АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных
Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 г.

Комсомольск-на-Амуре
2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы I Международной научно-практической конференции
молодых учёных
Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 г.

Комсомольск-на-Амуре
2021

УДК 004.94:001
ББК 95.4
А437

Рецензент – В. В. Черномас, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «АмГПГУ» (г. Комсомольск-на-Амуре)

Редакционная коллегия:
А. Л. Григорьева, кандидат физико-математических наук, доцент, отв. ред.;
Я. Ю. Григорьев, кандидат физико-математических наук, доцент;
И. А. Трещев, кандидат физико-математических наук, доцент
(г. Комсомольск-на-Амуре, КнАГУ)

А437 **Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности** : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 г. / редкол. : А. Л. Григорьева (отв. ред.), Я. Ю. Григорьев, И. А. Трещев. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – 358 с.

ISBN 978-5-7765-1488-3

Материалы сборника посвящены проблемам инновационного развития современной техники и технологий, объединению усилий учёных разных стран на совместное решение актуальных научных задач, обмену исследовательским и практическим опытом работы, а также повышению научной активности молодёжи, привлечение ее к решению актуальных задач науки.

Приводимые материалы могут быть полезны преподавателям вузов, руководителям предприятий, а также студентам и аспирантам.

Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

УДК 004.94:001
ББК 95.4

ISBN 978-5-7765-1488-3 © ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021

СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ХИМИЧЕСКИХ НАУКАХ

УДК 544.165
Мартынова Юлия Зайнитдиновна, аспирант;
Martynova Yuliya Zainitdinovna
Хайруллина Вероника Радиевна, доктор химических наук, профессор;
Khairullina Veronika Radievna
Мустафин Ахат Газизьянович, доктор химических наук, профессор;
Mustafin Akhat Gazizyanovich
Башкирский государственный университет; Bashkir State University

QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНГИБИТОРОВ 3С-ПОДОБНОЙ ПРОТЕАЗЫ SARS-COV-2

QSAR MODELING OF SARS-COV-2 3C-LIKE PROTEASE INHIBITORS

Аннотация. С использованием программы GUSAR 2019 на основе MNA- и QNA-дескрипторов построено девять статистически значимых консенсус-моделей прогноза численных значений pIC_{50} для потенциальных ингибиторов 3С-подобной протеазы SARS-CoV-2 млекопитающих. Эти модели QSAR применимы для поиска потенциальных противовирусных лекарств в диапазоне значений величины pIC_{50} 3,3 – 8,4.
Abstract. Using the GUSAR 2019 program, 9 statistically significant consensus models for predicting the numerical values of pIC_{50} for coronavirus infection were constructed on the basis of MNA and QNA descriptors. These models can be applied by, in the range of pIC_{50} values 3,3 – 8,4.
Ключевые слова: ингибиторы, коронавирус, QSAR, GUSAR 2019, QNA- и MNA-дескрипторы, «структура – активность».
Keywords: inhibitors, coronavirus, QSAR, GUSAR 2019, QNA and MNA descriptors, structure–activity

Работа посвящена построению моделей количественного прогноза ингибиторов 3С-подобной протеазы SARS-CoV-2 млекопитающих на основе параметра pIC_{50}. Поиск ингибиторов данного фермента позволит предотвратить репликацию вируса атипичной пневмонии.

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что в настоящее время не существует утвержденных лекарственных средств, которые могут быть в крупных масштабах использованы для лечения вирусных заболеваний, вызванных коронавирусом SARS-CoV-2. Вместе с тем, одними из потенциально перспективных кандидатов в лекарства с выраженным противовирусным действием являются ингибиторы 3С-подобной протеазы этого вируса.

Модели прогноза параметра pIC50 строили на основе 145 ингибиторов 3С-подобной протеазы SARS-CoV-2 млекопитающих. Эти соединения отличаются довольно широким структурным разнообразием, в связи с чем для их моделирования не могут быть использованы классические методы построения регрессионных моделей (множественная регрессия, PLS-анализ). Общая структурная формула моделируемых соединений изображена на рисунке 1.

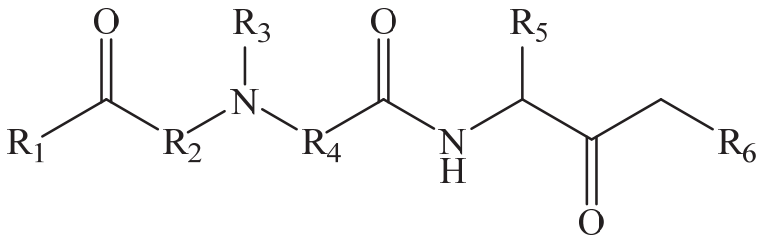


Рисунок 1 – Общая структурная формула ингибиторов 3С-подобной протеазы SARS-CoV-2

Построение QSAR-моделей проводили в несколько этапов с использованием компьютерной программы GUSAR 2019 (General Unrestricted Structure Activity Relationships) [1-2] по методике, описанной в работе [3]. Обучающие выборки OB1-OB3 для построения моделей M1-M9 включали в себя по 204, 213 и 219 структур соответственно. Тестовые выборки TB1-TB3, предназначенные для проверки валидности моделей M1-M9, содержали по 51, 42 и 36 структур ингибиторов протеазы SARS-CoV-2 соответственно. Диапазон активности соединений обучающих и тестовых выборок находился в интервале 3,3 – 8,4.

Для описания структур соединений использовали два типа атомоцентрических дескрипторов: подструктурные - MNA (Multilevel Neighbourhoods of Atoms) и электро-топологические - QNA (Quantitative Neighbourhoods of Atoms), расчет которых заложен в используемой программе. Отбор наиболее значимых дескрипторов проводили с использованием алгоритма SCR, основанного на самосогласованной регрессии, реализация которого также заложена в программе GUSAR 2019.

В результате настоящих исследований построено девять статистически значимых устойчивых консенсус моделей QSAR, ориентированных на прогноз численных значений pIC_{50} для ингибиторов протеазы SARS-CoV-2. Каждая из моделей включает в себя от 20 до 320 частных QSAR-уравнений со статистическими параметрами R^2>0,7; Q^2>0,6. Статистические характеристики данных моделей с учетом оценки их валидности на соединениях тестовых выборок TB1-TB3, представлены в таблице 1. Таким образом, модели M1-M9 могут быть применимы для виртуального скрининга и поиска новых соединений с выраженной ингибиторной ак-тивностью в отношении ингибиторов протеазы SARS-CoV-2 в ряду гетероциклических

соединений, содержащих в качестве гетероатома атомы азота, серы и кислорода. Дополнительно идентифицированы структурные фрагменты, позволяющие регулировать активность ингибиторов данного фермента.

Таблица 1 – Статистические параметры консенсус-моделей QSPR M1-M9 при использовании метода SCR по отношении ингибиторов 3C-подобной протеазы SARS-CoV-2

QSAR-модели	ОВ (Модель)	N	$Q^2_{ОВ}$	$R^2_{ОВ}$	$R^2_{ТВ}$	F	S.D.	V
QNA-дескрипторы	204	0,657	0,751	0,782	6,624	0,619	41	204
	213	0,674	0,773	0,794	6,536	0,605	46	213
	219	0,723	0,803	0,646	9,153	0,560	43	219
MNA-дескрипторы	204	0,750	0,820	0,812	9,613	0,533	41	204
	213	0,746	0,821	0,838	8,655	0,540	45	213
	219	0,773	0,843	0,682	9,776	0,509	49	219
QNA- и MNA-дескрипторы	204	0,731	0,809	0,828	8,249	0,555	41	204
	213	0,743	0,818	0,815	8,707	0,545	43	213
	219	0,773	0,841	0,674	9,835	0,513	46	219

где ОВ- обучающая выборка; ТВ- тестовая выборка; N – число структур в ОВ; Q^2 – коэффициент корреляции (скользящий контроль); $R^2_{ОВ}$ и $R^2_{ТВ}$ – коэффициенты детерминации по данным прогноза для структур ОВ и ТВ соответственно; F – критерий Фишера; S.D. – стандартное отклонение, V – число переменных.

Работа выполнена при поддержке гранта №19-73-20073 Российского научного фонда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мартынова Ю.З., Хайруллина В.Р., Гимадиева А.Р., Мустафин А.Г., QSAR-моделирование ингибиторов дезоксиуридинтрифосфатазы в ряду некоторых производных урацила // Биомедицинская химия. 2019. Т.65. №2. С. 103-113.

2 Martynova Y.Z., Khairullina V.R., Biglova Y.N., Mustafin A.G., Quantitative structure-property relationship modeling of the C60 fullerene derivatives as electron acceptors of polymer solar cells: Elucidating the functional groups critical for device performance // Journal of Molecular Graphics and Modellig. 2019. V.88. P.49-61.

3 Khairullina V., Safarova I., Sharipova G., Martynova Y., Gerchikov A. QSAR Assessing the Efficiency of Antioxidants in the Termination of Radical-Chain Oxidation Processes of Organic Compounds // Molecules. 2021. V. 26. 421.

УДК 546.650+544.032.72+544.032.732
Титова Марина Евгеньевна, студент; Titova Marina Evgenievna
Свахина Яна Андреевна, студент; Svakhina Yana Andreevna
Кашурин Руслан Романович, аспирант; Kashurin Ruslan Romanovich
Литвинова Татьяна Евгеньевна, доктор технических наук, профессор;
Litvinova Tatyana Evgenievna
Санкт-Петербургский горный университет; Saint Petersburg Mining University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСТВОРЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЛАНТАНОИДОВ В КАРБОНАТНЫХ СРЕДАХ

MODELING OF PROCESSES OF DISSOLUTION OF LANTHANOID COMPOUNDS IN CARBONATE SOLUTION

Аннотация. Работа посвящена моделированию процесса растворимости карбонатов и гидроксидов редкоземельных металлов в карбонатных средах. Для карбоната и гидроксида иттрия были описаны методы обработки экспериментальных данных и рассчитаны кажущиеся термодинамические константы равновесия процесса растворения в карбонатной среде.
Abstract. The article provides the modeling of solubility process of carbonates and hydroxides of rare-earth metals in carbonate solution. For yttrium carbonate and hydroxide, methods for processing experimental data were described and apparent thermodynamic equilibrium constants of the dissolution process in carbonate solution were calculated.
Ключевые слова: редкоземельные металлы, карбонат ион, растворение, , лантаноиды, иттрий.
Keywords: rare earth metals, potassium ion, dissolution, lanthanides, yttrium.

В настоящее время актуальной остается проблема рециклинга вторичного сырья с попутным извлечением ценного компонента - редкозмельных металлов. Подавляющая часть исследований по этой теме посвящена извлечению нерастворимых осадков РЗМ методом минерально-кислотного и карбонатно-основного выщелачивания из техногенных отходов, в частности красного шлама [1]. Помимо того, что метод минерально-кислотного выщелачивания требует больших материальных и эксплуатационных затрат вследствие высокой щелочности шлама, он также оказывает вредное экологическое воздействие на окружающую среду за счет выделения вредных газов в атмосферу и подкисления почвы. В результате этого наибольший интерес вызывает извлечение редких земель карбонатно-основным способом.

Для определения сущности процессов, протекающих в системе при растворении осадков РЗМ в карбонатных растворах, необходимо установить природу продуктов растворения и их термодинамические характеристики.

Для этого построим математическую модель процессов растворения осадков РЗМ в присутствии карбонат-ионов на примере карбоната иттрия $Y_2(CO_3)_3$ и гидроксида иттрия $Y(OH)_3$.

В ходе анализа справочной литературы [2,3] было установлено, что при растворении карбоната и гидроксида иттрия преимущественно образуется следующий комплекс:

$$Y_2(CO_3)_3 + CO_3^{2-} \leftrightarrow 2\left[Y(CO_3)_2\right]^- ; \quad (1)$$

$$Y(OH)_3 + 2CO_3^{2-} \leftrightarrow \left[Y(CO_3)_2\right]^- + 3OH^- ; \quad (2)$$

Моделирование растворимости $Y_2(CO_3)_3$ и $Y(OH)_3$ в присутствии карбонат-ионов было проведено для диапазона концентраций CO_3^{2-} от 0,15 до 1,2 моль/л. Растворение осадка РЗМ проводилось при интенсивности перемешивания 1000 об/мин в изотермических условиях, где температура процесса составляла 293 К. После перемешивания раствор выдерживался 24 часа до достижения равновесия. Концентрация РЗМ в конечном растворе определялась трилонометрическим методом в присутствии индикатора арсеназо (III).

Термодинамическая и концентрационная константы равновесия процесса определялись по формулам (3) и (4).

Для карбоната иттрия:

$$K = \frac{a^2(Y(CO_3)_2^-)}{a(CO_3^{2-})} = \frac{\left[Y(CO_3)_2^-\right]^2}{\left[CO_3^{2-}\right]} * \frac{\gamma^2(Y(CO_3)_2^-)}{\gamma(CO_3^{2-})} = Q * \Pi_\gamma ; \quad (3)$$

где $\left[Y(CO_3)_2^-\right]$ – равновесная концентрация комплекса, моль/л;

$\left[CO_3^{2-}\right]$ - равновесная концентрация карбонат-иона, моль/л;

$\gamma(Y(CO_3)_2^-)$ коэффициент активности иона комплекса;

$\gamma(CO_3^{2-})$ – коэффициент активности карбонат иона.

Для гидроксида иттрия:

$$K = \frac{a(Y(CO_3)_2^-) * a^3(OH^-)}{a^2(CO_3^{2-})} = \frac{\left[Y(CO_3)_2^-\right] * \left[OH^-\right]^3}{\left[CO_3^{2-}\right]^2} * \frac{\gamma(Y(CO_3)_2^-) * \gamma^3(OH^-)}{\gamma^2(CO_3^{2-})} = Q * \Pi_\gamma ; \quad (4)$$

где $\left[OH^-\right]$ – равновесная концентрация гидроксид-иона, моль/л;

$\gamma(Y(CO_3)_2^-)$ коэффициент активности иона комплекса.

Поскольку исследуемая система неидеальна, необходимо учесть влияние коэффициентов активности на поведение раствора. Для этого определялась ионная сила по формуле (5):

$$I = 0{,}5 \cdot \sum_i C_i \cdot z_i^2 ; \quad (5)$$

Функция, позволяющая учесть влияние коэффициентов активности, находилась согласно выражению (6):

$$F = \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} ; \quad (6)$$

При обработке экспериментальных данных в MS Excel был построен график функции lg(Q)=f(F), на основании которого был определен десятичный логарифм кажущейся константы равновесия при интерполяции полученных кривых на нулевую силу раствора.

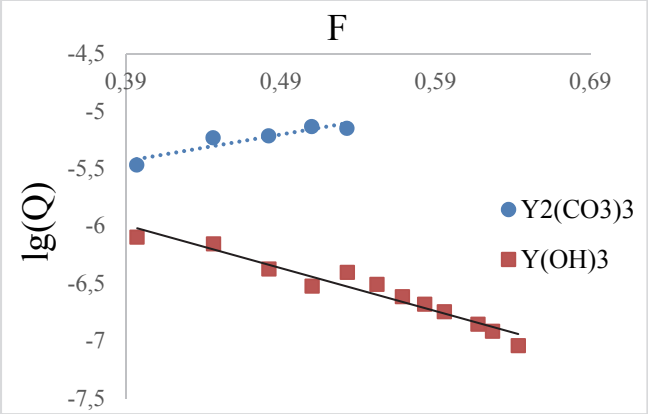


Рисунок 1 – Интерполяция на нулевую ионную силу

Таким образом, кажущаяся термодинамическая константа равновесия процесса растворения карбоната иттрия составляет $K_p = 2{,}92 \cdot 10^{-5}$, а для гидроксида иттрия - $K_p = 4{,}59 \cdot 10^{-5}$.

