(0, t) = 0, \tag{2}$$

2) на промежуточных опорах

$$\begin{aligned} b_{j-1} u_{j-1}'''(l_{j-1}, t) &= b_j u_j'''(0, t) + c_j u_j(0, t), & b_{j-1} u_{j-1}''(l_{j-1}, t) &= b_j u_j''(0, t), \\ u'_{j-1}(l_{j-1}, t) &= u'_j(0, t), & u_{j-1}(l_{j-1}, t) &= u_j(0, t), \end{aligned} \tag{3}$$

3) на правом конце

$$b_n u_n'''(l_n, t) = c_N u_n(l_n, t), \quad b_n u_n''(l_n, t) = 0. \tag{4}$$

Решение задачи (1) - (4) отыскиваем с помощью метода разделения переменных как произведение

$$u_j(x_j, t) = X_j(x_j)e^{\lambda t} \quad (5)$$

Здесь $\lambda = -\mu + i\omega$ – характеристический показатель, μ , ω – подлежащие определению коэффициент затухания и частота свободных колебаний. Подстановка (5) в (1) - (4) даёт

$$b_j X_j^{IV} - s_j \lambda^2 X_j'' + (m_j \lambda^2 + \varepsilon m_j \lambda + d_j \lambda^4) X_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

$$b_1 X_1'''(0) = c_1 X_1(0), \quad b_1 X_1''(0) = 0, \quad (7)$$

$$b_{j-1} X_{j-1}'''(l_{j-1}) = b_j X_j'''(0) + c_j X_j(0), \quad b_{j-1} X_{j-1}''(l_{j-1}) = b_j X_j''(0), \quad (8)$$

$$X_{j-1}'(l_{j-1}) = X_j'(0), \quad X_{j-1}(l_{j-1}) = X_j(0), \quad j = 2, 3, \dots, n, \quad (9)$$

$$b_n X_n'''(l_n) = c_n X_n(l_n), \quad b_n X_n''(l_n) = 0. \quad (10)$$

Уравнение (6) разделим на b_j , введём обозначения

$$v_j = s_j \lambda^2 / 2b_j, \quad \theta_j^2 = (m_j \lambda^2 + \varepsilon m_j \lambda + d_j \lambda^4) / b_j$$

и перепишем

$$X_j^{IV} - 2v_j X_j'' + \theta_j^2 X_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

Фундаментальную систему частных решений уравнения (11) можно записать как вектор-функцию

$$\xi_j(x_j) = \{ \sin k_{1j} x_j, \cos k_{1j} x_j, \operatorname{sh} k_{2j} x_j, \operatorname{ch} k_{2j} x_j \},$$

где $k_{1j} = \sqrt{-v_j + \sqrt{v_j^2 - \theta_j^2}}, \quad k_{2j} = \sqrt{v_j + \sqrt{v_j^2 - \theta_j^2}}.$

Тогда общее решение уравнения в векторной форме примет вид

$$X_j(x_j) = C_j T \xi_j(x_j), \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Здесь $C_j = \{C_{1j}, C_{2j}, C_{3j}, C_{4j}\}$ – вектор – столбец произвольных постоянных интегрирования для j -го участка.

Условия (7) - (10) задачи приводят к системе уравнений

$$GC = 0, \quad (12)$$

где G – квадратная блочная матрица порядка $4n$,

$$G = \begin{pmatrix} \boxed{A} \\ \boxed{D_2} \\ \dots \\ \boxed{D_j} \\ \dots \\ \boxed{B} \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} C_{11} \\ C_{21} \\ \vdots \\ C_{3n} \\ C_{4n} \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} -k_{11}^3 & -p_1 & k_{21}^3 & -p_1 \\ 0 & -k_{11}^2 & 0 & k_{21}^2 \end{pmatrix}$$

$$D_j = \begin{pmatrix} -k_{1,j-1}^3 r_{1,j-1} & k_{1,j-1}^3 s_{1,j-1} & k_{2,j-1}^3 q_{2,j-1} & k_{2,j-1}^3 p_{2,j-1} & k_{1,j}^3 & -p_j & -k_{2,j}^3 & -p_j \\ -k_{1,j-1}^2 s_{1,j-1} & -k_{1,j-1}^2 r_{1,j-1} & k_{2,j-1}^2 p_{2,j-1} & k_{2,j-1}^2 q_{2,j-1} & 0 & k_{1,j}^2 & 0 & -k_{2,j}^2 \\ k_{1,j-1} r_{1,j-1} & -k_{1,j-1} s_{1,j-1} & k_{2,j-1} q_{2,j-1} & k_{2,j-1} p_{2,j-1} & -k_{1,j} & 0 & -k_{2,j} & 0 \\ s_{1,j-1} & r_{1,j-1} & p_{2,j-1} & q_{2,j-1} & 0 & -1 & 0 & -1 \end{pmatrix},$$

$j = 2, 3, \dots, n,$

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} -k_{1,n}^3 r_{1,n} - p_N s_{1,n} & -k_{1,n}^3 s_{1,n} - p_N r_{1,n} & k_{2,n}^3 q_{2,n} - p_{2,n} q_{2,n} & k_{2,n}^3 p_{2,n} - q_{2,n} p_{2,n} \\ -k_{1,n}^2 s_{1,n} & -k_{1,n}^2 r_{1,n} & k_{2,n}^2 p_{2,n} & k_{2,n}^2 q_{2,n} \end{pmatrix}$$

Здесь нулевые элементы матрицы G не выписаны.

Условие существования нетривиального решения системы уравнений (12) даёт частотное уравнение

$$\det G(\lambda) = 0, \tag{13}$$

из которого определяются собственные значения, т. е. спектр $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots\}$.

Уравнение (13) является трансцендентным вида $f(\lambda) = 0$. При $n > 2$ его написание в развёрнутой форме, хотя и возможно, представляет громоздкую процедуру. Выход из таких затруднений состоит в применении численных методов и ЭВМ. С учётом того, что левая часть уравнения (13) представляет комплексную функцию, можно его переписать в виде

$$f_1(\mu, \omega) + i f_2(\mu, \omega) = 0.$$

Его решение найдём с помощью метода покоординатного спуска, образовав вспомогательную функцию

$$\Phi(\mu, \omega) = |\det G(\mu, \omega)| = [f_1^2(\mu, \omega) + f_2^2(\mu, \omega)]^{1/2}, \tag{14}$$

обращающуюся в нуль лишь в том случае, если

$$f_1(\mu, \omega) = f_2(\mu, \omega) = 0.$$

Решения системы (14) дают нулевые значения функции

$$\Phi(\mu, \omega) = 0.$$

По процедуре метода покоординатного спуска находим спектр коэффициентов затухания и собственных частот

$$\{(\mu_1, \omega_1), (\mu_2, \omega_2), \dots\}.$$

Рассмотрен пример трёхпролётной балки, первый и третий пролёты которой из двутавра № 14, а второй - из двутавра № 16 с численными данными

$$l_1 = l_2 = l_3 = 4 \text{ м}, \quad \rho = 7800 \text{ кг/м}^3, \quad E = 200 \text{ ГПа},$$

$$\varepsilon = \{0,01 \ 0,005 \ 0,005 \ 0,01\} \text{ с}^{-1}, \quad c = \{100, 200, 300, 400\} \text{ МН/м}.$$

Вычисленные коэффициенты затухания и собственные частоты представляются таблицей 1.

Таблица 1 – Спектр собственных частот и соответствующих им коэффициентов затухания

| k | 1 | 2 | 3 | 7 | 10 |
|----------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|
| $\mu_k, \text{ с}^{-1}$ | 0,005 | 0,00466 | 0,0044 | 0,0043 | 0,00402 |
| $\omega_k, \text{ с}^{-1}$ | 186,65 | 725,54 | 807,13 | 1903,92 | 2957,97 |

Анализ результатов показывает, что учёт вязкого трения мало влияет на элементы спектра собственных частот, но позволяет определить коэффициенты затухания. При этом, как показывают расчёты по предлагаемой схеме, собственные частоты совпадают с точными аналитическими значениями классической балки. При $c = \{\infty, 0, 0, \infty\}$ и одинаковых сечениях на участках многопролётная балка превращается в однопролётную классическую балку, что позволяет проводить тестовые расчёты. Вычисления обнаружили хорошее совпадение точных частот с приближёнными.

По множеству причин опоры балки могут совершать перемещения в поперечном направлении, что может служить источником вынужденных колебаний. Возмущения $\mathbf{z}(t)$, возникающие по этим причинам, будут гармоническими с разными частотами Ω_k , амплитудами a_k и начальными фазами ψ_k . При этом они будут компонентами некоторого вектора $\mathbf{T}(t)$

$$f_k(t) = z_k(t) = a_k e^{i(\Omega_k t + \psi_k)} = A_k e^{i\Omega_k t}, \quad A_k = a_k e^{i\psi_k}, \quad k = 1, 2, \dots, n+1. \tag{15}$$

Здесь A_k – комплекснозначные амплитуды, образующие вектор \mathbf{A} .

Определим функции перемещений и амплитуд для установившихся колебаний. В таком случае начальные условия к системе уравнений (1), (2) не требуются. Краевые условия к

уравнениям (3) составляются по тем же принципам, которые использованы для свободных колебаний.