Работа выполнена в рамках проекта № 19-19-00377 «Технологические основы извлечения и селекции стратегически значимых редкоземельных элементов из продуктов апатитового производства», поддержанного РНФ в конкурсе 2019 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» от 22.04.2019 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пягай И.Н., Кожевников В.Л., Пасечник Л.А., Скачков В.М. Переработка отвального шлама глиноземного производства с извлечением скандиевого концентрата // Записки горного института. - 2016. Т. 218. С. 225-232.

2 Kenneth N. Han. Effect of Anions on the Solubility of Rare Earth Element-Bearing Minerals in Acids. Mining, Metallurgy & Exploration. – 2018.

3 Spahiu, K., Bruno, J. A selected thermodynamic database for REE to be used in HLNW performance assessment exercises. MBT Tecnologia Ambiental, Cerdanyola, Spain. – 1995.

СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФИЗИКА

УДК 544.225.2
Басалаева Маргарита Юрьевна, студентка; Basalaeva Margarita Yurievna
Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия
Астрофизическая школа «Траектория», г. Москва, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИПОТЕТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММНОГО КОДА CRYSTAL

MODELING OF THE STRUCTURE AND PHYSICAL PROPERTIES OF HYPOTHETICAL COMPOUNDS BASED ON PROGRAM CODE CRYSTAL

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию тетрагональных кристаллов со структурой халькопирита Hg–IV–V_2 (IV=C, Si, Ge, Sn; V=N, P, As, Sb), которые из-за токсичности ртути до сих пор являются гипотетическими и мало изученными соединениями.
Abstract. This work is devoted to the study of tetragonal crystals with the structure of chalcopyrite Hg–IV–V_2 (IV=C, Si, Ge, Sn; V=N, P, As, Sb), which, due to the toxicity of mercury, are still hypothetical and poorly studied compounds.
Ключевые слова: моделирование, халькопирит, гипотетические соединения.
Keywords: modeling, chalcopyrite, hypothetical compounds.

Для последнего десятилетия характерно выполнение теоретические исследования отдельных групп гипотетических соединений со структурой халькопирита, в состав которых входит ртуть. Это можно объяснить развитием компьютерных технологий и разработкой современных программ, основанных на теории функционала плотности.

Основной целью настоящей работы является моделирование структуры кристаллов Hg–IV–V_2 (IV=C, Si, Ge, Sn; V=N, P, As, Sb) и определение в рамках ионной теории [2] параметров, характеризующих их физические свойства с помощью научного программного пакета CRYSTAL. Нахождение постоянных решетки (*a*, *c*) и смещения анионов (*u*) для всех моделируемых кристаллов Hg–IV–V_2 (IV=C, Si, Ge, Sn; V=N, P, As, Sb) было выполнено по методике, изложенной в работе [1].

Вычисленные значения параметров кристаллической решетки, представленные в таблице 1, согласуются с данными работы [1] для пяти гипотетических соединений $HgSiP_2$, $HgGeP_2$, $HgSnP_2$, $HgSiAs_2$, $HgGeAs_2$. Отличия в пределах 1-2 % для параметров *a*, *c* и 3-5 % – для смещений анионов *u*, обусловлены выбором радиусов атомов, образующих конкретное соединение.

Длины связей Hg–V и IV–V монотонно увеличиваются в изокатионных рядах, что обусловлено увеличением радиусов соответствующих ани-

онов. Максимальное различие между значениями длин катион-анионных связей d_1 (Hg–V) и d_2 (IV–V), получено в $HgCN_2$, оно равно 0.754 Å, что составляет около 39% и коррелирует с большими значениями тетрагонального сжатия (1.449<2.0) и смещения анионов (0.338>0.25) в данном кристалле. Большие искажения кристаллической решетки характерны для всех кристаллов Hg–IV–V_2, содержащих углерод. Замена катиона IV более тяжелым элементом (C→Si→Ge→Sn) характеризуется уменьшением величины тетрагонального сжатия (c/a→2.0) и смещения анионов (u→0.25), при этом различие длин связей Hg–V и IV–V между собой существенно уменьшается в кристаллах, содержащих Sn: до 4 % в $HgSnN_2$ (0.081 Å), $HgSnP_2$ (0.083 Å), и 2 % в $HgSnAs_2$ (0.057 Å), $HgSnSb_2$ (0.061 Å).

Для определения оптических и тепловых свойств кристаллов со структурой халькопирита были использованы следующие формулы из работы [2–5]:

$$n = 0.31(Z_A Z_B Z_C)^{0.15} d^2, \qquad E_g = 500/(Z_A Z_B Z_C)^{0.33} d^5, \quad (1)$$

$$\alpha_L = \frac{82}{(Z_A Z_B Z_C)^{0.22} d^2}, \qquad T_m = \frac{235^4}{(\alpha_L + d^{2,5})^4} \frac{1}{Z_A Z_B Z_C}, \quad -\Delta H = 180\sqrt{\alpha_L / d}. \quad (2)$$

Здесь обозначено: $d=(d_1+d_2)/2$ – расстояние между ближайшими соседями (среднее расстояние между катионами и анионами), $Z_A Z_B Z_C$ – произведение ионных зарядов, n – показатель преломления, E_g – ширина запрещенной зоны T_m – температура плавления, α_L – коэффициент теплового расширения, $-\Delta H$ – энтальпия.

Таблица 1 – Структурные (в Å) и физические параметры кристаллов Hg-IV-V_2

ABX_2	a	c	u	d_1	d_2	E_g	n	$-\Delta H$	α_L	T_m
$HgCN_2$	4.658	6.751	0.338	2.319	1.565	5.54	2.01	405	9.6	1381
$HgCP_2$	5.562	8.574	0.326	2.529	2.005	2.23	2.90	308	6.7	1399
$HgCAs_2$	5.768	8.990	0.323	2.610	2.094	2.00	3.02	298	6.4	1341
$HgCSb_2$	6.202	9.863	0.318	2.795	2.280	0.91	4.15	235	4.7	750
$HgSiN_2$	4.842	8.613	0.289	2.141	1.915	2.93	2.60	334	7.5	1493
$HgSiP_2$ [1,2]	5.752 5.740	10.438	0.283 0.296	2.581	2.269	1.30	3.59	262	5.4	1036
$HgSiAs_2$ [1,2]	5.9599 5.926	10.854	0.282 0.294	2.659	2.351	1.18	3.73	255	5.2	958
$HgSiSb_2$	6.3957	11.727	0.280	2.833	2.772	0.61	4.88	208	4.0	472
$HgGeN_2$	4.8668	8.840	0.283	2.144	1.954	2.70	2.68	326	7.2	1474
$HgGeP_2$ [1,2]	5.7777 5.780	10.665	0.278 0.288	2.579	2.320	1.22	3.69	257	5.4	981
$HgGeAs_2$ [1,2]	5.9853 5.966	11.080	0.277 0.287	2.660	2.400	1.11	3.83	250	5.1	905
$HgGeSb_2$	6.4213	11.953	0.275	2.816	2.626	0.57	5.00	205	3.9	438
$HgSnN_2$	4.9602	9.649	0.264	2.170	2.089	2.13	2.95	304	6.6	1375
$HgSnP_2$ [1,2]	5.8723 5.909	11.473	0.259 0.262	2.581	2.499	0.99	4.00	242	4.8	819
$HgSnAs_2$	6.0802	11.889	0.258	2.642	2.585	0.91	4.15	235	4.7	748
$HgSnSb_2$	6.5166	12.762	0.258	2.833	2.772	0.46	5.46	192	3.6	327

Единообразие методики получения постоянных решетки *a*, *c*, их отношения ($\gamma=c/a$) и параметра, характеризующего смещение анионов *u*, по формулам из работы [1], основанным на геометрии решетки халькопирита и значениях атомных радиусов, позволяют считать используемую методику достаточно корректной, вычисленные структурные параметры пригодными для проведения расчетов электронной структуры кристаллов Hg–IV–V_2 и изучения их физических свойств с учетом изменения химического состава, как это было сделано в работах [6, 7].

Установлено, что ширина запрещенной зоны, энтальпия, коэффициент теплового расширения и температура плавления уменьшаются, а показатель преломления увеличивается в изокатионных рядах HgC-V_2, HgSi-V_2, HgGe-V_2 и HgSn-V_2 с ростом атомного номера элементов V группы (N→P→As→Sb). Следовательно, уменьшается прочность химической связи, твердость и устойчивость кристаллов к внешним воздействиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jaffe J.E., Zunger A. Theory of the band-gap anomaly in ABC_2 chalcopyrite semiconductors // Phys. Rev. B. 1984. V.29, N 4. P.1882-1906.

2. Verma, A.S., Bhardwaj S.R. Correlation between ionic charge and ground-state properties in rocksalt and zinc blende structured solids // J. Phys.: Condens. Matter. 2006. V.18. N.37. P.8603-8612.

3. Verma, A.S., Bhardwaj S.R. Electronic and optical properties of zinc blende and complex crystal structured solids / A.S. Verma, S.R. Bhardwaj // Phys. Stat. Sol. (b). 2006. V.243. N15. P.4025-4034.

4. Verma, A.S. Thermal properties of chalcopyrite semiconductors // Phylosophical Magazine. 2009. V.89, N2. P.183-193.

5. Verma A.S., Sarkar B.K., Sharma S., Bhandari R., Jindal V.K. Models for lattice thermal expansion and thermal conductivity for ternary ($A^NB^{2+N}C_2^{7-N}$) tetrahedral semiconductors // Materials Chemistry and Physics. 2011. V.127, N1. P.74–78.

6. Basalaev Yu.M., Basalaeva M.Yu. Simulation of electronic structure of Hg–IV–V_2 compounds // Journal of structural chemistry. 2020. V. 61, N 7. P.1007-1016.

7. Basalaev Yu.M., Basalaeva M.Yu., Duginova E.B., Marinova S.A. Electronic structure of pnictides $HgCX_2$ // Journal of structural chemistry. 2020. V. 61, N 12. P.1839-1844.

УДК 519.178/.245:004.94
Гордеев Иван Иванович, кандидат физико-математических наук;
Gordeev Ivan Ivanovich
Саенко Наталья Сергеевна, магистрант; Saenko Natalya Sergeevna
Астраханский государственный университет

АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ АЛГОРИТМА ГРАССБЕРГЕРА ДЛЯ ПОИСКА ПЕРКОЛЯЦИОННОГО ОСТОВА НА КВАДРАТНОЙ РЕШЕТКЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ

ANALYSIS OF DISADVANTAGES OF GRASSBERGER'S ALGORITHM FINDING PERCOLATING BACKBONE ON SQUARE LATTICE AND THE POSSIBILITY OF ITS PARALLELIZATION

Аннотация. Данная работа посвящена анализу неточностей в алгоритме Грассбергера, позволяющем определять перколяционный остов на квадратной решетке. Рассматриваются вариант исправления недостатков в определении остова и возможность распараллеливания исправленного алгоритма.
Abstract. This work is devoted to the analysis of inaccuracies in Grassberger's algorithm, which makes it possible to determine the percolating backbone on a square lattice. A variant of correction of disadvantages in the identification of the backbone and the possibility of parallelizing the corrected algorithm are considered.
Ключевые слова: идентификация остова, перколяция узлов, квадратная решетка, алгоритм Грассбергера.
Keywords: backbone identification, site percolation, square lattice, Grassberger's algorithm.

В данной статье анализируются некоторые недостатки предложенного в 1992 году П. Грассбергером алгоритма для нахождения проводящего остова в перколяции узлов на квадратных решетках с открытыми граничными условиями [2]. Узлы на решетке являются занятыми (проводящими) случайным образом. Задача нахождения проводящего остова относится к одной из задач теории перколяции и является актуальной для различных физических приложений [4].

Рассматриваются случайные графы на квадратной решетке и ищутся пути между противоположными краями решетки. Совокупность всех путей между противоположными краями решетки называют перколяционным кластером. С физической точки зрения, наличие перколяционного кластера означает возможность протекания между противоположными краями решетки, например, электрического тока, газа или жидкости, если между двумя краями приложена разность потенциалов (разность давлений). При этом предполагается, что ко всем вершинам одного края приложен одинаковый потенциал (одинаковое давление). Объединение всех простых цепей, соединяющих один край с другим, принято называть остовом.

Части перколяционного кластера, не входящие в остов, принято называть *висячими частями* (*dangling parts*) [5] хотя некоторые авторы употребляют другие названия, например, *запутывающие части* (*tangling parts*) [2]. В литературе выделяются следующие разновидности висячих частей: висячие концы, висячие циклы, висячие дуги [7,5].

В алгоритме Грассбергера предлагается выполнять генерирование случайного кластера одновременно с его анализом, подобно тому как это делается в алгоритме Лиса [3]. Однако тот факт, что случайный кластер генерируется прямо во время анализа, не является принципиальным, и предложенный Грассбергером алгоритм может быть применен и к заранее сгенерированному случайному графу на квадратной решетке.

П. Грассбергер рассматривает перколяцию узлов на квадратной решетке и называет смоченными (*wetted*) узлы, относящиеся к двум группам на противоположных краях решетки (нижнем крае на оси x и верхнем крае $y = L$), между которыми ищется перколяционный кластер и его остов. Грассбергер определяет остов как множество несамопересекающихся путей (*non-self-intersecting paths*), соединяющих противоположные края $y = 0$ и $y = L$ и содержащих только занятые узлы. Информацию об узлах двумерной решетки Грассбергер предлагает хранить в виде двумерного целочисленного массива.

Нами были исследованы некоторые проблемы, обнаруженные в алгоритме Грассбергера. Так, при поиске остова алгоритм корректно обнаруживает все висячие концы, но присоединяет некоторые висячие циклы и висячие дуги. Для исследования алгоритма Грассбергера нами была сделана реализация алгоритма на C++, максимально приближенная к фрагментам кода в тексте статьи [2], с исправлением небольших неточностей в коде [1], программа PureGrasberger.cpp. Для удобства анализа нами была добавлена в программу возможность сохранения сгенерированного случайного заполнения узлов в файле. Затем была реализована возможность анализа тем же алгоритмом конкретного заполнения, читаемого из файла [1], программа GrassbergerFile.cpp. Для детального анализа обнаруженного остова была еще добавлена возможность вывода остова в файл [1], программа GrassbergerFileBB.cpp. Для повышения эффективности была также создана версия алгоритма Грассбергера с реализацией двумерного массива на одномерном [1], программа GrassbergerFileBB1arr.cpp (в предыдущих версиях алгоритм обрабатывал вектор векторов).

В результате анализа был выявлен ряд конфигураций, в которых присоединяются к остову висячие циклы и висячие дуги. Характерной особенностью этих висячих частей является то, что алгоритм Грассбергера не обнаруживает висячие части «с одной стороны». Для устранения проблемы висячих частей «с одной стороны» была реализована программа, которая по мимо исходной решетки рассматривает еще три конфигурации:

поворот решетки на 180 градусов, а также отражение относительно вертикальной и горизонтальной осей [1], программа GrassbergerFileBB4copy.cpp.

В результате было обнаружено, что на решетках со стороной 1000 узлов висячие части, присоединяемые к остову, составляют более 10%.

Кроме этого была сделана попытка распараллелить реализованный алгоритм с использованием технологии MPI [6]. Рекурсивные алгоритмы, к которым относится алгоритм Грассбергера, плохо поддаются распараллеливанию, но нами было реализовано распределение четырех вышеупомянутых конфигураций одной и той же решетки между четырьмя MPI процессами [1], программа GrassbergerFileBB4copyMPI.cpp. Главный процесс занимается вводом решетки из файла, рассылкой введенной решетки на остальные процессы, обработкой основной конфигурации решетки, сбором окончательного остова и выводом остова в файл. Остальные процессы получают от главного процесса массив с конфигурацией решетки, затем обрабатывают свою конфигурацию решетки (поворот и отражения) и отправляют результат главному процессу.

В результате распараллеливания удалось получить ускорение обработки четырех конфигураций более чем в 1,5 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. G2ii2g. Grassberger-backbone // GitHub. URL: https://github.com/G2ii2g/Grassberger-backbone (дата обращения: 07.03.2021).

2. Grassberger P. Spreading and backbone dimensions of 2D percolation // Journal of Physics A: Mathematical and General. 1992. Vol. 25. № 21. P. 5475–5484.

3. Leath P. L. Cluster size and boundary distribution near percolation threshold // Physical review B. 1976. Vol. 14. №11. 5046–5055.

4. Stauffer D., Aharony A. Introduction to Percolation Theory // 2nd ed., rev. London: Taylor & Francis, 2003. 180 p.

5. Yin W.-G., Tao R. Rapid algorithm for identifying backbones in the two-dimensional percolation model // International Journal of Modern Physics C. 2003. Vol. 14. № 10. P. 1427–1437.

6. Антонов А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP. М.: Издательство Московского университета, 2012. 344 с.

7. Гордеев И.И., Овчаренко С.С., Сизова А.А. Нахождение проводящего остова в двумерной решетке методом заливки // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2020. № 1 (49). С. 94–111.

УДК 004.942:519.876.5
Дудин Андрей Николаевич, аспирант; Dudin Andrey Nikolaevich
Амурский государственный университет
Amur State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАСКАДОВ ПРОТОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ С ЧАСТИЦАМИ ZnO МОДИФИЦИРОВАННЫМИ SiO_2

MODELING OF PROTONS CASCADES COLLISION WITH PARTICLES ZnO MODIFIED SiO2

Аннотация. Данная работа посвящена моделированию воздействия протонных каскадов энергией 150 кэВ на частицы оксида цинка модифицированными диоксидом кремния.
Abstract. This work is devoted to modeling the effect of 150 keV proton cascades on zinc oxide particles modified with silicon dioxide.
Ключевые слова: оксид цинка, диоксид кремния, протоны, дефекты, метод Монте-Карло, trim.
Keywords: zinc oxide, silicon dioxide, protons, defects, Monte Carlo method, trim.

Порошки на основе ZnO традиционно используются в качестве пигмента лакокрасочных материалов терморегулирующих покрытий (ТРП) космических аппаратов. Изначально обладает хорошей фото- и радиационной стойкостью [1]. Но, как и другие ТРП подвержен деградации в процессе радиационного воздействия.

Проведенные исследования в работе [2] демонстрируют, что модифицирование порошка ZnO наночастицами SiO_2 приводит к уменьшению коэффициента отражения по всему спектру.

Расчеты проводились в программном пакете TRIM (SRIM) [3] предназначенным для моделирования физических процессов возникновения каскадов радиационных дефектов при облучении слоистых твердотельных композиций, на основе методов Монте-Карло. В данном пакете было построено две модели микрочастиц: полая частица ZnO размером 1 мкм / 50 нм (диаметр/толщина стенки); полая двухслойная частица ZnO/SiO_2 размером 1 мкм / 50 нм (ZnO) / 50 нм (SiO_2). Внутренний объем в обоих случаях заполнен кислородом.

За частицу, бомбардирующую поверхности, принимался ион водорода с атомной массой 1.008 а.е.м. и энергией 150 кэВ. Частицы в количестве 1000 штук, падали под прямым углом, относительно нормали к поверхности мишени. Энергия смещения атомов в ZnO принималась равной 52 эВ для Zn и 57 эВ для O. Энергия смещения атомов в SiO_2 принималась равной 33 эВ для Si и 17 эВ для O. В расчетах использовалась полная модель каскадов (Detailed Calculation with full Damage Cascades).

На рисунке 1 представлено распределение прохождения протонов в ZnO/SiO_2 и ZnO соответственно. Для наглядности, распределение представлено по трем осям.

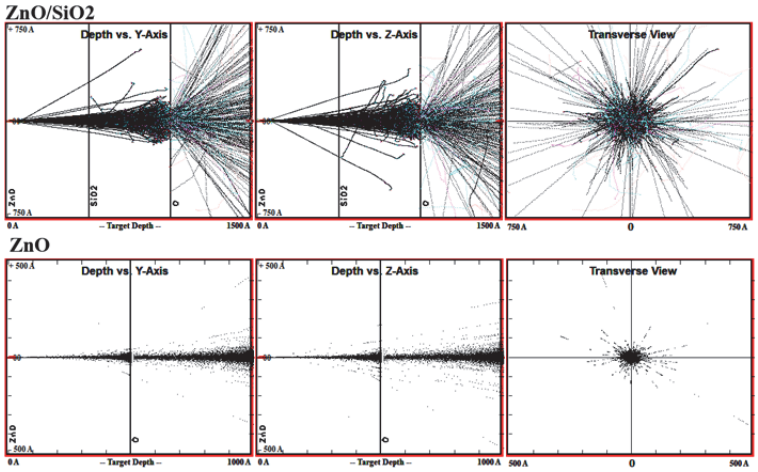


Рисунок 1 – Распределение прохождения протонов в ZnO/SiO_2 и ZnO

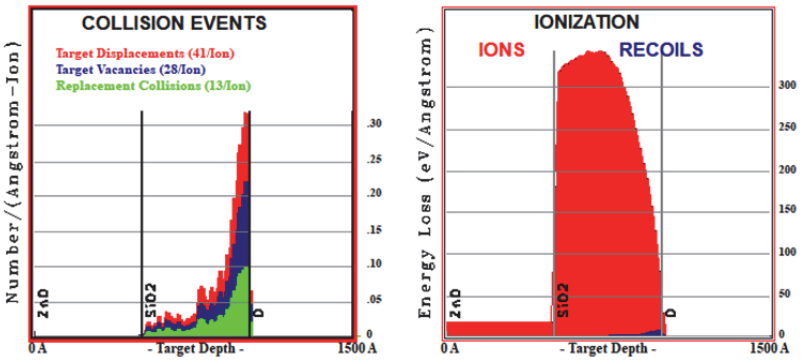


Рисунок 2 – Распределения дефектов и ионных потерь первичных атомов в материале мишени ZnO/SiO_2

Данные представленные на рис. 1 демонстрирую, что в основное рассеивание протонов происходит во внутренних слоях. В обоих случаях заметно, что слой ZnO менее подвержен деградации, а следовательно более радиационно устойчив.

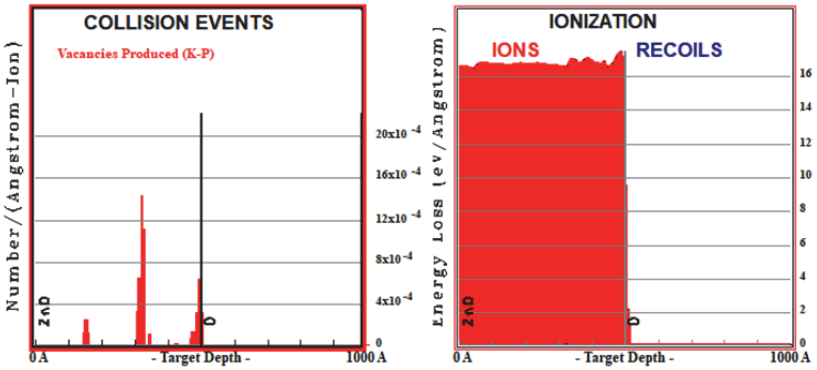


Рисунок 3 – Распределения дефектов и ионных потерь первичных атомов в материале мишени ZnO/SiO_2

На рисунках 2-3 представлены графики распределения дефектов и ионных потерь первичных атомов в материале мишени ZnO/SiO_2 и ZnO соответственно. Как видно, на рис. 2 основные потери на ионизацию приходиться на слой SiO_2 и достигают около 400 эВ/Å, что связанно с тормозящими процессами. Так же основные смещения 41/ион и образования вакансий 28/ион

приходиться на второй слой. Рис. 3 демонстрирует потери на ионизацию в слое ZnO около 17 эВ/Å. Образование дефектов менее выражено.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что двухслойные частицы ZnO/SiO_2 более подвержены накоплению дефектов. Исходя из этого можно сделать вывод, что эффективность радиационной стойкости двухслойных частиц ZnO/SiO_2 оказывается меньше, чем в полных частицах ZnO.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Михайлов М.М. Фотостойкость терморегулирующих покрытий космических аппаратов / М.М. Михайлов. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2007. – 380 с.

2 Михайлов М.М., Нещименко В.В., Юрьев С.А. Отличительные особенности спектров отражения и радиационной стойкости покрытий, изготовленных на основе порошков ZnO, модифицированных наночастицами SiO_2 // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2013. – № 96. – С. 78–82.

3 Ziegler J.F., Biersack J.P., Littmark U. The stopping and range of ions in solids / J.F. Ziegler, J.P. Biersack, U. Littmark. – New York: Pergamon, 1985. – 372 p.

УДК 51

Евстигнеева Анна Алексеевна, студент; Evstigneeva Anna Alekseevna
Харламова Оксана Сергеевна, студент; Kharlamova Oksana Sergeevna
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой; Grivorieva Anna Leonidovna
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК, ВЛИЯЮЩИХ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

MATHEMATICAL MODEL OF THE DEPENDENCE OF THE CHARACTERISTICS THAT AFFECT THE DEFORMATION OF STEEL SAMPLES.

Аннотация. Большинство изделий в процессе эксплуатации испытывает воздействие нагрузок, меняющих с течением времени свою величину и направление действия. Соответственно в материале возникают циклические напряжения. Под их действием в материале зарождаются и постепенно развиваются трещины, вызывающие в итоге разрушение. Опасность такого разрушения связана с двумя причинами: 1) разрушение не сопровождается заметной деформацией изделия и поэтому его трудно предупредить; 2) оно может развиваться в условиях действия незначительных напряжений, то есть при напряжениях, при которых рассчитана работа изделия.

Abstract. Most products in the process of operation are exposed to loads that change their magnitude and direction of action over time. Accordingly, cyclic stresses occur in the material. Under their influence, cracks are formed in the material and gradually develop, which eventually cause destruction. The danger of such destruction is associated with two reasons: 1) the destruction is not accompanied by a noticeable deformation of the product and therefore it is difficult to prevent it; 2) it can develop under conditions of action of insignificant stresses, that is, at stresses at which the operation of the product is calculated.
Ключевые слова: напряжения, деформации, разрушение конструкции, предел разрушения, регрессионная модель, оценка качества.
Keywords: stresses, deformations, structural failure, fracture limit, regression model, quality assessment.

Деформация стали при достижении определенных напряжений может заканчиваться его разрушением. Под разрушением принято понимать процесс необратимого нарушения сплошности материала и разделение его на отдельные части под действием напряжения.

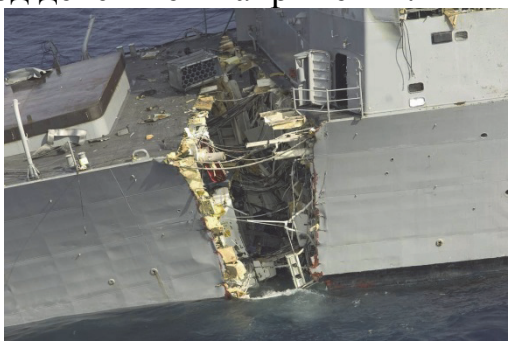


Рисунок 1

Большинство изделий в процессе эксплуатации испытывает воздействие нагрузок, меняющих с течением времени свою величину и направление действия. Соответственно в материале возникают циклические напряжения. Под их действием в материале зарождаются и постепенно развиваются трещины, вызывающие в итоге разрушение. Опасность такого разрушения связана с двумя причинами [1]-[4]:

1) разрушение не сопровождается заметной деформацией изделия и поэтому его трудно предупредить;

2) оно может развиваться в условиях действия незначительных напряжений, то есть при напряжениях, при которых рассчитана работа изделия.

Целью данной работы является определение зависимости деформации стали от напряжения текучести с помощью аналитических данных, полученных путём наблюдения, и также используя регрессионный анализ. В основе данного анализа лежит обработка данных и получение аналитических уравнений, описывающих эти данные.

Анализ работы

Были собраны статистические данные взаимосвязи между твёрдостью деформированной стали и напряжением текучести [5].

В основе регрессионного анализа лежит обработка данных и получение линейного уравнения регрессии:

$$y = ax + b \quad (1)$$

где:

$$a = \frac{(\overline{xy} - \bar{x} * \bar{y})}{(x^2 - (\bar{x})^2)} \quad (2)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (3)$$

Для анализа полученного уравнения необходимо найти коэффициент связи между переменными x и y – коэффициент корреляции [6]:

$$r_{xy} = a * \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad (4)$$

где:

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} \quad (5)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - (\bar{y})^2} \quad (6)$$

Расширим исходную таблицу необходимыми вычислениями:

	Деформация стали (x)	Напряжение текучести (y)	x*y	x^2	y^2
	1	35	35	1	1225
	2	39	78	4	1521
	6	51	306	36	2601
	10	65	650	100	4225
	17	70	1190	289	4900
	19	72	1368	361	5184
	20	73	1460	400	5329
	30	76	2280	900	5776
	40	80	3200	1600	6400
	43	86	3698	1849	7396
	49	88	4312	2401	7744
	59	91	5369	3481	8281
∑	296	826	23946	11422	60582
Среднее значение	24,66666667	68,8333333	1995,5	951,83	5048,5

Рисунок 2

Находим a и b, подставляя значения в формулы (2) и (3):

$$a = \frac{1995{,}5 - 24{,}7 * 68{,}8}{951{,}8 - 608{,}4} = 0{,}86$$

$$b = 68{,}83 - 0{,}86 * 24{,}7 = 47{,}58$$

$$y = 0{,}86 * x - 47{,}58$$

Получаем линейное уравнение:

Находим $y_т$ по формуле (1).