Уравнения (1), (2) имеют общее решение

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{H}(\mathbf{x}, i\Omega) \mathbf{T}(t), \quad (16)$$

где $\mathbf{H}(\mathbf{x}, i\Omega)$ – искомая матрица передаточных функций, элементы которой суть реакции пролётов балки на единичные гармонические возмущения. Например, $H_{jk}(x_j, i\Omega_k)$ является комплексной амплитудой колебаний j – го пролёта балки от k – того автономного гармонического единичного возмущения $\xi_k(t) = e^{i\Omega_k t}$. $\mathbf{T}(t)$ – комплексная вектор-функция с компонентами, заданными формулами (26), (27). В целом матрица и вектор имеют вид

$$\mathbf{H}(\mathbf{x}, i\Omega) = \begin{pmatrix} H_{11}(x_1, i\Omega_1) & H_{12}(x_1, i\Omega_2) & \cdots & H_{1,2K}(x_1, i\Omega_{2K}) \\ H_{21}(x_2, i\Omega_1) & H_{22}(x_2, i\Omega_2) & \cdots & H_{2,2K}(x_2, i\Omega_{2K}) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ H_{n1}(x_n, i\Omega_1) & H_{n2}(x_n, i\Omega_2) & \cdots & H_{n,2K}(x_n, i\Omega_{2K}) \end{pmatrix}, \quad \mathbf{T}(t) = \begin{pmatrix} A_1 e^{i\Omega_1 t} \\ A_2 e^{i\Omega_2 t} \\ \cdots \\ A_{2K} e^{i\Omega_{2K} t} \end{pmatrix}.$$

В развёрнутой форме поперечные перемещения балки тогда будут определяться

$$u_j(x_j, t) = \sum_{k=1}^{2K} H_{jk}(x_j, i\Omega_k) A_k e^{i\Omega_k t}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (17)$$

Список литературы

1. Вибрации в технике. Справочник в 6 томах. Том 1. Колебания линейных систем / Под ред. Болотина В.В. М.: Машиностроение, 1978. 352 с. 2. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. М.: Наука, 1967. 444 с.
2. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М.: Наука, 1967. 444 с.
3. Kim C.S., Dickinson S.M. On the analysis of laterally vibrating slender beams subject to various complicating effects. // J. Sound and Vibr.. 1988. 122, N 3, с. 441-455.
4. Auciello N.M. A study of the numerical convergence of Rayleigh-Ritz method for the free vibrations of cantilever beam of variable cross-section with tip mass. // Eng. Trans.. 1996. 44, N 3-4, с. 375-388.
5. Акуленко Л.Д., Костин Г.В., Нестеров С.В. Численно-аналитический метод исследования свободных колебаний неоднородных стержней // Изв. АН. Мех. тверд. тела. – 1995. № 5. – С. 180-191.
6. Культербаев Х.П., Казиев А.М. Свободные колебания балки с сосредоточенными массами // Наука, техника и технология нового века (НТТ – 2003). Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Нальчик. Кабардино-Балкарский государственный университет - 2003. С.15-21.

05.13.18

Н.А. Котков, И.В. Плохов, С.А. Федорченко

Псковский государственный университет,
институт инженерных наук,
кафедра электроэнергетики электропривода и систем автоматизации,
Псков, 4се@goodgame.ru

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПУЛЬСАЦИЙ СИГНАЛОВ КАК ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛА СКОЛЬЗЯЩЕГО ТОКОСЪЁМА ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Произведён расчёт и анализ коэффициента пульсаций тока и напряжения, а также коэффициента токораспределения, дисперсии и среднеквадратичного отклонения тока при различных экспериментах с макетом узла скользящего токосъёма турбогенератора.

Ключевые слова: узел скользящего токосъёма, щёточно-контактный аппарат, электрические машины, искусственные нейронные сети, диагностика, качество токораспределения, коэффициент пульсаций.

Задача качественного распознавания технического состояния узлов скользящего токосъёма (УСТ) электрических машин на сегодняшний день является важной и не до конца решённой задачей. Существуют различные устройства и методы исследования устойчивости токопередачи и модели динамики физических процессов в электрических машинах с контактными кольцами, которые используются в различных диагностических системах. Подобная система описана в работе [1] и состоит из двух частей: первая группа приборов предназначена для оперативного контроля технического состояния УСТ и позволяет производить измерение основных характеристик технического объекта в процессе планового обслуживания, а вторая – для непрерывной системной диагностики характеристик щёточно-контактного аппарата (ЩКА). Однако анализ литературы по теме диагностирования и прогнозирования технического состояния узлов скользящего токосъёма позволяет сделать вывод об отсутствии готовых инженерных решений, которые были бы основаны на методике интеллектуальной аналитики данных.

В статье [2] представлены искусственные нейронные сети (ИНС), которые способны решить проблемы диагностики и распознавания технического состояния УСТ электрических машин с контактными кольцами, там же был представлен вектор входных данных, который потребуется для реализации этой задачи. В процессе множественных экспериментов с макетом УСТ [3] были сняты и обработаны необходимые для составления входного вектора ИНС данные. В интерактивной среде разработки JupyterLab на языке Python написана программа, при помощи которой производится расчёт и анализ полученных в результате экспериментов данных, необходимых для формирования будущего входного вектора диагностической ИНС

В качестве примера для аналитики приведены два эксперимента, в каждом из которых контактные кольца макета УСТ вращались со скоростью $\omega = 3000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$, при токе через аппарат $I = 150 \text{ А}$. При этом в одном из экспериментов макет УСТ работал стабильно, а в другом удалось добиться возникновения искрения при помощи снижения усилия нажатия на несколько щёток.

Таблица 1 – Усилия нажатия подключенных рабочих щёток в экспериментах с искрением и без искрения.

| | При искрении | При стабильной работе |
|-----------------|--------------|-----------------------|
| F_2, H | 11.37 | 17.06 |
| F_7, H | 15.52 | 15.52 |
| F_3, H | 5.29 | 13.59 |
| F_8, H | 20.16 | 20.16 |

Сигналы напряжений и токов двух пар щёток в этих экспериментах изображены на рис. 1 и 2, а параметры входного вектора ИНС, полученные в результате обработки данных представлены в таблицах 2 и 3.

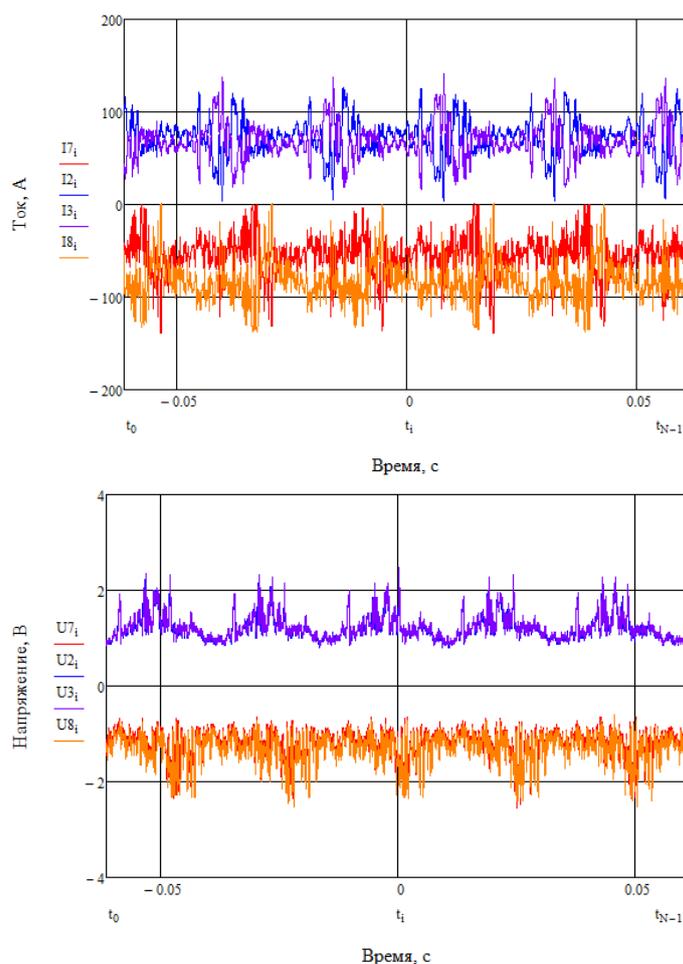


Рис. 1 – Сигналы токов и напряжений в эксперименте при одинаковых усилиях нажатия для всех рабочих щёток (искрение отсутствует).