С помощью формул (5) и (6) находим значения σ_x и σ_y:

$$\sigma_x = \sqrt{951{,}8 - 608{,}4} = 18{,}53$$

$$\sigma_y = \sqrt{5048{,}5 - 4664{,}89} = 19{,}58$$

Далее подставляем значения в формулу (4) и получаем значение r_{xy}:

$$r_{xy} = \frac{0{,}86 * 18{,}53}{19{,}58} = 0{,}81$$

Построим график на основе полученных данных:

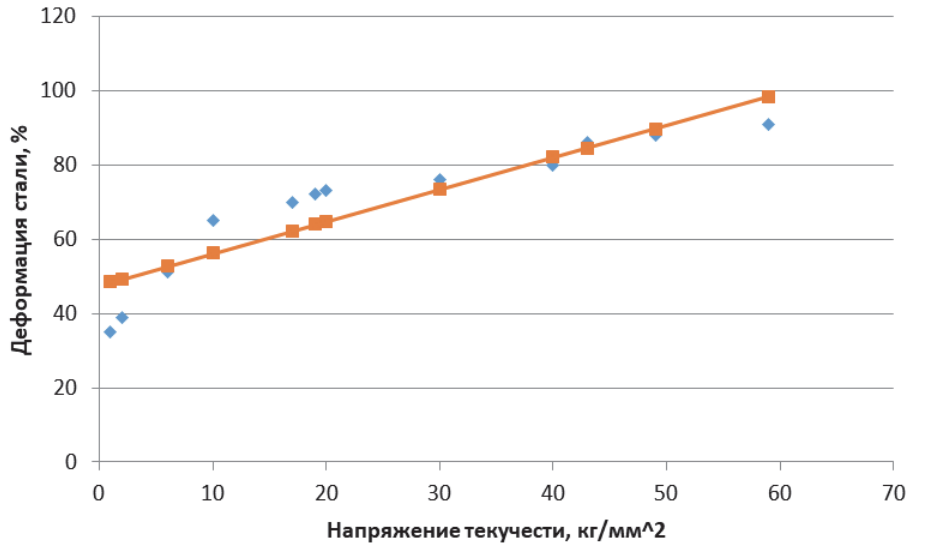


Рисунок 3

Заключение

В ходе выполнения работы был проведён регрессионный анализ аналитических данных, полученных в ходе эксперимента. Исходя из данных, мы получили аналитическое уравнение регрессии [7], на основе которого был найден коэффициент связи между переменными x и y – коэффициент корреляции $r_{xy} = 0{,}81$. Связь оказалась очень тесной. Поэтому данное уравнение можно использовать для расчёта зависимости деформации стали от напряжения текучести.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. A mathematical model of the field of the strain tensor in terms of deformation of the flat shell structures// Grigorieva A.L., Grigoriev Y.Y., Zharikova E.P., Khromov A.I. Materials Science Forum. 2020. Т. 992 MSF. С. 870-875.

2. Математическое моделирование процессов деформационного изменения полей тензоров деформаций // Канашин И.В., Хромов А.И., Григорьева А.Л. // В сборнике: Молодежь и наука: Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 313-316.

3. Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

4. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.
5. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли // Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.
6. Разработка информационной системы университета. создание единого информационного пространства // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Максимов С.Б., Трещев И.А. Мир науки. 2014. № 2. С. 1.
7. Информатика и математика (Учебное пособие) // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Успехи современного естествознания. 2010. № 9. С. 76-77.

УДК 519.711.3
Звягин Данил Сергеевич, преподаватель кафедры информационной безопасности; Zvyagin Danil Sergeevich
Воронежского института МВД России
Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТРИЧНОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА СТОХАСТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПЕТРИ С ЧЕТЫРНАДЦАТЬЮ ПОЗИЦИЯМИ И ПЕРЕХОДАМИ

EXAMPLE OF USING THE MATRIX APPROACH FOR ANALYSIS OF A STOCHASTIC PETRI NET WITH FOURTEEN POSITIONS AND TRANSITIONS

Аннотация. В данной статье рассматривается матричный подход для анализа сетей Петри. Приводится пример применения данного подхода к форме сетей Петри – стохастические сети. Предлагается использование максимальных значений второй строки вектора запуска переходов для определения тех переходов, срабатывание которых приведет к конечному или желаемому результату стохастической сети Петри. Рассматривая пример, граф которого приводится в статье, поэтапно указываются все вычисления, позволяющие решить задачу достижимости.
Abstract. This article discusses a matrix approach for analyzing Petri nets. An example of the application of this approach to the form of Petri nets - stochastic nets is given. It is proposed to use the maximum values of the second row of the transition triggering vector to determine those transitions, the triggering of which will lead to the final or desired result of the stochastic Petri net. Considering the example, the graph of which is given in the article, all the calculations that allow solving the reachability problem are indicated step by step.

Ключевые слова: достижимость, стохастическая сеть, запуск переходов.
Keywords: reachability, stochastic network, transition triggering.

Матричные уравнения – один из основных методов анализа сетей Петри, позволяющие решить ряд проблем, связанных с достижимостью сети, а также последовательности запуска переходов [1, 2].

Для определения активных переходов, срабатывание которых необходимо для достижения конечного результата рассматриваемого при помощи аппарата сетей Петри процесса, необходимо определить значения вектора запуска переходов x, которое определяется из матричного уравнения:

$$\mu^{s*} = \mu^{s} + x \times D,$$

получаем:

$$x = (\mu^{s*} - \mu^{s}) \times D^{-1}. \quad (1)$$

Рассмотрим пример применения данного матричного уравнения к стохастическим сетям Петри.

Стохастическая сеть Петри – это форма сетей Петри, задержки в срабатывании переходов происходят с какой-то вероятностью [3]. Данная сеть состоит из пары:

$$M_s = \{C, \mu^{s}\},$$

где C = {P, T, I, O}, $P = \{p_{1,} p_{2,} \dots, p_{14}\}$, $T = \{t_{1,} t_{2,} \dots, t_{14}\}$ (рис. 1).

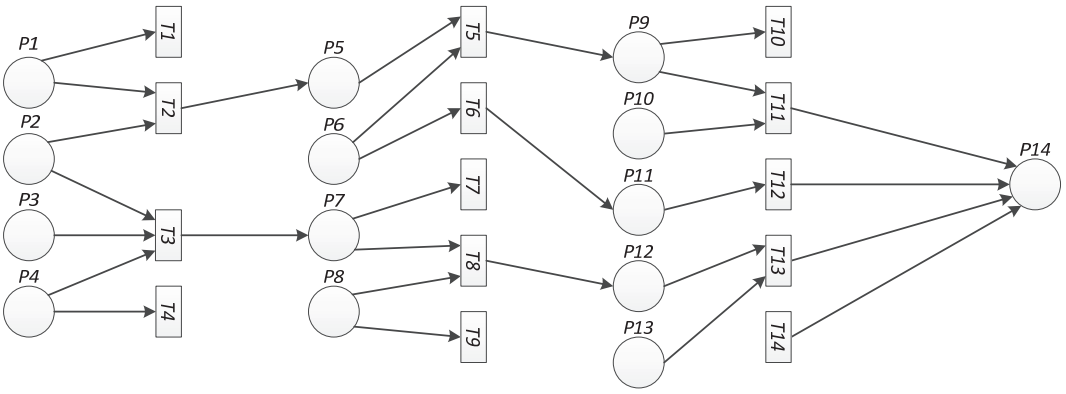


Рисунок 1 − Пример стохастической сети Петри

Начальная маркировка данной стохастической сети Петри:

$$\mu^{s} = \begin{pmatrix} 1 & 0{,}2 & 0{,}3 & 1 & 0{,}1 & 1 & 1 & 0{,}4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0{,}3 & 1 \\ 0 & 0{,}8 & 0{,}7 & 0 & 0{,}9 & 0 & 0 & 0{,}6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}7 & 0 \end{pmatrix}.$$

Конечная маркировка сети:

$$\mu^{s*} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0{,}788 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}212 \end{pmatrix}.$$

D – составная матрица изменения:

$$D = D^{+} - D^{-},$$

исходя из рассматриваемого на рисунке 1 графа, равна:

$$D = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Исходя из вышеописанных данных и используя матричное уравнение (1), получаем вектор запуска переходов, состоящий из четырнадцати столбцов и двух строк:

$$x = \begin{pmatrix} 0{,}1 & -0{,}1 & -0{,}7 & -0{,}2 & 0 & -0{,}1 & 0 & -0{,}7 & 0{,}1 & 0 & 0 & -0{,}1 & -0{,}7 & 0{,}588 \\ -0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}7 & 0{,}2 & 0 & 0{,}1 & 0 & 0{,}7 & -0{,}1 & 0 & 0 & 0{,}1 & 0{,}7 & -0{,}588 \end{pmatrix}.$$

Столбцы в данной матрице – это переходы слева направо соответствующие $t_1, t_2, \ldots, t_{14}$.

Для определения переходов, срабатывание которых приведет к решению задачи, построенной при помощи стохастической сети Петри, процесса, необходимо, как описывалось выше, выбрать максимальные значения во второй строке матрицы *x*. В данной матрице максимальными значениями являются 0,7, что соответствует переходам t_3, t_8 и t_{13}.

Для достоверности вышеописанного вычислим еще одно значение вектора запуска переходов с иными входными данными сети.

$$\mu^s = \begin{pmatrix} 1 & 0{,}4 & 0{,}1 & 1 & 0{,}4 & 1 & 1 & 0{,}2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0{,}1 & 1 \\ 0 & 0{,}6 & 0{,}9 & 0 & 0{,}6 & 0 & 0 & 0{,}8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}9 & 0 \end{pmatrix}.$$

$$\mu^{s*} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0{,}767 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}233 \end{pmatrix}.$$

Составная матрица изменения остается неизменной, так как она зависит от построенного графа.

$$x = \begin{pmatrix} -0{,}3 & 0{,}3 & -0{,}9 & 0{,}3 & 0 & 0{,}3 & 0 & -0{,}9 & 0{,}1 & 0 & 0 & 0{,}3 & -0{,}9 & 0{,}367 \\ 0{,}3 & -0{,}3 & 0{,}9 & -0{,}3 & 0 & -0{,}3 & 0 & 0{,}9 & -0{,}1 & 0 & 0 & -0{,}3 & 0{,}9 & -0{,}367 \end{pmatrix}.$$

Рассмотрев данный пример, удостоверяемся в правильности выбора активных переходов.

Полученные результаты исследования, полученные в ходе рассмотрения примера с четырнадцатью позициями и переходами, а также с альтернативными путями, показывают, что помимо дерева достижимости, к стохастическим сетям Петри можно, для анализа сети, применять и матричный подход, позволяющий решить задачи достижимости [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. − М.: Мир, 1984. – 264 с.

2. Лескин А.А. Сети Петри в моделировании и управлении / А.А. Лескин, П.А. Мальцев, А.М. Спиридонов — Л: Наука, 1989. − 133 с.

3. Звягин Д.С. Моделирование процесса производства судебной почерковедческой экспертизы с использованием стохастических сетей Петри / Д.С. Звягин // Вестник Воронежского института МВД России. 2020. № 2. С. 154–163.

4. Звягин Д.С. Алгоритм построения дерева достижимости для стохастических сетей Петри / Д.С. Звягин // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2020. Т. 16. № 2.

УДК 669.697.7

Костиков Сергей Александрович, аспирант,
Харбинский политехнический университет, email: 300gloof@mail.ru
Kostikov Sergey Alexandrovich, post-graduate student of Harbin Institute of Technology, email: 300gloof@mail.ru

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С НЕСКОЛЬКИМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛА

CURRENT PROBLEMS OF MODELING THE COMBINED HEAT SUPPLY SYSTEMS WITH MULTIPLE HEAT SOURCES

Аннотация. Данная работа посвящена анализу актуальных проблем моделирования комбинированных систем теплоснабжения здания, где в качестве дополнительного источника тепла используется пассивная система солнечного отопления, а именно стена Тромба. Несмотря на ее простое конструктивное исполнение, проектирование стены Тромба требует значительных усилий. В данной работе представлен краткий анализ проблемных вопросов, которые требуют особого внимания при математическом моделировании комбинированной системы теплоснабжения со стеной Тромба, и даны краткие рекомендации по их решению.

Abstract. This work is devoted to the analysis of topical problems of modeling combined heat supply systems for a building, where a passive solar heating system is used as an additional heat source, namely the Trombe wall. Despite its simple design, the design of the Trombus wall requires considerable effort. This paper presents a brief analysis of problematic issues that require special attention in the mathematical modeling of a combined heat supply system with the Trombus wall, and gives brief recommendations for their solution.

Ключевые слова: математическое моделирование, пассивные солнечные системы отопления, стена Тромба.

Keywords: mathematical modeling, passive solar heating systems, Trombe wall.

В 2018 году содружеством стран ЕС была разработана долгосрочная стратегия до 2050 года, основной целью которой является построение экономики с нулевыми выбросами парниковых газов [1]. Основными задачами данной стратегии являются сокращение угольной промышленности, которая частично замещается газовой промышленностью и альтернативными источниками энергии, улучшение энергоэффективности зданий и сооружений. Для жилищно-коммунального сегмента энергетики наиболее актуально развитие пассивных солнечных систем отопления.

Одной из таких пассивных солнечных систем является стена Тромба. Данная конструкция включает в себя остекление, воздушную прослойку, окрашенную в черный цвет массивную стену из кирпича или бетона и вентиляционные каналы. Основана задача стены Тромба преобразование падающего солнечного излучения на поверхность массивной стены в тепловую энергию и ее аккумулирование в течении солнечного дня. Затем, в ночной период тепловая энергия передается в отапливаемое помещение посредством лучистого и конвективного теплообмена [2].

Актуальность данного исследования подчёркивается тем, что новый кризис, связанный с последствиями пандемии, спровоцирует новый интерес к альтернативным источникам энергии и быстрый рост их долей в энергетических сегментах.

Целью данной работы является определение основных проблем при математическом моделировании системы теплоснабжения малоэтажного здания, где в качестве дополнительного источника тепла используется стена Тромба.

Математическая модель, которая описывает процессы теплообмена, является основополагающим фактором при оценке аккумулирующей и экономической эффективности стены Тромба в численных или натуральных экспериментах. К наиболее точным математическим моделям относятся те, в которых радиационно-конвективный теплообмен в стене Тромба рассматривается как нестационарный процесс. Во многих численных экспериментах не учитывается комбинированная работа нескольких источников тепла. В основном, данная проблема обусловлена географическим местоположением временм года, от которых зависят продолжительность солнечного дня, количество падающей солнечной энергии и температура наружного воздуха [3]. Если климатические условия позволяют накапливать требуемое количество тепловой энергии для отопления помещения за солнечный день, тогда комбинированную работу двух источников тепла можно не учитывать. В других исследованиях, температура воздуха в помещении принимается постоянной, хотя в исследуемом помещении одновременно работают два источника тепла (стена Тромба и дополнительный источник тепла). В таких случаях, если массивная стена накопила тепловую энергию сверх требуемого значения, то иногда требуется снижение мощности основного теплового источника. При таких заданных условиях существует проблема оценки сокращения потребления внешних энергоресурсов, что влияет на экономическую эффективность стены Тромба в целом.

Первым проблемным вопросом в математическом моделировании системы теплоснабжения со стеной Тромба для малоэтажного здания является прогнозирование количества падающего солнечного излучения на наружную поверхность массивной стены в течение каждого месяца отопительного периода. Прогнозные значения солнечной активности в установленных климатических условиях являются отправной точкой для оценки как тепловой, так и экономической эффективности стены Тромба. Это обусловлено тем, что через величину падающего солнечного излучения определяется тепловая нагрузка основного отопительного источника. Обычно, для прогнозирования солнечной активности в установленной широте используют накопленные за годы наблюдений базы данных метеорологических организаций о падающем солнечном излучении на горизонтальную поверхность. При отсутствии таких данных используют математические модели, которые описывают движение солнца относительно земной поверхности. Однако, у таких математических моделей есть один существенный недостаток, который связан с отсутствием учета облачности в расчете. Появление облаков на небе является неопределенным параметром.

Вторым проблемным вопросом в математическом моделировании системы теплоснабжения со стеной Тромба для малоэтажного здания является определение требуемого количества материала с фазовым переходом. Обычно, материал с фазовым переходом располагают на наружной поверхности массивной стены, основной задачей которого является увеличение аккумулирующей способности стены Тромба. Прогнозируемая масса материала с фазовым переходом определяется по следующей формуле [3]:

$$m_{\text{фаз}} = \frac{Q_{\text{с.п.}} * k_{\text{п}} * 3600}{\lambda}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{с.п.}}$ – суммарное падающее солнечное излучение на стену Тромба, Вт;

$k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери падающего солнечного излучения на массивную стену;

λ – удельная теплота плавления материала с фазовым переходом, Дж/кг.

Как можно заметить, прогнозируемое количество материала с фазовым переходом зависит от суточной солнечной активности и удельной теплоты плавления. Однако, полученные прогнозируемые значения требуют дальнейшего уточнения, когда непосредственно моделируются процессы радиационно-конвективного теплообмена в стене Тромба. Это обусловлено тем, что часть падающей солнечной энергии отражается от остекления, часть аккумулирующей энергии уходит на нагрев помещения и остекления, которое приводит к увеличению неучтенных тепловых потерь. Данные факторы не учитываются в формуле 1, исходя из чего требуемое количество материала с фазовым переходом необходимо устанавливать таким расчетным способом, который учитывает все протекающие процессы теплообмена в изучаемой стене Тромба.

Третьим проблемным вопросом в математическом моделировании системы теплоснабжения со стеной Тромба для малоэтажного здания явля-

ется управление подачей воздуха в воздушную прослойку через вентиляционные отверстия, которые расположены в массивной стене. Воздушная прослойка в стене Тромба выполняет основную работу в обогреве воздушной массы помещения при помощи конвективного тепломассообмена. Воздух, проходящий через воздушную прослойку, способствует более быстрому росту температуры наружной поверхности массивной стены в солнечный день, и к ее охлаждению в ночной период, повышая при этом температуру воздуха внутри отапливаемого помещения. Для обеспечения требуемой температуры воздуха в помещении необходимо определить значения коэффициентов конвективной теплоотдачи между воздушной прослойкой и наружной поверхностью массивной стены как в течение одних суток, так и в течение всего отопительного периода. Изменение коэффициентов теплоотдачи конвективного теплообмена можно технически осуществить с помощью дроссельных устройств, регулирующих сечение для прохода воздуха и, соответственно, скорость его движения. Эти регулирующие устройства могут управляться по температуре расплавленного вещества или воздуха. Также возможно управление по времени или за счет снижения скорости вращения вентиляторов.

Выводы

1) Прогнозирование количества падающего солнечного излучения на наружную поверхность массивной стены в расчетный период является первоочередной задачей и требует тщательного подхода к определению методов расчета при моделировании комбинированной системы теплоснабжения с пассивной системой солнечного отопления.

2) Количество материала с фазовым переходом необходимо определять в два этапа. В первом шаге определяется количество материала только исходя из солнечной активности в установленной период. Во втором шаге количество материала корректируется с учетом процессов радиационно-конвективного теплообмена, которые протекают в стене Тромба.

3) Для достижения максимальной аккумулирующей эффективности стены Тромба требуется определение значений коэффициентов конвективной теплоотдачи между воздушной прослойкой и наружной поверхностью массивной стены как в течение одних суток, так и в течение всего отопительного периода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 European Commission: 2050 long-term strategy. 2018.

2 Omidreza Saadatian, K. Sopian, C. H. Lim, NilofarAsim, M.Y. Sulaiman Trombe walls: A review of opportunities and challenges in research and development Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 6340–6351

3 Kostikov S, Grinkrug M, Yiqiang J. Comparative technical and economic analysis of the Trombe wall use in the heat supply system at different climatic conditions. J. Phys.: Conf. Ser 1614 (2020) 1-9 p. IOP Publishing doi: 10.1088/1742-6596/1614/1/012064.

УДК 531
Полякова Таисия Дмитриевна, студент; Polyakova Taisia Dmitrievna
Козлова Ольга Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент; Kozlova Olga Viktorovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАДАЧЕ ОБ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ ПОЛОГО ЦИЛИНДРА

THE MAIN EQUATIONS FOR MODELING THE PLASTIC AREA IN THE TASK OF SINGLE-AXIS STRETCHING OF THE HOLLOW CYLINDER

Аннотация. Данная работа посвящена постановке математической задачи о растяжении полого цилиндра в условиях осесимметричной деформации. Рассматриваются основные уравнения осесимметричной деформации при условии текучести Треска при режиме «полной пластичности».
Abstract. This work is devoted to setting a mathematical problem about the stretching of the hollow cylinder in the conditions of ossymmetric deformation. The main equations of esosymmetric deformation are considered, provided the fluidity of cod under the "full plasticity" mode is considered.
Ключевые слова: одноосное растяжение, жестко-пластическое тело, линии скольжения, пластическая область.
Keywords: single-axis stretching, hard-plastic body, slip lines, plastic area.

Пусть задано одноосное растяжение полого цилиндра из идеального жесткопластического материала. Особенность данной модели заключается в возможности рассматривать только изменение геометрии пластической области, без исследования жестких составляющих.

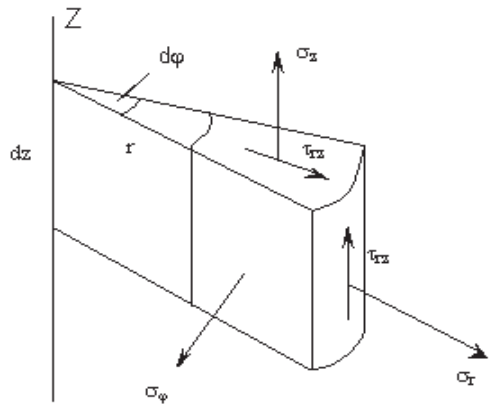


Рисунок 1

Рассмотрим основные уравнения, описывающие математическую постановку данной задачи. Пусть ось рассматриваемого тела вращения совпадает с осью цилиндрической системы координат r, φ, z (рисунок 1). Деформация полого цилиндра будет осесимметричной, так как заданные смещения (или нагрузки) обладают осевой симметрией. При этом компоненты смещения и напряжения не зависят от полярного угла φ. Переменные σ_r, σ_z, σ_φ, τ_{rz} не равны нулю и зависят от полярных координат r, z. Компоненты напряжений σ_r, σ_z, σ_φ, τ_{rz} связаны между собой дифференциальными уравнениями равновесия при отсутствии массовых сил [1].

Как известно, анализ общей осесимметричной задачи, даже для жестко-пластического тела, имеет большие математические трудности. Один из способов преодолеть возникшие математические проблемы, это принять, что в осесимметричном напряженном состоянии реализуется режим «полной пластичности», когда равны между собой два главных напряжения. Условие «полной пластичности» приводит к локальной статистически определимой задачи для напряженного состояния. Условие «полной пластичности» используется в инженерных расчетах обработки металлов давлением.

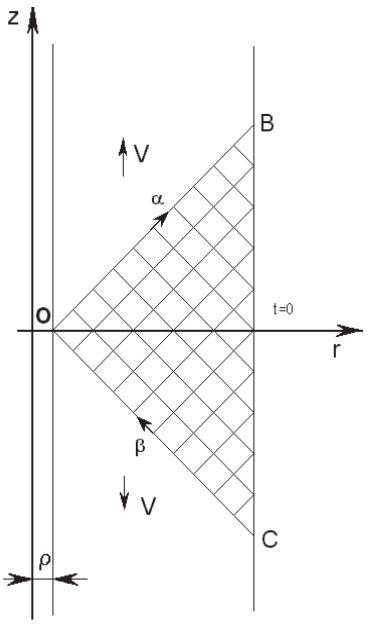


Рисунок 2

Математическая постановка задачи может быть упрощена при переходе к условию пластичности Треска, соответствующему «режиму В» (одноосное растяжение), а также ассоциативному закону течения. Так как «режим В» соответствует состоянию «полной пластичности» при $\sigma_\varphi = \sigma_2$, то система уравнений для напряжений будет гиперболического типа, т.е. существуют два семейства ортогональных характеристических линий, совпадающих с линиями скольжения α, β. Гиперболическая система уравнений позволяет получить разрывное решение.

Дифференциальные уравнения характеристик имеют вид:

$$\begin{cases} \dfrac{dz}{dr} = tg\varphi \quad вдоль\ \alpha-линии, \\ \dfrac{dz}{dr} = -ctg\varphi \quad вдоль\ \beta-линии. \end{cases} \tag{1}$$

Условие пластического равновесия для «режима В»:

$$\begin{cases} d\sigma - 2kd\varphi = \dfrac{k}{r}(dz - dr) \quad вдоль \quad \alpha - линии, \\ d\sigma + 2kd\varphi = -\dfrac{k}{r}(dr + dz) \quad вдоль \quad \beta - линии. \end{cases} \tag{2}$$

Из условия несжимаемости и условия изотропии получим систему уравнений для скоростей, которая также является гиперболической, с характеристическими соотношениями:

$$\begin{cases} dV_\alpha - V_\beta d\varphi = -\dfrac{1}{2r}(V_\alpha dr - V_\beta dz) \quad вдоль \quad \alpha - линии, \\ dV_\beta + V_\alpha d\varphi = -\dfrac{1}{2r}(V_\alpha dz + V_\beta dr) \quad вдоль \quad \beta - линии, \end{cases} \tag{3}$$

где компоненты скоростей V_α, V_β вдоль характеристик имеют вид:

$$V_\alpha = u\cos\varphi + w\sin\varphi,\ V_\beta = w\cos\varphi - u\sin\varphi,$$

где *u(r,z)* и *w(r,z)* – составляющие скорости вдоль осей r, z.

Итак, уравнения равновесия, условие пластичности Треска $\sigma_1 - \sigma_2 = 2k$ и равенства $\sigma_\varphi = \sigma_2$ для режима В, а также условия несжимаемости и условия изотропии образуют замкнутую систему (1) - (3) относительно неизвестных σ, φ, *u, w, r, z*.

Задача об одноосном растяжении полого цилиндра рассматривается при граничных условиях для скоростей:

$$V_\beta = V_z - V_r = \frac{V}{\sqrt{2}},\ V_\alpha = -V_z - V_r = -\frac{V}{\sqrt{2}},$$

когда верхний и нижний концы цилиндра движутся вдоль оси z со скоростью V=1, соответственно, вверх и вниз (рисунок 2). Решение задачи об одноосном растяжении полого цилиндра сводится к интегрированию уравнений (1), (2) и (3) при соответствующих граничных условиях. Данная задача решается численным методом [2], который позволяет построить поле скоростей $\{u, w\}$ в пластической области ОВС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, Гл.ред.физ.-мат.лит. 1969, 420 с.

2 Друянов Б.А., Непершин Р.И. Теория технологической пластичности. М.: Машиностроение, 1990.-272 с.

3 Kozlova O.V. STRAIN-ENERGY CRITERIA FOR THE DESTRUCTION OF IDEAL RIGID-PLASTIC BODIES / Kozlova O.V., Khromov A.I. // Materials Science Forum. 2020. Т. 992 MSF. С. 987-991.

УДК 004

Серый Алексей Игоревич, кандидат физико-математических наук, доцент;
Sery Alexey Igorevich
Серая Зоя Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент;
Seraya Zoya Nikolayevna
Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина
Brest State A.S. Pushkin University

О ФОРМАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ФИЗИКЕ

ON FORMAL CLASSIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS IN PHYSICS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию вопроса о формальной классификации математических моделей физических систем на примере задачи о свободном падении тела в атмосфере.

Abstract. This work is devoted to the study of the question of the formal classification of mathematical models of physical systems on the example of the problem of the free fall of a body in the atmosphere.

Ключевые слова: математическая модель, формальная классификация.
Keywords: mathematical model, formal classification.

Среди различных вариантов классификации математических моделей (в том числе в физике) можно выделить формальную классификацию на основе дихотомий. Ниже такая классификация оформлена в виде таблицы 1, которую можно составить, например, на основе [1, с. 42; 2, с. 32; 3, с. 40-42].

Таблица 1 – Типы физических моделей с точки зрения формальной классификации

Классификационный признак модели	А. Линейность	Б. Пространственное распределение параметров	В. Детерминированность	Г. Зависимость от времени	Д. Непрерывность
Название первого типа моделей	линейные	распределенные	детерминированные	динамические	непрерывные
Название второго типа моделей	нелинейные	сосредоточенные	стохастические	статические	дискретные
Как определяется тип модели	по наличию нелинейных слагаемых в уравнениях	по наличию параметров, не сосредоточенных в одной точке	по учету случайных факторов	по изменению состояния моделируемой системы во времени	по наличию величин, которые могут принимать только дискретные значения

Данную классификацию можно проиллюстрировать на примере различных вариантов модели свободного падения тела в атмосфере (см. таблицу 2). Если ось, вдоль которой происходит движение, обозначить через x и направить ее вертикально вверх, то с учетом того, что скорость получится отрицательной, а сила сопротивления, как направленная противоположно скорости, – положительной, то при неизменной массе (в отсутствие сгорания тела в атмосфере), в отсутствие ветра и в пренебрежении отклонением падающего тела от вертикали вследствие вращения Земли [4, с. 353–356] обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка для описания движения может быть записано в виде (1):

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + mg - \rho_{\text{в}}Vg - \Delta\rho_{1\text{в}}(x)Vg - \Delta\rho_{2\text{в}}(x,t)Vg + m\left(\frac{GM_3}{(R_3+x)^2} - g\right) - \\ -\rho_{\text{в}}V\left(\frac{GM_3}{(R_3+x)^2} - g\right) - \Delta\rho_{1\text{в}}(x)V\left(\frac{GM_3}{(R_3+x)^2} - g\right) - \Delta\rho_{2\text{в}}(x,t)V\left(\frac{GM_3}{(R_3+x)^2} - g\right) + \\ k_{11}\frac{dx}{dt} + k_{12}(x)\frac{dx}{dt} + k_{13}(x,t)\frac{dx}{dt} - k_{21}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 - k_{22}(x)\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 - \\ -k_{23}(x,t)\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = 0, \qquad (1)$$

где m – масса тела;

V – объем тела;

$\rho_{\text{в}}$ – постоянная плотность воздуха;

$\Delta\rho_{1\text{в}}(x)$ – поправка к плотности воздуха, зависящая от высоты по известному закону (например, в соответствии с распределением Больцмана);

$\Delta\rho_{2в}(x,t)$ – поправка к плотности воздуха, зависящая от случайных факторов;

g – постоянное значение ускорения свободного падения;

$\frac{GM_3}{(R_3+x)^2} - g$ – поправка к ускорению свободного падения, связанная с ослаблением гравитационного поля по мере удаления от центра Земли;

G – гравитационная постоянная;

R_3 – радиус Земли;

M_3 – масса Земли;

k_{11} –постоянный коэффициент сопротивления в слагаемом, линейном по скорости;

$k_{12}(x)$ – поправка к k_{11}, учитывающая известную зависимость плотности среды от x;

$k_{13}(x,t)$ – поправка к k_{11}, учитывающая случайные изменения характеристик среды в пространстве и времени;

k_{21}, $k_{22}(x)$, $k_{23}(x,t)$ – аналогичные коэффициенты в случае квадратичной зависимости силы сопротивления от скорости.

При этом сделаем следующие замечания.