Таблица 2 – Постоянные и переменные составляющие сигналов переходного падения напряжения подключенных рабочих щёток в экспериментах с искрением и без искрения.

| При искрении | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Параметр | U_2 | U_7 | U_3 | U_8 |
| Постоянная составляющая, В | 1.843 | 1.075 | 1.881 | 1.166 |
| Среднее значение переменной составляющей, В | 0.382 | 0.248 | 0.387 | 0.259 |
| Средний коэффициент пульсаций | 0.207 | 0.231 | 0.206 | 0.222 |
| При стабильной работе | | | | |
| Параметр | U_2 | U_7 | U_3 | U_8 |
| Постоянная составляющая, В | 1.208 | 1.213 | 1.234 | 1.297 |
| Среднее значение переменной составляющей, В | 0.19 | 0.232 | 0.195 | 0.241 |
| Средний коэффициент пульсаций | 0.157 | 0.191 | 0.158 | 0.186 |

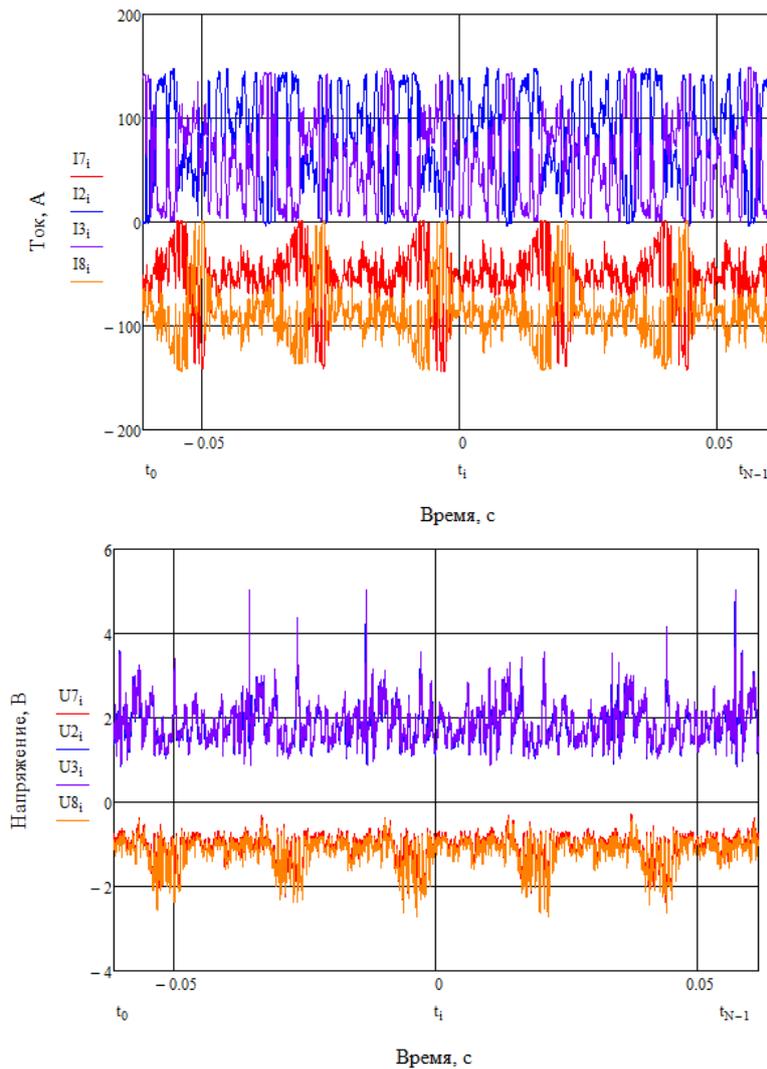


Рис. 2 – Сигналы токов и напряжений в эксперименте при ослабленных и искрящих катодных щётках 2 и 3.

Выделив из сигнала постоянную и переменную составляющие, можно определить ценный с практической точки зрения параметр качества контактирования – средний коэффициенты пульсаций тока и напряжений:

$$K_{IAV,pulse} = \frac{I_{AVvar}}{I_{const}},$$

$$I_{AVvar} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n I_{var,i},$$

$$I_{const} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n I_i, I_{var,i} = I_i - I_{const},$$
(1)

где n – размер массива данных; I_i – мгновенное значение падения напряжения в момент времени i ; $I_{var,i}$ и I_{AVvar} – мгновенное и среднее значения переменной составляющей тока щётки; I_{const} – постоянная составляющая падения напряжения, эквивалентная среднему значению сигнала; $K_{IAV,pulse}$ – средний коэффициент пульсаций тока [4].

Таблица 3 – Интегральные показатели качества токораспределения в экспериментах с искрением и без искрения.

| При искрении | | | | |
|---|--------|-------|-------|-------|
| Параметр | I_2 | I_7 | I_3 | I_8 |
| Постоянная составляющая, А | 84.49 | 53.39 | 59.90 | 87.82 |
| Среднее значение переменной составляющей, А | 35.24 | 17.33 | 34.34 | 17.39 |
| Средний коэффициент пульсаций тока | 0.417 | 0.325 | 0.573 | 0.198 |
| Средний ток через аппарат, А | 71.3 | | | |
| Дисперсия тока, А ² | 299.2 | | | |
| Среднеквадратичное отклонение тока, А | 19.3 | | | |
| Коэффициент токораспределения, А | 419.04 | | | |
| При стабильной работе | | | | |
| Параметр | I_2 | I_7 | I_3 | I_8 |
| Постоянная составляющая I_{const} , А | 71.98 | 55.13 | 68.33 | 82.56 |
| Среднее значение переменной составляющей, А | 13.08 | 15.22 | 13.09 | 15.55 |
| Средний коэффициент пульсаций тока | 0.182 | 0.28 | 0.192 | 0.19 |
| Средний ток через аппарат, А | 69.5 | | | |
| Дисперсия тока, А ² | 128.27 | | | |
| Среднеквадратичное отклонение тока, А | 11.33 | | | |
| Коэффициент токораспределения, А | 184.56 | | | |

Формулы для определения среднего коэффициента пульсаций напряжения аналогичны (1):

$$K_{UAV,pulse} = \frac{U_{AVvar}}{U_{const}},$$

$$U_{AVvar} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n U_{var,i}, \quad (2)$$

$$U_{const} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n U_i, \quad U_{var,i} = U_i - U_{const},$$

где n – размер массива данных; U_i – мгновенное значение падения напряжения в момент времени i ; $U_{var,i}$ и U_{AVvar} – мгновенное и среднее значения переменной составляющей падения напряжения щётки; U_{const} – постоянная составляющая падения напряжения, эквивалентная среднему значению сигнала; $K_{UAV,pulse}$ – средний коэффициент пульсаций напряжения.

Распределение тока по щёткам также позволяет судить о техническом состоянии УСТ. В идеальном режиме работы весь ток распределён равномерно между подключенными рабочими щётками. В реальности неравномерное распределение тока по щёткам и щеточным бракетам оказывает негативное влияние на техническое состояние УСТ, поскольку вызывает повышенное искрение и износ контактирующих поверхностей. Для оценки качества токораспределения используются интегральные показатели:

$$\begin{aligned}
 I_{av} &= \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N I_i, \\
 \sigma &= \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (I_i - I_{av})^2, \\
 \delta &= \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (I_i - I_{av})^2}, \\
 K_I &= \frac{\sigma}{I_{av}}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

где I_i – сигнал тока во времени i -ой щётки, N – число щёток, σ – дисперсия токов, δ – среднеквадратичное отклонение тока подключенных рабочих щёток, K_I – коэффициент токораспределения.

В результате экспериментов были получены данные о зависимости качества токораспределения и коэффициентов пульсации токов и напряжений щёток от усилий нажатия. При ослаблении усилия нажатия на одну или несколько щёток наблюдается ухудшение интегральных показателей качества токораспределения. При практически одинаково среднем токе через УСТ и ослаблении усилия нажатия наблюдается повышение коэффициента токораспределения, что является следствием неравномерного распределения тока.

Следует уточнить, что в экспериментах с макетом УСТ коэффициент токораспределения играет чрезвычайно весомую роль в оценке технического состояния. В случае с реальным объектом, одного этого параметра будет недостаточно [5], поскольку у реального турбогенератора количество рабочих щёток существенно больше и искрение под поверхностью небольшого их количества не повлечёт за собой серьёзного изменения коэффициента токораспределения.

Список литературы

1. Плохов И.В. Комплексная диагностика и прогнозирование технического состояния узлов скользящего токосъёма турбогенераторов. Диссертация доктора технических наук. СПб.: СПбГПУ, 2002.
2. Котков Н.А., Искусственная нейронная сеть как технология диагностики технического состояния узлов скользящего токосъёма турбогенераторов. Научно-технический вестник Поволжья. 2019. №10. С. 42-47.
3. Плохов И.В., Андрусич А.В., Ильин А.В., Исаков А.Н., Бандурин И.И., Козырева О.И. Стенд для исследования узла скользящего токосъёма турбогенератора. Вестник Псковского государственного университета. Серия: Экономические и технические науки. 2012. №1. С. 211-215.
4. Слободян М.С., Слободян С.М. Живучесть скользящего электрического контакта // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. №5-6. с. 55-64.
5. Kozyreva O., Plokhov I., Kotkov N., Savraev I., Ilyin A. Experimental investigations of effect of LC-circuits on sparking and thermal state of sliding electric contact unit. Vide. Tehnologija. Resursi - Environment, Technology, Resources. 11. Ser. "Environment. Technology. Resources - Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference" 2017. С. 150-153.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (05.13.19)**

05.13.19

**Г.А. Гареева канд. педагог. наук, М.Р. Хамидуллин канд. экон. наук,
Д.А. Ибрагимов, Л.Ф. Фазлуллин, Р. Артурзаман**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им.А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра информационных систем,
Набережные Челны, damir19890819@gmail.com, gagareeva1977@mail.ru, nauka_prom@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА RSA

В данной статье описывается процесс разработки алгоритма шифрования RSA. Весь алгоритм шифрования описан с математической точки зрения и реализован на языке программирования C#. Выбранный метод реализации использует алгоритм Решета Эратосфена для генерации простых чисел. Функционал программы использует связь между копиями программ и позволяет использовать любые типы данных для передачи.

Ключевые слова: *шифрование, алгоритм, алгоритм RSA, защита информации, Решето Эратосфена, криптография, криптографические системы, C#, открытый ключ, закрытый ключ, передача данных.*

Для современных информационных систем важно иметь возможность обмениваться данными. Вопрос безопасности для передачи данных является ключевой задачей криптографии. Один из предложенных способов защиты был предложен в конце 70 годов XX века тремя математиками, чьи имена легли в основу его названия (RSA), R.Rivest, A.Shamir и L.Adleman. Этот способ является одним из самых популярных способов асимметричного алгоритма шифрования в криптографических системах [1].