1. Для того, чтобы модель была распределенной, достаточно считать тело неоднородным, т.е. массу находить вычислением интеграла, а коэффициенты сопротивления считать зависящими от поверхностных координат тела. В этом случае уравнение (1) из обыкновенного дифференциального должно быть преобразовано в дифференциальное уравнение в частных производных. С другой стороны, можно считать, что само наличие атмосферы (а также неоднородного гравитационного поля) делает модель распределенной, поскольку пространственные характеристики модели уже нельзя считать сосредоточенными в одной точке (даже если считать материальной точкой само тело).

2. Поскольку в физике дискретность присуща, прежде всего, квантовым системам (из прикладных наук в качестве примера можно привести автоматику), а рассматриваемая задача относится к классической физике, соответствующий пример для нее отсутствует.

Таблица 2 – Частные случаи (1) с точки зрения разновидностей моделей

Классификационный признак модели	Замечание о номерах слагаемых (в порядке перечисления) в левой части (1) в случае модели	
	первого типа	второго типа
Линейность	могут быть любые из 1–3, 10; также 4 и 5, но только при линейной зависимости от x и t; остальные исключаются	обязательно должно быть хоть одно из 4, 5 (при нелинейной зависимости от x или t), 6–9, 11–15
Пространственное распределение параметров	см. замечание 1	
Детерминированность	исключены 5, 9, 12, 15	обязательно должно быть хоть одно из 5, 9, 12, 15
Зависимость от времени	обязательно должно быть хоть одно из 1, 5, 9–15	могут быть любые из 2–4, 6–8, остальные исключаются
Непрерывность	любые	см. замечание 2

Предложенные таблицы могут быть использованы студентами и преподавателями в образовательном процессе, в том числе при обобщении и закреплении материала по таким дисциплинам, как физика (раздел «механика»), основы математического моделирования и другие. Самостоятельное составление подобных таблиц (или заполнение недостающих клеток таблицы при известной структуре) может быть предложено учащимся в качестве самостоятельных творческих заданий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Безручко, Б. П. Математическое моделирование и хаотические временные ряды. / Б. П. Безручко, Д. А. Смирнов. – Саратов: ГосУНЦ «Колледж», 2005. – 320 с.

2 Советов, Б. Я. Моделирование систем: учеб. для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

3 Введение в математическое моделирование: учеб. пособие / под ред. П. В. Трусова. – М.: Университетская книга, Логос,2007. – 440 с.

4 Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1979. – Т. 1 : Механика. – 520 с.

УДК 539.3:519.6

Юсупов Максуд Шаболович, студент; Yusupov Maksud Shabolovich
Минеева Наталья Валерьевна, кандидат физико-математических наук, доцент; Mineeva Natalia Valerievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ГИПЕРОКРУЖНОСТЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОЙ УПРУГОСТИ

THE STUDY OF HYPERCIRCLE METHOD IN SOLVING A PLANE PROBLEM OF LINEAR ELASTICITY

Аннотация. Рассматривается применение известного алгоритма двойственности – метода гиперокружностей к граничной задаче линейной упругости. Приведены результаты численных экспериментов.

Abstract. The application of well-known duality algorithm – the method of hypercircle to linear elastic boundary-value problems are examined. The results of numerical experiments are given.

Ключевые слова: двойственность, вариационный принцип, упругое тело, гиперокружность, плоская деформация.

Keywords: duality, variational principle, elastic body, hypercircle, plane strain.

Точное решение краевых задач теории упругости возможно лишь в очень редких случаях. Как правило, их приходится решать приближенно. В связи с этим актуален вопрос о достоверности значений получаемых при-

ближений. Решение краевых задач с апостериорной оценкой точности можно осуществить двойственным методом, основанным на одновременном решении двух экстремальных задач – прямой (для функционала энергии рассматриваемой задачи) и двойственной, построенной с помощью преобразования Юнга-Фенхеля. Один из подходов к получению двусторонних оценок основан на геометрической интерпретации аналитической задачи. Метод гиперокружностей Прагера-Синджа [1, 2] применим для таких граничных задач математической физики, решение которых можно рассматривать как точку пересечения двух ортогональных подпространств функционального пространства. Этот метод позволяет получать неравенства, ограничивающие решение в среднеквадратическом смысле.

В данной работе исследуется применение метода гиперокружностей к плоской задаче теории упругости. Приводятся результаты вычислительных экспериментов для случая линейного закона упругости.

1. Постановка задачи. Пусть Ω- ограниченная область в $\boldsymbol{R}^2$, Γ- ее граница. Плоская задача теории упругости состоит в решении уравнений:

Уравнения равновесия:

$$\boldsymbol{\sigma}_{ij,j} + \boldsymbol{F}_i = 0 \qquad (1)$$

Закон упругости:

$$\boldsymbol{\sigma}_{ij} = \frac{\partial \boldsymbol{U}}{\partial \boldsymbol{e}_{ij}} \text{ или } \boldsymbol{e}_{ij} = \frac{\partial \boldsymbol{U}^*}{\partial \boldsymbol{\sigma}_{ij}}. \qquad (2)$$

Выражения компонент деформации через перемещения:

$$\boldsymbol{e}_{ij} = \frac{1}{2}\left(\boldsymbol{u}_{i,j} + \boldsymbol{u}_{j,i}\right). \qquad (3)$$

Кроме того, заданы следующие условия на границе. Пусть контур Γ состоит из двух частей: $\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2$, тогда

$$\boldsymbol{u}_i = \boldsymbol{u}_i^\circ, \quad \boldsymbol{x}_i \in \Gamma_1, \qquad (4)$$

$$\boldsymbol{\sigma}_{ij}\boldsymbol{n}_j = \boldsymbol{T}_i^\circ, \quad \boldsymbol{x}_i \in \Gamma_2. \qquad (5)$$

Пусть заранее выполнены уравнения (3) и граничные условия (4). Тогда из теории упругости известно [4, 5], что перемещение $\boldsymbol{u}$ (с компонентами $\boldsymbol{u}_i$) есть решение следующей вариационной задачи:

$$\inf_{\boldsymbol{M}} \boldsymbol{J}(\boldsymbol{e}) = \inf_{\boldsymbol{M}} \left\{ \int_\Omega \boldsymbol{U}\left(\boldsymbol{e}_{ij}\right) d\omega - \int_\Omega \boldsymbol{F}_i\, \boldsymbol{u}_i\, d\omega - \int_{\Gamma_2} \boldsymbol{T}_i^\circ\, \boldsymbol{u}_i\, d\gamma \right\}, \qquad (6)$$

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{e}_{ij} &= \frac{1}{2}\left(\boldsymbol{u}_{i,j} + \boldsymbol{u}_{j,i}\right), \\ \boldsymbol{u}_i &= \boldsymbol{u}_i^\circ, \quad \boldsymbol{x}_i \in \Gamma_1. \end{aligned}\right\} \boldsymbol{M} \qquad (7)$$

Задача, двойственная к задаче (6)-(7), записывается в виде

$$\sup_{\boldsymbol{M}^*} \boldsymbol{J}^*(\boldsymbol{\sigma}) = \sup_{\boldsymbol{M}^*} \left\{ -\int_\Omega \boldsymbol{U}^*\left(\boldsymbol{\sigma}_{ij}\right) d\omega + \int_{\Gamma_1} \boldsymbol{\sigma}_{ij}\boldsymbol{n}_j \boldsymbol{u}_i^\circ d\gamma \right\}, \qquad (8)$$

$$\left.\begin{array}{c}\sigma_{ij,j}+F_i=0,\\ \sigma_{ij}n_j=T_i^{\circ},\quad x_i\in\Gamma_2.\end{array}\right\}M^* \tag{9}$$

Экстремальные задачи (6)-(7) и (8)-(9) являются энергетическими принципами Лагранжа и Кастильяно соответственно.

2. Вычислительные эксперименты. Численно исследовалась задача деформирования длинного призматического тела собственным весом. Рассмотрим длинное призматическое тело с квадратным поперечным сечением, ось которого направлена вдоль координатной оси x_3. Будем считать тело изотропным и однородным. Пусть сила тяжести действует в отрицательном направлении оси x_2. В данном случае можно считать, что имеет место состояние плоской деформации.

Пусть Ω - сечение тела плоскостью $x_3=0$, ограниченное прямыми $x_1=\pm l$, $x_2=\pm l$. Уравнения равновесия (1) имеют вид:

$$\begin{cases}\sigma_{11,1}+\sigma_{12,2}=0,\\ \sigma_{21,1}+\sigma_{22,2}-\rho g=0,\end{cases}$$

где ρ - плотность материала.

Будем рассматривать первую основную задачу теории упругости, когда на всей границе области Ω заданы перемещения, равные нулю:

$u_i=0,\quad x_i\in\Gamma$.

Это означает, что граница области фиксирована.

Пусть закон упругости (2) линеен, т.е.

$$U(e_{ij})=\frac{\lambda}{2}(e_{11}+e_{22})^2+\mu e_{ij}e_{ij},$$

$$U(\sigma_{ij})=\frac{1}{4\mu}\sigma_{ij}\sigma_{ij}-\frac{\lambda}{8\mu(\lambda+\mu)}(\sigma_{11}+\sigma_{22})^2.$$

Вычисления проводились при следующих значениях параметров задачи:

$$\lambda=75,\ \mu=37{,}5,\ l=1,\ \rho g=1.$$

Таблица 1 – Двусторонние оценки энергии по методу гиперокружностей

Размерность ортогональных подпространств	2	3	4	5	6
Нижние оценки энергии	0,0020851	0,0020922	0,0023939	0,0029170	0,0029324
Верхние оценки энергии	0,0038608	0,0036640	0,0036640	0,0036612	0,0036611
Энергетические оценки погрешности	0,0017757	0,0015718	0,0012701	0,0007442	0,0007287

Результаты проведенных расчетов показывают, что чем больше размерность рассматриваемых ортогональных подпространств, тем лучшую аппроксимацию решения мы получаем. Кроме того, можно сделать заключение о количественной близости решений, полученных методом гиперокружностей и с помощью комбинированного алгоритма, представленного в работах [5, 6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Synge, J.L. The hypercircle in mathematical physics. -Cambridge Univ. Press, 1957. -71 p.

2 Prager W., Synge J.L. Approximations in Elasticity based on the concept of function space. -Quart. Appl. Math., 1947, v.5, №3, p.1-21.

3 Работнов, Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. -М.: Наука, 1988. -744 с.

4 Бердичевский, В.Л. Вариационные принципы механики сплошной среды. -М.: Наука, 1983. -448 с.

5 Минеева Н.В., Олейников А.И. Построение комбинированного алгоритма двусторонней оценки упругой энергии разномодульных тел // Информатика и системы управления.- 2011. - №3 (29). - С. 25-35.

6 Минеева Н.В., Олейников А.И. Применение комбинированного алгоритма двусторонней оценки энергии к модели гетерогенно-упругого тела // Информатика и системы управления.- 2014. - №1 (39). - С. 53-61.

СЕКЦИЯ 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУКАХ

УДК 534.075
Афанасьева Елена Андреевна, аспирант; Afanaseva Elena Andreevna
Афанасьева Ольга Сергеевна, магистрант, Afanaseva Olga Sergeevna
Егорова Галина Федоровна, кандидат технических наук, доцент;
Egorova Galina Fedorovna
Самарский государственный технический университет
Samara State Technical University

ПАРАДОКС ДИСКРЕТНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

PARADOX OF DISCRETE LOGISTIC MODEL

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию математических моделей прогнозирования численности популяции. В работе проведен анализ, который показал, что использование дискретной модели логистической функции при построении прогноза является более предпочтительным, чем использование непрерывной модели.
Abstract. This work is devoted to the study of mathematical forecasting of the population size. An analysis was carried out in the work, which showed that the use of a discrete model of the logistic function when constructing a forecast is more preferable than using a continuous model.
Ключевые слова: рост народонаселения, модель Мальтуса, модель Ферхюльста, дискретная логистическая модель.
Keywords: population growth, Malthus model, Verhulst model, discrete logistic model.

В 1798 г. Т. Р. Мальтусом было предложено рекуррентное соотношение, позволяющее прогнозировать численность населения, которое имеет вид:

$$P_{n+1} = P_n + rP_n,\ n = \overline{1,+\infty},$$

где $0 < P_n < 1$, $P_n = \frac{p_n}{K}$ – величина, которая равна отношению численности популяции p_n к её максимально возможному значению K; r – коэффициент, значение и знак которого зависят от разности между уровнями рождаемости и смертности особей популяции. Понятно, что закон изменения величины P_n, характеризующийся постоянством роста численности при $r > 0$ приобретет вид:

$$\frac{P_{n+1} - P_n}{P_n} = r.$$

Закон (2) не мог оставаться верным для прогноза роста численности различных популяций. На смену закона Мальтуса о росте численности населения Земли, со скоростью бесконечно возрастающей геометрической прогрессии, начали разрабатываться более правдоподобные модели. Значительным вкладом в дальнейшее развитие популяционной теории оказалась модель роста народонаселения, предложенная бельгийским математиком П.-Ф. Ферхюльстом (1838 г.), которая имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = u(x - x^2), \qquad (1)$$

где x – величина меньше единицы, характеризующая относительные изменения численности. Решения уравнения (1) для начального значения $x = 0,5$ и значений $u = 0,5;1;2;3;4;5$ представлены на рис. 1, на котором нижняя линия соответствует $u = 0,5$, верхняя $u = 5$.

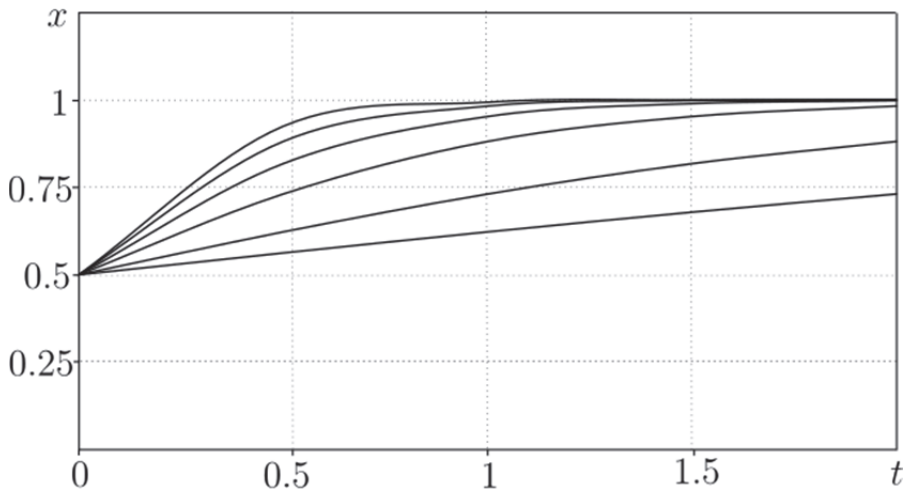


Рисунок 1 – Графики решений дифференциального уравнения (1) при различных значениях параметра *u*

Заменим производную в правой части дифференциального уравнения (1) конечно-разностным соотношением, модель (1) примет вид:

$$\frac{x_{n+1} - x_n}{\Delta t} = u x_n (1 - x_n), \;\Rightarrow\; x_{n+1} = (1 + u\Delta t) x_n (1 - x_n),$$

считая шаг по времени Δt постоянным, и, введя обозначение $r = (1 + u\Delta t)$, получаем аналог модели (1), то есть, дискретную логистическую модель:

$$x_{n+1} = r x_n (1 - x_n).$$

Для данной модели были проведены расчеты, которые показали следующие результаты: при $0 < r < 1$ популяция вымирает не зависимо от начальных условий; при $1 < r < 2$, численность популяции быстро выходит на стационарное значение $\frac{r-1}{r}$ независимо от начальных условий. Если $2 < r < 3$ численность популяции сходится к стационарному значению $\frac{r-1}{r}$,

так же, не зависимо от начальных условий. При $3 \le r \le 3,61$ численность популяции начинает циклически меняться. Эти изменения представляют собой незатухающие колебания относительно значения $\frac{r-1}{r}$. Величина $r = 3,61$, иногда, называют «параметром Фейгенбаума» [1], которым сверху ограничивается интервал значений r, характеризующийся колебательным поведением относительной численности. При значениях больших параметра Фейгенбаума динамика численности населения демонстрирует хаотические всплески (см. рис.2).