Для использования RSA шифрования не требуется защищенный канал передачи данных – что является заметным преимуществом относительно других способов защиты передачи данных [2].

Метод заключается в создании двух математических ключей – открытого и закрытого. Обмен сообщением происходит с создания получателем сообщения открытого и закрытого ключа. Получатель посылает открытый ключ по каналу связи, с помощью которого отправитель зашифровывает сообщение и отправляет получателю. Сообщение нельзя расшифровать, имея открытый ключ, поэтому передачу сообщения можно назвать безопасной даже при условии компрометации открытого ключа. Получатель в свою очередь может расшифровать сообщения закрытым ключом.

Сам алгоритм базируется на том, что задача разложения большого числа на простые множители является очень трудной и перебор всех возможных значений для открытого ключа будет практически невозможным (задача факторизации) [3].

Асимметричные криптографические системы используют одностороннюю функцию $y = f(x)$. Нахождение значения функции с легкостью вычисляется при заданном аргументе x . Но при известном значении функции нахождение значения x является сложной задачей. RSA метод – одна из интерпретации асимметричного метода шифрования, где используется односторонняя функция с секретом – $y = f(x, z)$. Отличие заключается в том, что аргумент x легко восстановить при известном значении аргументов y и z , но практически невозможно при неизвестном аргументе z , который и называется секретом [4].

Математически создание ключа для асимметричного шифрования RSA реализуется выбором двух чисел (p, q) по следующим признакам:

- числа должны быть простыми;
- числа должны быть большими.

После выбора чисел p и q получают число модуля сравнения по формуле $n = q \cdot p$.

Следующим шагом будет нахождение функции Эйлера $f(n) = (p-1) \cdot (q-1)$. Полученное значение будет использовано для выбора числа e .

Число e выбирается по следующим критериям:

- число e должно быть меньше числа n ;
- число не должно иметь общих множителей со значением функции Эйлера $f(n)$.

Последним шагом будет нахождение числа d . Оно вычисляется по формуле $d = e^{-1} \bmod f(n)$.

В полученных значениях:

- открытый ключ – n, e ;
- закрытый ключ – n, d .

После получения ключей можно приступить к шифрованию сообщения. Процесс шифрования открытым ключом происходит по формуле $c = m^e \bmod n$, где c – сообщение.

Расшифровка происходит по формуле $c^d \bmod n$.

В данной разработке реализована генерация случайного ключа с заданным диапазоном простых чисел. Вписывая натуральное значение, программа вычисляет все простые числа до заданного числа. Вычисление простых чисел происходит по алгоритму Решета Эратосфена, представленного на рисунке 1.

Решето Эратосфена представляет собой алгоритм, который последовательно отсеивает все непростые числа до некоторого N , заданным пользователем [5]. Происходит это по нескольким параметрам:

- четные числа;
- числа с делителем 3,5,7,11 без остатка.

```
static public List<uint> SieveEratosthenes(uint n)
{
    var numbers = new List<uint>();
    //заполнение списка числами от 2 до n-1
    for (var i = 2u; i < n; i++)
    {
        numbers.Add(i);
    }

    for (var i = 0; i < numbers.Count; i++)
    {
        for (var j = 2u; j < n; j++)
        {
            //удаляем кратные числа из списка
            numbers.Remove(numbers[i] * j);
        }
    }

    return (numbers);
}
```

Рис. 1 – Реализация алгоритма Решето Эратосфена на языке C#

Выборка двух значений для q и p происходит случайно из диапазона простых чисел и сохраняется в памяти. Из значений переменных q и p вычисляются значения открытого и закрытого ключа шифрования.

Открытый ключ посылается на копию программы отправителя сообщения для шифрования. Затем происходит передача зашифрованного сообщения получателю с расшифровкой с помощью закрытого ключа, сохраненного в памяти получателя. После успешной транзакции и успешной расшифровки ключи удаляются.

Функционал программы предполагает работу с текстом и при необходимости можно использовать класс `FileStream` для шифрования любых типов файлов.

Для отправки коротких сообщений используется консольная версия программы, функционал которой использовался для проверки работы алгоритмов шифровки и дешифрования. Интерфейс программы представлен на рисунке 2.

В каждом сценарии используется разный модуль способа шифрования. Для текстовых файлов используется таблица шифрования алфавита, где предварительно каждый символ записывается в массив, элементы которого последовательно шифруются. После расшифровки закрытым ключом массив переводится в текстовый формат, используя массив шифрования алфавита. Копия программы предполагает наличие этого массива, как у получателя, так и у отправителя сообщения.

```
N = 1000
p= 337 q= 179
Впишите сообщение для шифровки
текст
Закодированное сообщение:
1890559273131934230818905
открытый ключ: 277 60323
закрытый ключ: 27421 60323
функция эйлера: 59808
Идет расшифровка Успешно!
текст
```

Рис. 2 – Консольная версия программы для отладки

Если необходимо использовать другие языки или специальные символы их нужно записать в массив алфавита перед началом передачи сообщения на каждую версию программы участвующую в передаче сообщения.

Для остальных типов входящих данных используется метод `FileStream`, который преобразует файл в последовательность байт. Перед процессом шифрования файл записывается в массив в виде последовательности байт. Программа в сценарии использования файла пропускает массив шифрования алфавита. Расширение файла не имеет значения и сохраняется при передаче.

Программное решение может использоваться в качестве шифровальщика важных данных, документов и сообщений для их передачи по незащищенным каналам связи. Автоматически генерируемый ключ позволяет автоматизировать процесс создания ключей. Разработанная программа, реализующая алгоритм шифрования RSA может использоваться в различных сферах информационной безопасности.

Список литературы

1. *Киямова А.Р., Гареева Г.А.* Криптографическая защита электронной информации // *Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности: сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции.* 21-22 января 2021 г. – Волгоград: ООО «Конверт», – 2021. – С.38-39.
2. *Емельянов Д.В., Мустафин А.Ф., Петров А.Н., Хамидуллин М.Р.* Разработка компонентов аппаратно-программной системы контроля управления и доступа на примере предприятия ООО Паралакс Поволжье - Курск: ЗАО «Университетская книга», 2020.- С. 96.
3. *Березин А.Н., Молдовян Н.А.* Построение криптосхем на основе задачи дискретного логарифмирования по трудно разложимому модулю // *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ».* 2013. № 7. С. 54-59.
4. *Демьянчук А.А., Молдовян Д.Н., Молдовян А.А.* Алгоритмы открытого шифрования в протоколах с нулевым разглашением секрета // *Вопросы защиты информации.* 2013. № 2. С. 22-27.
5. *Молдовян Д.Н., Молдовян Н.А.* Введение в теоретические основы криптосистем с открытым ключом.- СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2016. - 68 с.

05.13.19

В.В. Никулин канд. техн. наук, С.С. Попкова

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва,
институт электроники и светотехники,
кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи,
Саранск, nikulinvv@mail.ru, popckowa.svet@yandex.ru.

РЕАЛИЗАЦИЯ ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ РАДИОМОДУЛЕЙ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

В работе представлена реализация охранной системы на базе радиомодулей. Система выполнена на платформе Arduino. В статье представлены схемы и опытный образец охранной системы.

Ключевые слова: *охранная система, система безопасности, радиомодули, радиопередача, Arduino.*

В современном мире очень остро стоит проблема безопасности объектов, например, таких, как офис или дом. Система охранной сигнализации предоставляет возможность на начальном этапе обнаружить нарушение и своевременно его предупредить. Важной задачей является обеспечение безопасности людей и сохранность имущества, денег и других ценностей. Защита охраняемого объекта от основных угроз с помощью современных средств защиты, а также правильный подход к построению систем физической защиты является важной задачей [1, 2].

Современный рынок охранных систем представляет множество различных решений, но главным отличием разработанной системы от других является гибкость системы. В статье описывается базовая комплектация системы, которую пользователь легко может расширить в соответствии со своими требованиями. Также предлагаемая охранная система будет иметь небольшой размер, что позволит легко замаскировать его под предмет интерьера и сделает ее «невидимой».

Охранная сигнализация реализована на базе платформы Arduino. Несмотря на свою простоту система будет обеспечивать контроль двух стандартных шлейфов охранной сигнализации. Что позволяет использовать ее для охраны достаточно крупных объектов.

Структурная схема охранной системы представлена на рисунке 1.

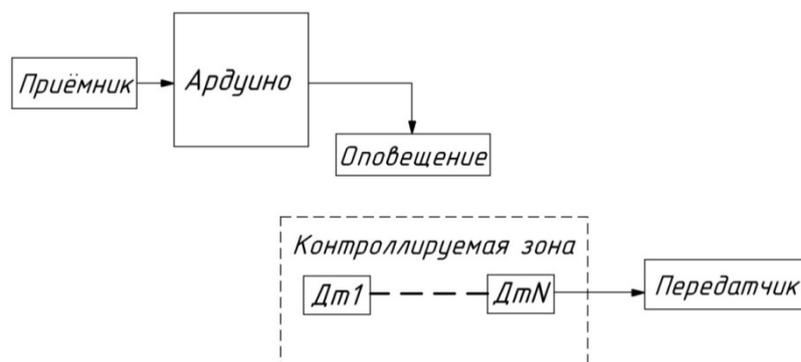


Рис. 1 – Структурная схема охранной сигнализации

Как видно из рисунка структурная схема состоит из платформы Arduino, приемника, передатчика, средства оповещения датчиков, которые размещаются в контролируемой зоне.

Функциональная схема охранной сигнализации представлена на рисунке 2.

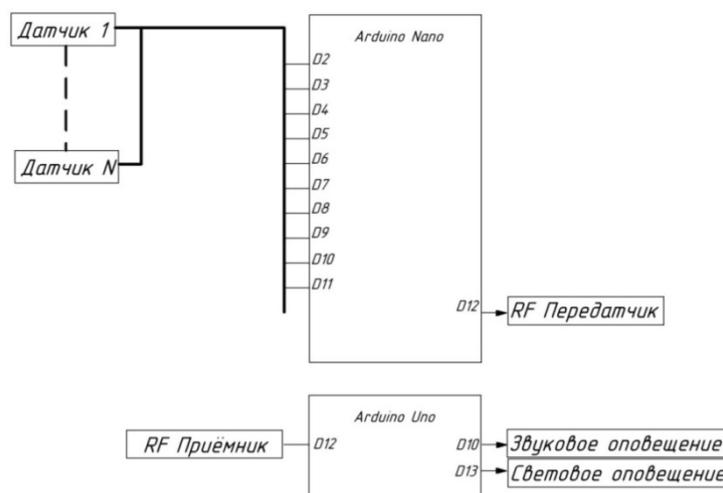


Рис. 2 – Функциональная схема охранной сигнализации

Рассмотрим подробнее устройство передатчика. Для данной системы был выбран датчик движения – HC-SR501. Он представляет собой плату с микросхемой и одним PIR-сенсором. PIR-сенсор защищен линзой, и оборудован двумя потенциометрами. Один из них необходим для регулировки чувствительности, второй для определения времени, в течении которого на выходе будет происходить сигнал. Датчик срабатывает на расстоянии до 3–7 метров [3, 4].

Для передатчика использовалась плата Arduino Nano, работающая на основе чипа ATmega328P. Преимуществом является то, что плата Arduino Nano может работать от различных источников питания, которые подключаются как через USB порт компьютера, так и через отдельный вход нерегулируемого источника постоянного тока напряжением от +5 до +20 В). Благодаря линейному стабилизатору LM1117IMPX-5.0 обеспечивается стабильное питание внешних устройств [5].

Третьим компонентом является RF-модуль. Ядром этого модуля является резонатор SAW. Также модуль включает в себя переключающий транзистор и несколько пассивных компонентов. RF-модуль настроен на диапазон частот 433.xx МГц.

В отличие от передатчика в приемнике используется плата Arduino Uno, работающая на базе чипа ATmega328. Плату можно также подключать к источнику питания как с помощью USB-порта, так и с помощью специальной линии питания. На плате установлен линейный стабилизатор (LDO) L7805.

RF-модуль приемника представляет собой радиочастотную схему и два операционных усилителя. Усилители используются для того, чтобы усилить принимаемую несущую, передаваемую на схему с фазовой автоподстройкой частоты.

Третьим составляющим приемника является динамик или так называемый зуммер – звукоизлучающее устройство, используемое в качестве сигнального устройства [6, 7].

Для сборки опытного образца необходимо соединить платы приемника и передатчика Arduino с датчиком движения, динамиком и RF-модулями при помощи перемычек.

Радиус действия модулей в базовой комплектации не очень большой (до 10 м), но можно легко увеличить радиус действия, добавив антенны к каждому модулю. Длину антенны для этого можно рассчитать следующим образом:

Длина волны равна:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{433 \cdot 10^6} = 0,69284 \text{ м.}$$

А длина антенны:

$$l = \frac{0,69284}{4} = 0,1732 \text{ м} = 17,32 \text{ см.}$$

Опытный образец системы представлен на рисунке 3.

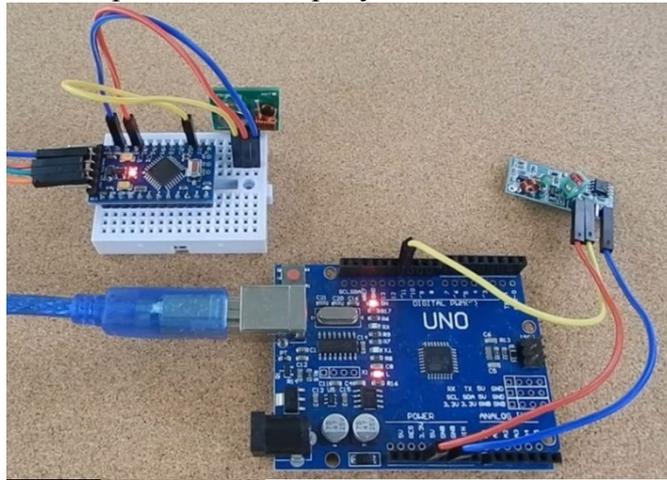


Рис. 3 – Опытный образец системы

Для серийного производства системы разработаны макеты печатных плат для приемника и передатчика, они представлены на рисунке 4.

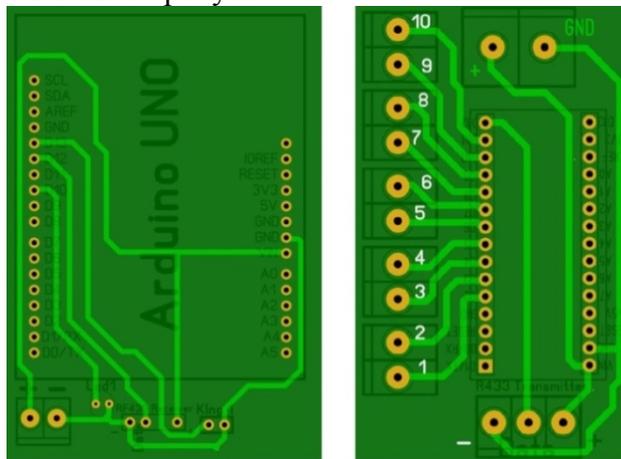


Рис. 4 – Макет печатных плат для приемника и передатчика

Подводя итоги всего вышеизложенного, можно подытожить, что была разработана и реализована охранная система на базе радио модулей. Система состоит из приемника и передатчика и отличается своей гибкостью и возможностью расширения функционала пользователем. Система является компактной, что позволяет замаскировать ее под предметы интерьера. С помощью разработанных компонентов можно запустить серийное производство системы.

Список литературы

1. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации. Основы теории и принципы построения. – М. : Горячая Линия – Телеком, 2008. – 508 с.
2. Никулин В.В., Попкова С.С. Применение технологии интернета вещей для интеграции в охранно-пожарные системы сигнализации // Огарёвские чтения : материалы научной конференции: в 3 частях. – Саранск, 2021. – С. 292–297.
3. Шаранов В., Мусиенко М., Шаранова Е. Пьезоэлектрические датчики. – М. : Техносфера, 2006. – 632 с.
4. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.
5. Рейкс Ч.Д. 55 электронных схем сигнализации. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 112 с.
6. Синилов В.Г. Системы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. – М. : Академия, 2011. – 512 с.
7. Никулин В.В., Попкова С.С. Обзор существующих охранно-пожарных систем // «Радиочастотное планирование и электромагнитная совместимость». Материалы IV межрегионального вебинара. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2021. – С. 4–7.

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS****Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, А.Р. Фардеев
ОБ УСТОЙЧИВОСТИ В ЦЕЛОМ
ОДНОГО КЛАССА СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ
И СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Ключевые слова: системы с распределёнными и сосредоточенными параметрами, устойчивость в целом, метод функций Ляпунова, квадратичные формы.

Методом функций Ляпунова решается задача устойчивости в целом систем с распределёнными и сосредоточенными параметрами, описываемых линейными дифференциальными уравнениями в частных и обыкновенных производных. При этом исходные уравнения высокого порядка путём введения дополнительных переменных представляются системой уравнений первого порядка. Получены условия асимптотической устойчивости в целом.

**Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, А.Р. Фардеев
ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ГИДРОСИСТЕМЫ С РЕГУЛЯТОРОМ РАСХОДА ЖИДКОСТИ**

Ключевые слова: гидросистема, регулятор расхода жидкости, устойчивость, точность функционирования.

Разработана принципиальная схема, проанализированы устойчивость и точность функционирования гидросистемы с регулятором расхода жидкости.

**А.В. Ганичева, А.В. Ганичев
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО
КОЭФФИЦИЕНТА ВАРИАЦИИ**

Ключевые слова: выборка, вероятность, оценка, точность, ряд Тейлора.

В статье получены точечные и интервальные оценки показателя разброса выборки – линейного коэффициента вариации. Выведен закон распределения данного показателя. Показана его зависимость от статистических характеристик наблюдений: средней арифметической и дисперсии выборки.

**М.В. Емельянов
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ
МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (СМИК)**

Ключевые слова: система мониторинга, СММК, непрерывный режим мониторинга, автоматизация проектирования СММК, метод экспертных оценок, многокритериальный анализ.

В статье представлены результаты анализа методов экспертных оценок, применяемых для определения перечня оборудования систем мониторинга инженерных (несущих) конструкций зданий и сооружений (СММК). Предложен оригинальный подход к анализу состава измерительного оборудования, основанный на применении метода многокритериального анализа, позволяющего оценить состав измерительного оборудования СММК по нескольким критериям оценки, с учетом весов каждого из критериев. Практическое применение результатов исследования позволит теоретически обосновать выбор конкретного проекта СММК, автоматизировать процедуру анализа проектных решений в части выбора оборудования СММК.