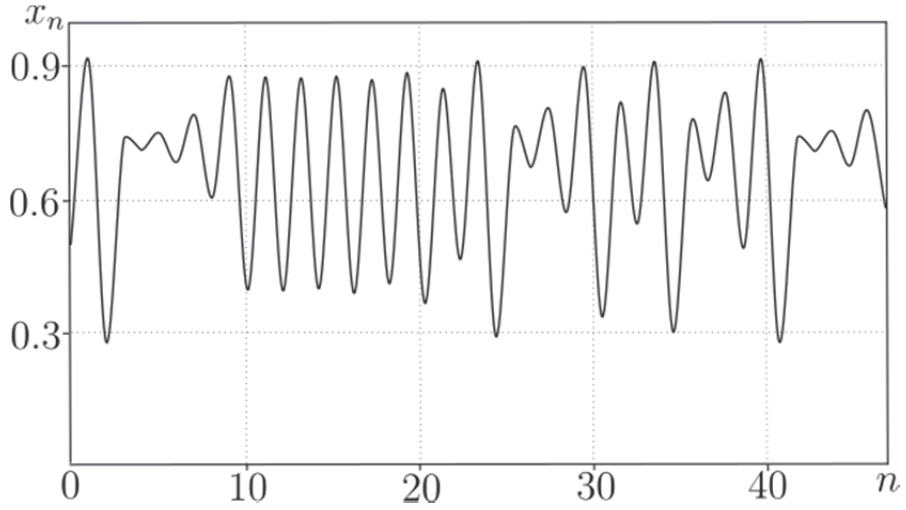


Рисунок 2 – График дискретной логистической модели при *r=3,7*

Начиная со значений $r > 3,61$, поведение относительной численности популяции из циклически повторяющегося превращается в хаотическое. Решения дискретной модели, как мы видим, существенно отличаются от решений соответствующей непрерывной модели, представленных на рис.1, и являются более информативными в вопросах выявления зависимости решений модели от параметров.

Таким образом, в работе показано, что для изучения дискретных явлений, таких как изменение численности популяции более предпочтительным являются дискретные модели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Зарицкая М.И. Моделирование роста народа населения: от Мальтуса до Капицы// Современная математика и концепции инновационного математического образования.2018.Т.5.№1.С.403-407.

УДК 621.9:519.8
Хряпенко Ксения Дмитриевна, студентка; Khryapenko Kseniya Dmitrievna
Альхименко Игорь Николаевич, студент; Alkhimenko Igor Nikolaevich
Базюк Антон Игоревич, студент; Bazyuk Anton Igorevich
Чепурных Максим Алексеевич, студент; Chepurnykh Maxim Alekseevich
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой; Grivorieva Anna Leonidovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amure State University

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ

MATHEMATICAL MODELING IN POPULATION DYNAMICS

Аннотация. В этой статье обсуждаются математические модели в биологии, их формулировка, анализ и интерпретация. Целью данной статьи является применение математических моделей, помогающих раскрыть основные механизмы, вовлеченные в биологические и экологические процессы.
Abstract. This paper discusses mathematical models in biology, their formulation, analysis and interpretation. The trust of this paper is the application of mathematical models in helping to unravel the underlying mechanisms involved in biological and ecological processes.
Ключевые слова: видовая популяция, дифференциальные уравнения, динамические процессы.
Keywords: species population, differential equations, dynamic processes.

Вступление

В современном обществе почти во всех областях человеческого знания необходимо применять математические и вычислительные методы. Таким образом, математика является неотъемлимой частью в области науки и техники. Биология - это естественная наука, которая занимается изучением живых существ и их взаимодействия с окружающей средой. В своих исследованиях биологи используют математические модели, содержащие дифференциальные уравнения, которые позволяют им устанавливать законы, касающиеся поведения живых существ по отношению к окружающей их среде.

Растущее изучение реалистичных математических моделей в экологии (в основном изучение отношений между видами и окружающей их средой) является отражением их использования для понимания динамических процессов, происходящих в таких областях, как хищник-жертва и реакции конкуренции, многовидовые общества и т.д. экологический контроль вредителей.

Расширение использования математики в биологии неизбежно, поскольку биология становится все более количественной. Исследования в области математической биологии, которые имеют прямое влияние на развитие сельского хозяйства, полезны и функциональны в качестве академической деятельности.

Биологическая проблема

Человеческая деятельность привела к радикальным изменениям в глобальной окружающей среде. Одним из серьезных последствий этого является увеличение числа биологических инвазий и прироста. В природе все организмы воспроизводятся, мигрируют или рассредотачиваются и вымирают. Эти процессы могут принимать самые разные формы, например, при ходьбе, плавании, полете или переносимости ветром или текущей водой. Дисперсионные движения становятся заметно активными, когда потомство покидает родные места или когда среда обитания организма ухудшается из-за перенаселенности. Если смотреть на геологическую шкалу времени, географическое распределение видов на поверхности земли меняется каждый раз, когда происходят крупномасштабные климатические или геоморфологические изменения. Эти изменения привели к географическому разделению ареала видов, иногда вызывая дальнейшее видообразование.

Математическая формулировка

Пространственное распространение вторгшихся видов можно в основном рассматривать как процесс, при котором особи расходятся, увеличивая свою численность. Одной из моделей, в которой распространение формулируется как случайный процесс диффузии, является уравнение Фишера. Предположим, что несколько человек вторгаются в центр двумерного однородного пространства. Если $n(x,t)$ обозначает плотность популяции в момент времени t и пространственную координату $x = (x,y)$, уравнение Фишера в двумерном пространстве выражается как

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D\left(\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 n}{\partial y^2}\right) + (\varepsilon - \mu n)n \qquad (1)$$

Левая часть этого уравнения указывает на изменение плотности популяции со временем, которое вызвано случайной диффузией и ростом численности местного вида, что выражается соответственно первым и вторым членами в правой части. D - коэффициент диффузии, который показывает, насколько быстро организмы распространяются. Рост популяции формулируется функцией логистического роста, где ε - внутренняя скорость прироста, а $(\mu \geq 0)$ - влияние внутривидовой конкуренции на скорость воспроизводства. Фишер (1937) впервые предложил это уравнение в качестве модели популяционной генетики для описания процесса пространственного распространения, когда в популяции появляются мутантные особи с более высокой адаптивностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Математический анализ в экономико-экологической деятельности// Скрипник В.С., Григорьева А.Л. // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях. Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. 2020. С. 382-385.

2. Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

3. Surface state detection // Zharikova E.P., Grigoriev Ya.Yu., Grigoryeva A.L.// В сборнике: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. 2019. С. 8934205.

4. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

5. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли // Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.

6. Информатика и математика (Учебное пособие) // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Успехи современного естествознания. 2010. № 9. С. 76-77.

7. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера// Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

8. Разработка информационной системы университета. создание единого информационного пространства // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Максимов С.Б., Трещев И.А. // Мир науки. 2014. № 2. С. 1.

СЕКЦИЯ 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНЖЕНЕРНЫХ НАУКАХ

УДК 681.5.03
Альхименко Игорь Николаевич, студент; Alkhimenko Igor Nikolaevich
Базюк Антон Игоревич, студент; Bazyuk Anton Igorevich
Хасаншин Сергей Дамирович, студент; Khasanshin Sergey Damirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amur state University

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING FOR DEVELOPMENT OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS IN TECHNICAL SYSTEMS

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению применения математического моделирования в технических системах.
Abstract. This work is devoted to the application of mathematical modeling in technical systems.
Ключевые слова: адаптивные системы, управление, алгоритмы, математическое моделирование, динамические объекты.
Keywords: adaptive systems, control, algorithms, mathematical modeling, dynamic objects.

Широкое применение микроконтроллеров в современном производстве обусловлено наличием жестких требований, предъявляемых как к качеству выпускаемой продукции, так и требованием по снижению затрат на эксплуатацию оборудования. Промышленные системы управления должны обеспечивать надежное и высокоточное функционирование различных технических систем.

Строгие математические модели, использующие точное описание объектов входящих в техническую систему на практике, как правило, не применяются, поскольку функциональные зависимости в реальных системах описать весьма затруднительно, а иногда и невозможно.

При внедрении систем управления на существующее оборудование возникает дополнительный усложняющий модели фактор − износ, который сложно учесть в модели.

Поэтому в реальных технических системах применяются различные математические модели, построенные на основе обучения и адаптации: адаптивные, робастные, нейронные и нечеткие модели.

Наиболее широкое распространение получили адаптивные математические модели используют ПИД-алгоритм. К достоинствам таких моделей относится относительная простота, возможность подстройки под изменения процесса за счет обратной связи. Основным недостатком ПИД-алгоритма является необходимость экспертной настройки параметров ПИД, что требует глубокого понимания динамики регулируемого процесса.

При наличии неопределенностей в описании объекта управления, возможно применение робастных математических моделей, обеспечивающих сильное управление с определенным запасом устойчивости. Неопределенность в описании объекта управления может быть параметрическая, когда неточно известны параметры объекта; структурная, когда точно не известна структура объекта; смешанная, когда неточно заданы и параметры, и структура.

Робастная модель гарантирует устойчивость замкнутой системы управления, если неизменяемая во времени параметрическая или неизменяемая по времени структурная неопределенность принадлежит некоторому множеству. Вместе с тем условия робастности не гарантируют устойчивости замкнутой системы управления даже при достаточно малых параметрических или структурных изменениях во времени.

Для сложных динамических объектов с нелинейными связями применяются нейро-нечеткие математические модели, включающие аппарат искусственных нейронных сетей и нечеткую логику. Это позволяет применять принципы искусственного интеллекта в управлении сложными системами. Однако такие модели пока еще имеют существенный недостаток: информацию об объекте управления нейронная сеть получает в процессе обучения, а для этого необходим большой объем экспериментальных данных, что на практике трудно осуществить. Снизить зависимость от экспериментальных данных удается за счет применения нечеткой логики, формализующей некоторые связи объекта управления, имеющих качественную характеристику.

Таким образом, в адаптивных системах управления в технических системах применяются различные математические модели, в основе которых современные достижения в области адаптивных алгоритмов и систем искусственного интеллекта.

Выбор той или иной математической модели зависит от полноты описания объекта управления, возможности и точности определения его параметров и устойчивости управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гордин С.А., Зайченко И.В. Об интеллектуальной адаптации пид-регулирования в системах управления котлов малой мощности. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 3. С. 95-99.

2. Гордин С.А., Гринкруг М.С., Зайченко И.В. К вопросу повышения эффективности систем управления дутьём твёрдотопливных котлов. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. № 5 (45). С. 25-30.

3. Махмуродзода З.Р., Гордин С.А. Регулирование дутья угольных котлов с целью повышение их экономичности. // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях. Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. 2020. С. 316-319.

4. Попова О.В., Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю. Разработка системы контроля и регулировки освещенности // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях. Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. 2020. С. 367-370.

УДК 621.316.7

Альхименко Игорь Николаевич, студент; Alkhimenko Igor Nikolaevich
Хасаншин Сергей Дамирович, студент; Khasanshin Sergey Damirovich
Хряпенко Ксения Дмитриевна, студент; Khryapenko Ksenia Dmitrievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amur state University

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕЙ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

USE OF MATHEMATICAL MODELS TO SOLVE THE PROBLEMS OF OPTIMIZING POWER SUPPLY NETWORKS

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению применения принципов математического моделирования для упрощения работы сетей энергоснабжения.

Abstract. This work is devoted to the consideration of the application of the principles of mathematical modeling to simplify the operation of power supply networks.

Ключевые слова: энергоснабжение, сравнительный анализ, электричество, математическое моделирование, эффективность.

Keywords: power supply, benchmarking, electricity, mathematical modeling, efficiency.

Математическое моделирование – это один из мощнейших современных методов исследования, активно используемый в практике решения

различных инженерных и технических задач [1, 9]. Наиболее часто данный метод используется при построении оптимизационных прогнозных моделей [11, 13].

В настоящее время в России и Хабаровском края, в частности, приоритетное место отводится энергетической отрасли. Стратегии развития топливно-энергетического комплекса как на средне-, так и долгосрочные периоды являются совокупностью различных программ, содержащих прогнозные показатели. Эти показатели зачастую получены нормативным путем. В этих условиях выполнение достоверного аналитического исследования затруднено. Требуется не только создание обоих методологических подходов, но и внедрение современного математического аппарата. Это обеспечит проведение прогнозных расчетов и разработку соответствующей математической модели, характеризующей макроэкономические, отраслевые и технологические показатели. Создаваемые модели, в свою очередь, должны являться достоверными с учетом заранее заданных интервалов точности.

Сегодня электричество является одним из наиболее востребованных и экологичных [13] энергоносителей. Применение математических моделей для решения задач оптимизации сетей энергоснабжения позволяет обеспечить требуемую точность при определении значения параметров элементов сети энергоснабжения, обеспечивающих максимальную эффективность.

Повышение точности расчетов таких параметров позволяет еще на стадии системы энергоснабжения снизить суммарные расходы на ее сооружение и эксплуатацию в течение всего срока службы элементов сети.

Применение расчетного способа на основе математических моделей для выбора параметров элементов системы энергоснабжения, по сравнению с выбором параметров элементов сети по нормативными рекомендациями, оказывается, в общем случае, экономически более эффективным, что подтверждается рядом работ [1, 2, 3, 5, 7, 9, 10, 11].

Сравнительный анализ нормативного и расчетного способов определения параметров элементов сети энергоснабжения показывает, что данные способы дают, как правило, отличные результаты: совпадение составляет порядка 10% [4, 6, 7, 8]. Из этого можно сделать вывод, что расчетный способ является эффективнее нормативного.

Проведение оптимизационных расчетов, несомненно, выгодно и позволяет выбрать экономически более выгодные варианты значений параметров элементов систем энергоснабжения по сравнению с существующими методиками и рекомендациями [12]. Современный уровень вычислительной техники и разработанные различными авторами математические модели [11, 13] позволяют получить результат расчета оптимальных параметров за время, сопоставимое для определения параметров нормативным способом, выполненным «вручную».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гордин С.А., Гринкруг М.С. Задача проектирования системы электроснабжения на основе минимизации приведенных затрат. - Материалы двенадцатой Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: экология, надежность, безопасность». – Томск: изд-во ТПУ, 2006. - 465с., стр.63-66.

2. Gordin S.A., Grinkrug M.S. Feasibility Study for the Parameters of Step-Down Transformer Substations in Urban Distribution Networks under Contemporary Economic Conditions. Russian Electrical Engineering ISSN 1068-3712. – vol. 80, No. 4, 2009. – p. 215-220 DOI: 10.3103/S1068371209040087

3. Нуров М.Ш., Гордин С.А. Оптимизация схемы теплоснабжения по критерию минимума потерь при транспортировке энергии до потребителя. В сборнике: молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований материалы II всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 392-395.