**Ю.Г. Жеглова
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО
ВЫБОРУ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НУЛЕВОГО
ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬСТВА**

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, ограждающие конструкции, нулевой цикл строительства.

В работе предложено функциональное описание системы поддержки принятия решений по выбору ограждающей конструкции нулевого цикла строительства. Методика, положенная в основу данной системы, позволит сократить

**F.D. Bairamov, B.F. Bairamov, A.R. Fardeev
ABOUT GLOBAL STABILITY OF ONE CLASS
OF SYSTEMS WITH DISTRIBUTED
AND LUMPED PARAMETERS**

Keywords: systems with distributed and lumped parameters, global stability, the method of Lyapunov functions, quadratic forms.

The method of Lyapunov functions is used to solve the problem of global stability of systems with distributed and lumped parameters described by linear differential equations in partial and ordinary derivatives. In this case, the original higher-order equations, by introducing additional variables, are represented by a system of first-order equations. Conditions for asymptotic global stability are obtained.

**F.D. Bairamov, B.F. Bairamov, A.R. Fardeev
RESEARCH OF FUNCTIONING OF HYDRAULIC
SYSTEM WITH LIQUID FLOW REGULATOR**

Keywords: hydraulic system, liquid flow regulator, stability, accuracy of functioning.

The principal scheme of hydraulic system with liquid flow regulator is developed. Its stability and accuracy of functioning is analyzed.

**A.V. Ganicheva, A.V. Ganichev
INVESTIGATION OF THE LINEAR COEFFICIENT
OF VARIATION**

Keywords: sampling, probability, estimation, accuracy, Taylor series.

The article provides point and interval estimates of the sample spread indicator - the linear coefficient of variation. The distribution law of this indicator is derived. Its dependence on the statistical characteristics of observations is shown: the arithmetic mean and the variance of the sample.

**M.V. Emelianov
DETERMINATION OF THE RATIONAL COMPOSITION
OF MEASURING EQUIPMENT STRUCTURAL HEALTH
MONITORING (SHM) SYSTEM**

Keywords: monitoring system, SHM, real-time monitoring, automation of SMIK design, method of expert assessments, multi-criteria analysis.

The article presents the results of the analysis of expert assessment methods used to determine the list of equipment for monitoring systems of load-bearing structures of buildings and structures (SHM). An original approach to the analysis of the composition of measuring equipment is proposed, based on the application of the method of multi-criteria analysis, which allows to evaluate the composition of the measuring equipment of the SHM by several indicators that may contradict each other. The practical application of the research results will allow theoretically substantiating the choice of a specific SHM project, automating the procedure for analyzing design decisions regarding the selection of SHM equipment.

**Yu.G. Zhiglova
DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE CHOICE
OF ENCLOSING STRUCTURES FOR THE ZERO
CONSTRUCTION CYCLE**

Keywords: decision support system, enclosing structures, zero construction cycle.

The paper proposes a functional description of the decision support system for the choice of the enclosing structure for the zero construction cycle. The methodology underlying this system will reduce the time for justifying a technical solution,

время на обоснование технического решения отсекая неподходящие варианты, а также существенно снизить риск возникновения ошибок при реализации проекта и тем самым позволит обеспечить безопасное и безаварийное строительство.

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова
СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА
ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: язык программирования Python, анализ данных, обработка информации, машинное обучение, нейронные сети. В статье рассматривается язык программирования Python и специфика его применения для решения задач анализа и математической обработки больших объемов информации, а также решения задач машинного обучения. Приведено описание наиболее популярных специализированных библиотек языка Python и их возможностей.

К.А. Иванова, М.В. Шкурин
МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ КАК
ЧАСТЬ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ

Ключевые слова: психофизиологическое состояние, функциональное состояние, профессиональная пригодность, психофизиологические показатели, особая ситуация, летный экипаж, пилот ГА, эффективность, полетное задание. В статье описаны основные методики оценки психофизиологических состояний. Показано, что существующие методики нуждаются в совершенствовании, т.к. в настоящее время не полностью удовлетворяют системам безопасности управления полетов (СУБП). Определена необходимость дальнейшего изучения указанной проблематики в связи с большим техническим прогрессом в эргономике рабочего пространства летных экипажей и появлением на авиационном рынке новых типов воздушных судов.

О.Н. Кузина
ДАТАЦЕНТРИЧНЫЙ BIM-СЦЕНАРИЙ
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРИЕМКИ
РАБОТ ПО ОБЪЕКТУ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Ключевые слова: строительство, системный анализ, моделирование, информационная модель, жизненный цикл объекта, эксплуатация, сквозные цифровые технологии, цифровизация строительства, BIM-сценарий, управление данными.

В работе представлен BIM-сценарий информационного моделирования организационных, технологических, физического, документированных процедур наполнения модели объекта исполнительной информацией на стадии строительства. Проработка представленного сценария отражает детальные

cutting off unsuitable options, as well as significantly reduce the risk of errors during project implementation and thereby ensure safe and trouble-free construction.

A.G. Zhornyak, T.A. Morozova
THE SPECIFICS OF USING THE PYTHON
PROGRAMMING LANGUAGE TO SOLVE PROBLEMS OF
INFORMATION ANALYSIS AND PROCESSING

Keywords: Python programming language, data analysis, information processing, machine learning, neural networks. The article discusses the Python programming language and the specifics of its application for solving problems of analysis and mathematical processing of large amounts of information, solving machine learning problems. The description of the most popular specialized Python libraries and their capabilities is given.

K.A. Ivanova, M.V. Shkurin
METHODS FOR ASSESSING
THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF CIVIL
AVIATION PILOTS AS PART OF THE CONTINUOUS
MONITORING SYSTEM

Keywords: psychophysiological state, functional state, professional fitness, psychophysiological indicators, special situation, flight crew, civil aviation pilot, efficiency, flight task. This article deals with methods of assessment of psychophysiological state of civil aviation pilots as a part of continuous monitoring technology, aimed at predicting unregulated actions of flight crew, revealing the reserve psychophysiological capabilities of civil aviation pilots in known or predicted special situations when performing a flight task. The methods of psychophysiological state assessment are understood as the applied system of psychophysiological testing programs in the organizational structure of the aviation company's personnel support and flight safety forecasting base. The methods and their assessment are based on a set of data of psychophysiological indicators of the flight crews under study, considering the signs of professional suitability and unfitness, time intervals of readiness, in order to optimize and automate the existing complex of civil aviation pilots training to ensure increased flight safety at aviation companies. The article presents a scheme of psychophysiological signs of professional fitness and unfitness, the relationship between special training and psychophysiological indicators and their correlation coefficient. The main methods for assessing psychophysiological states are described. It is shown that the existing methods of evaluation of civil aviation pilots' condition need to be improved, as they do not fully reflect the reality at present. It is necessary to further study, develop new and improve existing techniques and their evaluations due to the great technical progress in ergonomics of flight crew working space and the appearance of new types of aircraft in the aviation market.

O.N. Kuzina
DATA-CENTRIC BIM-SCENARIO OF EXECUTIVE
MODELING AND ACCEPTANCE OF WORK ON A
CAPITAL CONSTRUCTION PROJECT

Keywords: construction, system analysis, modeling, information model, object life cycle, operation, end-to-end digital technologies, digitalization of construction, Data Governance.

The paper presents information modeling of organizational, technological, physical, documented procedures BIM scenarios for filling the object model with executive information at the construction stage. The elaboration of the presented scenario reflects the detailed requirements for the structure and composition of the information model based on the analysis of

требования к структуре и составу информационной модели на основе анализа ожидаемых выгод от применения такого сценария на конкретном объекте. Для примера выбран сценарий моделирования строительной-монтажной работы по укладке плиты перекрытия. Любой сценарий информационного моделирования, как и представленный, должен быть адекватен запросам и возможностям участников строительного проекта.

Д.Н. Левин, К.А. Иванова, М.В. Шкурин
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ
ПРОГНОЗИРУЕМЫХ НЕРЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ
ДЕЙСТВИЙ ЛЕТНОГО ЭКИПАЖА

Ключевые слова: информационное обеспечение, база данных, информационно-аналитический комплекс, психофизиологическое показатели, иерархия данных, хранение данных, особая ситуация, летный экипаж, пилот ГА, эффективность, полетное задание.

В данной статье рассматриваются теоретические и практические исследования информационного обеспечения баз данных. Авторами база данных понимается как часть информационно-аналитического комплекса по обеспечению безопасности полета в рамках непрерывного контроля. Данный контроль направлен на прогнозирование нерегламентированных действий летного экипажа, а также выявление резервных психофизиологических и психолингвистических возможностей пилотов гражданской авиации в известной или прогнозируемой особой ситуации при выполнении полетного задания. В статье приведены схемы сценариев влияния относительных скоростей потоков на результат принятия решений. Показан вариант хранения объектно-ориентированных иерархических данных. Показано, что существующие информационные обеспечения нуждаются в совершенствовании, т.к. в настоящее время не полностью отражают действительность. Необходимо дальнейшее изучение, разработка новых и совершенствование существующих информационных обеспечений в связи с большим техническим прогрессом в эргономике рабочего пространства летных экипажей и появлением на авиационном рынке новых типов воздушных судов.

К.А. Моисеева, Я.И. Шамлицкий,
Н.В. Ковбаса, А.Ю. Ефимов

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ
НА ОСНОВЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ АЛГОРИТМОВ

Ключевые слова: транспортные потоки, технические средства, дорожное движение, автоматизированные системы, светофор, обучающиеся алгоритмы.

Целью статьи является описание практического применения технологий автоматизации управления транспортными потоками и применения искусственного интеллекта для решения задач оптимизации дорожного движения. В статье рассматривается мониторинг дорожного движения, описаны его цели, задачи, указан необходимый функционал системы автоматизации мониторинга дорожного движения, перечислены параметры дорожного движения, которые она должна определять.

А.А. Смирнов, А.С. Долгов
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХОЛЬТА-УИНТЕРСА ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЯВЛЕНИЯ СООБЩЕНИЙ
НОВОСТНЫХ АГЕНТСТВ

Ключевые слова: сбор данных, адаптивные системы, прогнозирование появления сообщений, интеллектуальный анализ данных.

В статье описывается разработанный алгоритм загрузки текстовых сообщений новостных агентств с прогнозированием появления новых сообщений по методу Хольта-Уинтерса. Алгоритм позволил, за счет информации об источнике публикации новостных сообщений, осуществить балансировку параметров своевременности загрузки текстовых сообщений и использования ресурсов системы загрузки для повышения эффективности ее работы.

the expected benefits from the application of such scenario on a specific object. For example, a scenario for modeling construction and installation work on laying a floor slab is selected. Any scenario of information modeling, as presented, should be adequate to the needs and capabilities of the participants of the construction project.

D.N. Levin, K.A. Ivanova, M.V. Shkurin
METHODS FOR ASSESSING
THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF CIVIL
AVIATION PILOTS AS PART OF THE CONTINUOUS
MONITORING SYSTEM

Keywords: information support, database, information-analytical complex, psychophysiological indicators, data hierarchy, data storage, special situation, flight crew, civil aviation pilot, efficiency, flight task.

This article deals with theoretical and practical research of database information support as part of the information-analytical complex to ensure flight safety within the framework of continuous monitoring, aimed at predicting unregulated actions of the flight crew, identifying the reserve psychophysiological and psycholinguistic capabilities of civil aviation pilots in known or predicted special situations when performing a flight task. The information support of the database is based on a set of data with a special hierarchical structure of the registered data, the presence of areas of psychophysiological parameters and psycholinguistic units. The relative rates of interaction of information flows are described, examples and scenarios are given. The article provides schemes of scenarios of influence of relative velocities of flows on the result of decision-making. The option of storing object-oriented hierarchical data is shown. It is shown that the existing information support needs to be improved, as it currently does not fully reflect reality. It is necessary to further study, develop new and improve existing information support in connection with the great technical progress in the ergonomics of flight crew working space and the emergence of new types of aircraft in the aviation market.

К.А. Моисеева, Я.И. Шамлицкий,
Н.В. Ковбаса, А.Ю. Ефимов

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ
НА ОСНОВЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ АЛГОРИТМОВ

Keywords: traffic flows, technical means, traffic, automated systems, traffic lights, learning algorithms.

The purpose of the article is to describe the practical application of automation technologies for traffic management and the use of artificial intelligence to solve traffic optimization problems. The article discusses traffic monitoring, describes its goals and objectives, specifies the necessary functionality of the traffic monitoring automation system, lists the traffic parameters that it should determine.

А.А. Смирнов, А.С. Долгов
APPLICATION OF THE HOLT-WINTERS METHOD
FOR PREDICTING THE APPEARANCE OF MESSAGES
NEWS AGENCIES

Keywords: data collection, adaptive systems, message prediction, data mining.

The article describes the developed algorithm for downloading text messages from news agencies with the prediction of the appearance of new messages using the Holt-Winters method. The algorithm made it possible, due to the information about the source of the publication of news reports, to balance the parameters of the timeliness of loading text messages and the use of the resources of the loading system to increase its efficiency.

А.С. Строкина, Н.Г. Андреев, В.В. Андреев
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО
КОНТЕЙНЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГАММА-
ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ДОЗОВЫХ
НАГРУЗОК НА ПЕРСОНАЛ

Ключевые слова: гамма-дефектоскопия, дефектоскоп, диагностика, транспортный контейнер, источник излучения, дозовая нагрузка.

В работе рассмотрены преимущества и недостатки одного из основных методов неразрушающего контроля качества – гамма-дефектоскопии. Представлены составляющие дозовой нагрузки при проведении гамма-дефектоскопии различного оборудования. С целью оптимизации технико-экономических показателей транспортных контейнеров выполнены расчеты доз на поверхности контейнера, изготовленного из различных материалов. Оценена стоимость необходимых материалов для изготовления транспортного контейнера.

А.П. Буйносов, А.Т. Шарапов, А.А. Козлова
ПРИЧИНЫ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА БАНДАЖЕЙ
КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ

Ключевые слова: локомотив, колесная пара, бандаж, износ, причины, снижение.

Рассматриваются различные причины интенсивного износа бандажей колесных пар локомотивов на сети железных дорог Российской Федерации. Приводятся результаты работы УрГУПС по снижению износа колесных пар тепловозов в депо Сургут.

А.Р. Фардеев, И.П. Талипова, Е.П. Барыльникова
ВЫВОД УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РОТОРА
ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ ВЕТРОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Ключевые слова: ветронасосная установка, система циркуляции смазочно-охлаждающей жидкости, угловая скорость, скорость ветра, давление насоса.

В данной статье производится вывод уравнения, описывающего движение ротора ветродвигателя ветронасосной установки с учетом скорости ветра и давления насоса. Рассматриваемая ветронасосная установка включена в существующую систему циркуляции смазочно-охлаждающей жидкости машиностроительного предприятия. При большой скорости ветра система работает от ветронасосной установки. При малой скорости ветра система работает от источника электроэнергии или от энергии, накопленной в гидроаккумуляторах. Выведена зависимость момента, приложенного к ротору ветродвигателя со стороны внешних сил от угловой скорости вращения ротора ветродвигателя и скорости ветра, а также зависимость момента, потребляемого насосом от угловой скорости вращения ротора ветродвигателя и давления насоса. Путем преобразования дифференциального уравнения движения ротора ветродвигателя с учетом указанных зависимостей получено искоемое уравнение движения ротора ветродвигателя.

Т.А. Чуваткина, А.В. Агапов,
Д.В. Камчатов, Е.Ю. Королев
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭФФЕКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
БАКТЕРИЦИДНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ

Ключевые слова: средство измерений, метод измерения, автоматизация, измерительная установка, бактерицидный облучатель, неопределенность измерений.

В данной работе рассмотрены основные параметры бактерицидных облучателей, приведена блок-схема автоматизированной измерительной установки для контроля энергетических и эффективных параметров источников непрерывного излучения, а также установлены составляющие неопределенности измерений разработанной установки.

A.S. Strokina, N.G. Andreev, V.V. Andreev
OPTIMIZATION OF THE TRANSPORT CONTAINER
DESIGN DURING GAMMA-FLAW DETECTION OF
EQUIPMENT, TAKING INTO ACCOUNT THE DOSE
LOADS ON PERSONNEL

Keywords: gamma-flaw detection, flaw detector, diagnostics, transport container, radiation source, dose load.

The article considers the advantages and disadvantages of one of the main methods of non-destructive quality control - gamma-flaw detection. The components of the dose load during gamma-flaw detection of various equipment are presented. In order to optimize the technical and economic indicators of transport containers, dose calculations were performed on the surface of a container made of various materials. The cost of the necessary materials for the manufacture of a transport container is estimated.

A.P. Buinosov, A.T. Sharapov, A.A. Kozlova
REASONS OF INTENSIVE WEAR OF LOCOMOTIVE
WHEEL BANDAGES

Keywords: locomotive, wheelset, bandage, wear, causes, decline.

Various reasons of intensive wear of wheelset braces of locomotives on the railway network of the Russian Federation are considered. The results of the work of the USURT to reduce the wear of wheel pairs of locomotives in the Surgut depot are presented.

A.R. Fardeev, I.P. Talipova, E.P. Barylnikova
DERIVATION OF EQUATION OF MOTION OF WIND
TURBINE ROTOR FOR WIND-PUMPING UNIT

Keywords: wind-pumping unit, circulating coolant system, angular velocity, wind speed, pump pressure.

The paper focuses on a derivation of equation describing the movement of wind-pump rotor with respect to wind speed and pump pressure. The considered wind-pumping unit is included into existing circulation system of lubricating-cooling fluid of machine-building enterprise. At high wind speed, the system is driven by the wind pump system. At low wind speed, the system is powered by an electrical power source or by energy stored in the hydraulic accumulators. The dependence of the torque applied to the rotor of the wind turbine from the external forces on the angular velocity of the wind turbine rotor and the wind speed, as well as the dependence of the torque consumed by the pump on the angular velocity of the wind turbine rotor and the pump pressure was derived. By means of transformation of the differential equation of motion of the wind turbine rotor taking into account the mentioned dependencies, the required equation of motion of the wind turbine rotor has been obtained.

T.A. Chuvatkina, A.V. Agapov,
D.V. Kamchatov, E.Y. Korolev
AUTOMATION OF THE MEASUREMENT PROCESS
ENERGY AND EFFICIENCY CHARACTERISTICS
BACTERICIDAL IRRADIATORS

Keywords: measuring instrument, measurement method, automation, measuring installation, bactericidal irradiator, measurement uncertainty.

In this paper, the main parameters of bactericidal processors are considered, a block diagram of the use of a measuring installation for energy and effective parameters for monitoring the continuity of the experiment is given, and the compositions of the measurement uncertainty developed are included installation.

Т.Б. Волкова, В.И. Виноградов, А.С. Алексейчук
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ
ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ И ВЕБ-СЕРВИСОВ ДЛЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ
СТУДЕНТОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРИКЛАДНАЯ
МАТЕМАТИКА»

Ключевые слова: компьютерные технологии,
профессиональные компетенции, спецкурсы, лабораторные
работы, интеллектуальный анализ данных.

В статье рассмотрена технология непрерывного формирования профессиональных компетенций на каждом этапе обучения студентов по направлению подготовки «Прикладная математика» в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете) с применением компьютерных технологий, а также при выполнении лабораторных работ по специальным дисциплинам, связанным с разработкой информационных систем и интеллектуальным анализом данных.

Т.А. Деменкова, А.О. Индришенок
МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ И ПЕРЕНОСА НЕЙРОННОЙ СЕТИ
НА АППАРАТНУЮ ПЛАТФОРМУ FPGA

Ключевые слова: нейронные сети, аппаратная поддержка,
программируемые логические интегральные схемы, машинное
обучение.

Работа посвящена созданию нейронных сетей с использованием аппаратной поддержки. Представлен процесс создания и анализа программного обеспечения для экспериментального стенда по выявлению сердечных заболеваний. Предложена общая структура нейронной сети для проведения анализа фрагментов звуковой дорожки. Описан процесс преобразование сохранённой модели нейронной сети для переноса на другую аппаратную платформу. Разработана оригинальная методика переноса модели нейронной сети на аппаратную платформу с архитектурой FPGA.

Х.М. Гукетлов, О.М. Шогенов,
М.Х. Машукова, И.З. Макушев
К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА
СВЕТОПРОПУСКАНИЯ ТОЧЕЧНОГО ЗЕНИТНОГО ФОНАРЯ
ПРИ ЯСНОМ НЕБЕ

Ключевые слова: коэффициента светопропускания, зенитный
точечный фонарь, световой поток, ясное небо МКО.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан метод расчета коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря для рассеянной и прямой составляющих солнечного света. Предлагаемый метод существенно повысит точность расчета естественной освещенности в помещениях с зенитными фонарями в суточном и годовом циклах.

А.М. Казиев, В.Х. Хуранов, И.А. Казиев,
М.Х. Дадова, И.Ю. Кумышев
КОЛЕБАНИЯ МНОГОПРОЛЁТНОЙ
МОДИФИЦИРОВАННОЙ БАЛКИ НА УПРУГИХ ОПОРАХ

Ключевые слова: кинематически возбуждаемые колебания,
многопролётная балка, частота, собственный вектор,
трансцендентные уравнения, метод покоординатного спуска.

Рассматриваются поперечные вынужденные колебания многопролётной балки разной жёсткости в пролётах. Предложена математическая модель колебаний в виде балки Тимошенко. Найдены её собственные значения и векторы. Определены функции амплитуды колебаний. Изучено влияние частоты и сдвига фаз возмущений на амплитуду колебаний. Выполнен численный пример.

T.B. Volkova, V.I. Vinogradov, A.S. Alekseychuk
USING SPECIALIZED SOFTWARE AND WEB SERVICES
FOR THE FORMATION OF PROFESSIONAL
COMPETENCIES OF STUDENTS IN THE SPECIALTY
"APPLIED MATHEMATICS"

Keywords: computer technology, professional competencies,
special courses, laboratory work, data mining.

The article discusses the technology of continuous formation of professional competencies at each stage of training students in the training program "Applied Mathematics" at the Moscow Aviation Institute (National Research University) using computer technology, as well as performing laboratory work in special disciplines related to the development of information systems and data mining.

T.A. Demenkova, A.O. Indrishenok
TECHNIQUE FOR CREATING AND TRANSFERRING A
NEURAL NETWORK ON THE HARDWARE FPGA
PLATFORM

Keywords: neural networks, hardware support, programmable
logic integrated circuits, machine learning.

The work is devoted to the creation of convolutional neural networks using hardware support. The process of creating and analyzing software for an experimental stand for detecting heart diseases is presented. The general structure of a neural network for analyzing fragments of an audio track is proposed. The process of transforming a saved model of a neural network for transferring to another hardware platform is described. An original technique for transferring a neural network model to a hardware platform with FPGA architecture has been developed.

Kh.M. Guketlov, O.M. Shogenov,
M.Kh. Mashukova, I.Z. Makushev
TO THE QUESTION OF DETERMINING THE
TRANSMISSION COEFFICIENT OF A POINT ROOM
LAMP WITH A CLEAR SKY

Keywords: light transmission coefficient, anti-aircraft spotlight,
luminous flux, clear sky MCO.

On the basis of the performed theoretical and experimental studies, a method has been developed for calculating the light transmission coefficient of a point skylight for the scattered and direct components of sunlight. The proposed method will significantly increase the accuracy of calculating natural illumination in rooms with skylights in the daily and annual cycles.

A.M. Kaziev, V.H. Khuranov, I.A. Kaziev,
M.H. Dadova, I.Y. Kumyshev
VIBRATIONS OF A MULTI-SPAN MODIFIED BEAM ON
ELASTIC SUPPORTS

Keywords: Kinematically excited oscillations. multi-span beam,
frequency, eigenvector, transcendental equations, coordinate
descent method.

Transverse forced oscillations of a multi-span beam of different stiffness in spans are considered. A mathematical model of oscillations in the form of a Timoshenko beam is proposed. Its eigenvalues and vectors are found. The oscillation amplitude functions are determined. The influence of the frequency and phase shift of disturbances on the amplitude of oscillations is studied. A numerical example is performed.

Н.А. Котков, И.В. Плохов, С.А. Федорченко
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА
ТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПУЛЬСАЦИЙ
СИГНАЛОВ КАК ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ УЗЛА СКОЛЬЗЯЩЕГО ТОКОСЪЁМА
ТУРБОГЕНЕРАТОРА

Ключевые слова: узел скользящего токосъёма, щёточно-контактный аппарат, электрические машины, искусственные нейронные сети, диагностика, качество токораспределения, коэффициент пульсаций.

Произведён расчёт и анализ коэффициента пульсаций тока и напряжения, а также коэффициента токораспределения, дисперсии и среднеквадратичного отклонения тока при различных экспериментах с макетом узла скользящего токосъёма турбогенератора.

Г.А. Гареева, М.Р. Хамидуллин, Д.А. Ибрагимов,
Л.Ф. Фазлуллин, Р. Артурззаман
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО
АЛГОРИТМА RSA

Ключевые слова: шифрование, алгоритм, алгоритм RSA, защита информации, Решето Эратосфена, криптография, криптографические системы, C#, открытый ключ, закрытый ключ, передача данных.

В данной статье описывается процесс разработки алгоритма шифрования RSA. Весь алгоритм шифрования описан с математической точки зрения и реализован на языке программирования C#. Выбранный метод реализации использует алгоритм Решета Эратосфена для генерации простых чисел. Функционал программы использует связь между копиями программ и позволяет использовать любые типы данных для передачи.

В.В. Никулин, С.С. Попкова
РЕАЛИЗАЦИЯ ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ
РАДИОМОДУЛЕЙ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Ключевые слова: охранная система, система безопасности, радиомодули, радиопередача, Arduino.

В работе представлена реализация охранной системы на базе радиомодулей. Система выполнена на платформе Arduino. В статье представлены схемы и опытный образец охранной системы.

N.A. Kotkov, I.V. Plokhov, S.A. Fedorchenko
INTEGRAL PERFORMANCE INDEXES OF CURRENT
DISTRIBUTION AND SIGNAL PULSATION
COEFFICIENTS AS ENGINEERING STATUS
CHARACTERISTICS OF SLIDING ELECTRICAL
CONTACT UNIT OF THE TURBOGENERATOR

Keywords: sliding electrical contact unit, brush-contact device, electrical machines, artificial neural networks, diagnostics, quality of current distribution, pulsation coefficients.

This paper presents calculation of current pulsation coefficient, voltage pulsation coefficient, current distribution coefficient, dispersion and meansquare value of current in different experiments with sliding electrical contact unit of the turbogenerator.

G.A. Gareeva, M.R. Khamidullin, D.A. Ibragimov,
L.F. Fazlullin, R. Arturzzaman
DEVELOPMENT OF THE RSA CRYPTOGRAPHIC
ALGORITHM PROGRAM

Keywords: encryption, algorithm, RSA algorithm, information protection, Eratosthenes Lattice, cryptography, cryptographic systems, C#, public key, private key, data transmission.

This article describes the process of developing the RSA encryption algorithm. The whole encryption algorithm is described from a mathematical point of view and implemented in C# programming language. The chosen implementation method uses Eratosthenes Lattice algorithm to generate prime numbers. Functionality of the program uses link between copies of programs and allows to use any types of data for transmission.

V.V. Nikulin, S.S. Popkova
IMPLEMENTATION OF A SECURITY SYSTEM BASED
ON RADIO MODULES ON THE ARDUINO PLATFORM

Keywords: security system, security system, radio modules, radio transmission, Arduino.

The paper presents the implementation of a security system based on radio modules. The system is made on the Arduino platform. The article presents schemes and a prototype of a security system.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№1 2022

Направления:

**05.13.01 – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**05.13.06 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
(технические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**05.13.18 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**05.13.19 – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

www.ntvprrt.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732

Подписано в печать 31.01.2022 Формат А4. Печать цифровая.

Дата выхода в свет 31.01.2022

6,8 усл.печ.л. 8,4 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 3910.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":

420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.

Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":

420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.

Цена свободная.

© Рашин Сайнс

тел. (843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Рашин Сайнс»