4. Гордин С.А., Гринкруг М.С., Зайченко И.В. К вопросу повышения эффективности систем управления дутьем твердотопливных котлов. Ученые записки КнАГТУ, 2020 №5(45), – Комсомольск-на-Амуре, 2020. – с.25-30

5. Гринкруг М.С., Гордин С.А., Шипиленко А.С. К вопросу эффективности системы электроснабжения. Электрика. 2013. № 1. С. 11-15.

6. Гринкруг М.С., Гордин С.А. Экономическое обоснование выбора параметров элементов сетей электроснабжения. Электрика. 2013. № 8. С. 03-05.

7. Гордин С.А. Выбор параметров элементов городских систем электроснабжения низкого напряжения на основе математического моделирования режима их работы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Комсомольск-на-Амуре государственный технический университет. Комсомольск-на-Амуре, 2009

8. Гринкруг М.С., Гордин С.А. Экономическое обоснование выбора мощности и местоположения трансформаторных подстанций распределительной сети 0,4кВ. В сборнике: Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. V Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием. 2008. С. 302-307.

9. Zaychenko I.V., Bazheryanu V.V., Gordin S.A. Improving the energy efficiency of autoclave equipment by optimizing the technology of manufacturing parts from polymer composite materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". 2020. С. 032069.

10. Зайченко И.В., Соколова В.С., Гордин С.А., Бажеряну В.В. Параметрическая идентификация и математическое моделирование системы управления микроклиматом предприятия //Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 3. С. 59-62.

11. Гончарова С.А., Зайченко И.В. Оптимизация трудовой деятельности персонала предприятия находящегося на рабочем месте в положении сидя // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. Сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции. 2019. С. 120-122.

12. Зайченко И.В., Гордин С.А., Егорова Ю.Г. Математическое моделирование и управление процессом повышения эффективности человеко-машинных систем с помощью комплексного критерия оценки эргономичности // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. Т. 1. № 1 (41). С. 45-50.

13. Гордин С.А., Зайченко И.В., Бажеряну В.В., Соколова В.С., Махмуродзода З.Р. Корреляционный анализ связи между температурой наружного воздуха и потребляемой мощностью тягодутьевыми механизмами отопительных котельных / // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 3. С. 110-112.

УДК 51

Атюков Никита Вячеславович, студент; Atyukov Nikita Vyacheslavovich
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой; Grivorieva Anna Leonidovna
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В СИСТЕМЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

DEVELOPMENT OF A NETWORK FOR IMAGE RECOGNITION IN AN AUGMENTED REALITY SYSTEM

Аннотация. В данном работе рассматривается распознание образов объектов с помощью нейронных сетей, определение характеристик и данных об объекте.

Abstract. In this paper, we consider the recognition of object images using neural networks, the definition of characteristics and data about the object.

Ключевые слова: нейронная сеть, объект, выборка данных, классы, группы.
Keywords: neural network, object, data selection, classes, groups.

Цель: распознавание образов объектов и их классификация для построения 3D моделей

Необходимо распознать образ объекта с помощью камеры и получить его 3D модель. Для решения этой задачи оптимальным выбором является использование нейросети. Нейросеть классифицирует объект на основе обучающей выборки, на которой она обучалась. Чтобы выбрать обучающие данные, необходимо знать все классы, к которым объект может принадлежать. Например, объект может быть яблоком, грибом или гусеницей. В данной работе необходимо классифицировать 2D контур объекта, поэтому в обучающей выборке будут картинки с контурами объектов разных классов. Так как для более точной работы нейросети такую выборку лучше делать самостоятельно, при этом выборка должна быть достаточно большой, можно с помощью преобразований делать из одной картинки несколько. Например, изначальная картинка и картинка, повёрнутая на 180

градусов, будут считаться нейросетью двумя разными картинками. После формирования обучающей выборки необходимо разделить их на две группы. На большей группе(train) нейросеть будет обучаться и пытаться определить класс картинок из меньшей группы(test), которые ещё не видела. Так как класс этих картинок известен заранее, можно определить насколько хорошо обучилась нейросеть.

Теперь нужно написать процесс обучения. Для этого будет использоваться батчевый или стохастический градиентный спуск. То есть обучающая выборка будет делиться на меленькие части (батчи), которые будут передаваться в нейронную сеть. Датасет (обучающая выборка) будет перемешиваться на каждой эпохе обучения, после будут выделяться последовательные участки, таким образом, чтобы внутри одной эпохи каждая картинка была показана всего один раз. С помощью функции fowrard весь батч проходит через нейросеть, давая предсказания класса картинок из test датасета. После этого считается loss функция (функция потерь) на выходах нейронной сети и реальных значениях. Она используется для расчета ошибки между реальными и полученными ответами. Функция потерь измеряет качество работы нейронной сети в отношении данной обучающей выборки и ожидаемых ответов. Затем считается backward (производная), то есть у результата выполнения loss функции считается производная. А результат этой производной, то есть градиенты, которые получились, отправляются в оптимайзер, он оборачивает все веса нейронной сети. Далее оптимайзер делает step, то есть шаг градиентного спуска.

После обучения нейросеть готова классифицировать новые данные, их она будет получать с помощью камеры. Нейросеть будет определять класс объекта, а после строить его 3D модель. Так как весь набор классов известен заранее, а обучающая выборка и новые данные являются контурами и поэтому не содержат информации о цвете объекта, лучше сделать 3D модель каждого класса заранее. Тогда нейросеть определяет класс объекта, выбирает нужную 3D модель, а после корректирует её пропорции, на основе пропорций объекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли// Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л.// Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.

2. Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

3. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

4. Математическая модель связи лазерного дальномера с типом лазерного излучателя // Курдюмова Т.И., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 46.
5. Основы теории пластичности.// Качанов Л.М. Под редакцией Добровольского В.Л. М: 1969 г. 420 с.
6. Деформация и механика разрушения конструкционных материалов // Херцберг Р.В. – М.: Металлургия, 1989. – 576 с.
7. Моделирование сравнительных деформационных процессов, при растяжении плоских образцов в условиях различных деформационных состояний. // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю., Хромов А.И., Канашин И.В. В сборнике: XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Сборник трудов. В 4-х томах. 2019. С. 423-425.
8. Деформирование плоского образца при разрывном поле скоростей перемещений в условиях плоского напряженного состояния. // Хромов А.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10. С. 73-77.
9. Одноосное растяжение жесткопластической полосы в условиях плоского напряженного состояния при однородном поле скоростей деформаций // Григорьева А.Л., Хромов А.И.. Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2015. № 4 (26). С. 198-205.

УДК 681.518.5
Базюк Антон Игоревич, студент; Bazyuk Anton Igorevich
Хряпенко Ксения Дмитриевна, студентка; Khryapenko Ksenia Dmitrievna
Чепурных Максим Алексеевич, студент; Chepurnykh Maxim Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ КОТЛОВ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКОЙ ТОПЛИВА

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING FOR AUTOMATION OF OPERATION OF LOW PRODUCTIVITY BOILERS WITH PERIODIC FUEL LOADING

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению применения принципов математического моделирования для упрощения работы с отопительными системами, в частности, с котлами.
Abstract. This work is devoted to the application the principles of mathematical modeling to simplify the work with heating systems with boilers.

Ключевые слова: отопительные системы, виды топлива, котельные, автоматизация, математическое моделирование.
Keywords: heating systems, fuels, boiler houses, automation, mathematical modeling.

Котлы малой производительности с периодической загрузкой топлива в качестве топлива, как правило, используют уголь. При этом топливо в топку котла подается либо вручную, либо спомощью шурующей планки.

Процесс сгорания твердого топлива после загрузки его в топку является более сложным, чем сгорание жидкого и газообразного видов топлива [1, 2]. Частота подачи твердого топлива в топку регулируется по личному усмотрению оператора котельной установки, а объем подаваемого топлива зависит от способа подачи: для шурующей планки это фиксированный объем, при ручной подаче по решению оператора (кочегара). Как показывает опыт, большинство операторов котельной не обладают специальными знаниями для определения оптимального периода и объема подаваемого топлива, обеспечивающего максимальный кпд котла.

Результаты фактических измерений параметров работы угольных котлов котельных, расположенныхв Комсомольском районе, подтверждает, что параметры работы котлов не являются оптимальными. Например, коэффициент избытка воздуха (альфа) на этапе забрасывания топлива может достигать 8, что в 8 раз больше минимально необходимого количества воздуха для полного сгорания. В процессесгорания топлива значение альфа снижается до 4, а затем постепенно снова повышается до 8.

Применение математического моделирования позволяет создать инструмент управления котельной, обеспечивающий повышение кпд работы котла за счет решения задачи оптимизации подачи топлива [3, 4].

Математическая модель позволяет учитывать неравномерность горения топлива при реализации системы автоматического регулирования работы котла. При этом для снижения сложности модели, можно допустить при порционном поступлении топлива в котел, что вырабатываемая котлом тепло соответствует требуемому объему в среднем за период заброса новой порции топлива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гордин С.А., Зайченко И.В. Об интеллектуальной адаптации пидрегулирования в системах управления котлов малой мощности. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 3. С. 95-99.

2. Гордин С.А., Гринкруг М.С., Зайченко И.В. К вопросу повышения эффективности систем управления дутьём твёрдотопливных котлов. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. № 5 (45). С. 25-30.

3. Махмуродзода З.Р., Гордин С.А. Регулирование дутья угольных котлов с целью повышение их экономичности. // В сборнике: Молодежь и

наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях. Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. 2020. С. 316-319.

4. Гордин С.А., Зайченко И.В., Соколова В.С., Махмуродзода З.Р. Управление техническим измерением состава дымовых газов // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020613129, 10.03.2020. Заявка № 2020611845 от 20.02.2020.

УДК: 539.377

Барботько Максим Андреевич, аспирант; Barbotko Maksim Andreevich
Любимова Ольга Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент; Lyubimova Olga Nikolayevna
Дальневосточный федеральный университет

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ТЕРМОВЯЗКОУПРУГОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ СТЕКЛЯННОГО СЛОЯ В СОСТАВЕ СТЕКЛОМЕТАЛЛОКОМПОЗИТА ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ОБРАБОТКАХ

ANALYTICAL SOLUTION OF THE PROBLEM OF THERMOVISCOELASTIC DEFORMATION OF A GLASS LAYER IN A GLASS-METAL COMPOSITE AT DIFFERENT TEMPERATURE TREATMENTS

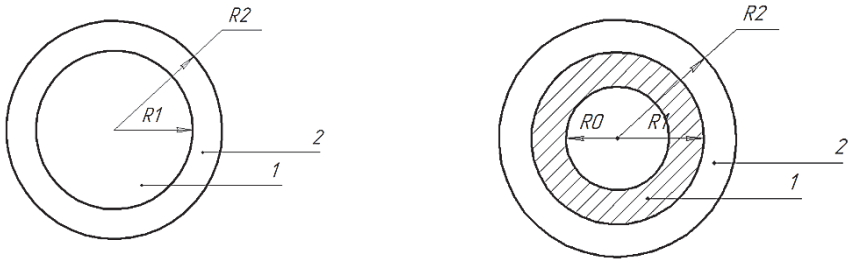
Аннотация. Исследуется напряженно-деформированное состояние слоистого материала при изготовлении его методом футерования и центробежного литья. Рассматривается цилиндрический стеклометаллокомпозит, внутренний стеклянный слой которого деформируется вязкоупруго, внешний (металлический) моделируется в упругом приближении. Приведены аналитические решения, полученные при приближениях, связанных с гипотезой о плоском деформированном состоянии, осевой симметрии и простым экспоненциальным ядром релаксации.

Abstract. The stress-strain state of a laminated material is investigated during its manufacture by the method of lining and centrifugal casting. A cylindrical glass-metal composite is considered, the inner glass layer of which is deformed viscoelastically, the outer (metallic) one is modeled in the elastic approximation. Analytical solutions are presented, obtained in approximations associated with the hypothesis of a plane deformed state, axial symmetry, and a simple exponential relaxation kernel.

Ключевые слова: термические напряжения, слоистые материалы, вязкоупругость.

Keywords: thermal stresses, layered materials, viscoelasticity.

В работе рассматривается и решается аналитически, задача о термовязкоупругих напряжениях в цилиндрических сопряженных системах, поперечный разрез которых схематически приведен на рис.1.



1- вязкоупругий материал; 2- упругий материал
Рисунок 1 – Геометрия расчетных областей

Постановка задачи выполнена в предположениях равномерного распределения температуры, плоского деформированного состояния и осевой симметрии при разных технологиях их соединения: пайка под давлением, футерование и центрифугирование.

Уравнения состояния для вязкоупругого слоя записываются с учетом всех приняты предположений в рамках линейной теории термовязкоупругости через соотношения Больцманно-Вольтеры, а для упругого слоя через соотношения Дюамеля–Неймана. Уравнения равновесия для технологий пайки и футерования с учетом уравнений состояния примут вид

$$\left(\frac{4}{3}G_1 + K_1\right)\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2}\right) - \frac{2}{3}G_1\int_0^t M\left(t-t',\eta(t')\right)\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2}\right)dt' = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2} = 0. \quad (2)$$

Поскольку ядро релаксации не зависит от радиуса, решение уравнений (1)-(2) имеет вид

$$u(r,t) = \begin{cases} C_{11}(t)r, & 0 \le r \le R_1, \\ C_{21}(t)r + \frac{C_{22}(t)}{r}, & R_1 \le r \le R_2, \end{cases} \quad (3)$$

или

$$u(r,t) = \begin{cases} C_{11}(t)r + \frac{C_{12}(t)}{r}, & R_0 \le r \le R_1, \\ C_{21}(t)r + \frac{C_{22}(t)}{r}, & R_1 \le r \le R_2, \end{cases} \quad (4)$$

в зависимости от геометрии.

Краевые условия на внешней поверхности и на поверхности сопряжения разных слоев при условии идеального контакта для задачи (1)-(3) имеют вид

$$u(R_1-,t) = u(R_1+,t),\ \sigma_r(R_1-,t) = \sigma_r(R_1+,t),\ \sigma_r(R_2,t) = 0, \quad (5)$$

$$\int_0^{R_1}\sigma_z(r,t)\,rdr + \int_{R_1}^{R_2}\sigma_z(r,t)\,rdr = 0.$$

В начальный момент времени напряжения, перемещения и деформации отсутствуют. Параметризация $\hat{C}_{11}(t) = C_{11}(t) - \varepsilon_z(t)$, приводит систему (5) к системе линейных интегро-алгебраических уравнений, которые могут быть сведены к линейному интегральному уравнению Вольтерры 2-

го рода относительно $\hat{C}_{11}(t)$, решение которого методом Пикара имеет вид

$$\hat{C}_{11}(t) = g(t) + \gamma \int_0^t e^{(t-\acute{t})(\gamma - \frac{K_\sigma}{\eta_r})} g(\acute{t})\, d\acute{t}.$$

Для технологий футерования граничные условия (5) дополняются условием наличия давления на внутренней поверхности цилиндра

$$\sigma_r(R_0, t) = -P. \tag{6}$$

Если принять, что ядро релаксации имеет вид простой экспоненты $M(t-\acute{t}) = e^{-\frac{(t-\acute{t})K_\sigma}{\eta_r}}$, а неизвестные $C_{11}(t)$, $C_{12}(t)$, $C_{21}(t)$, $C_{22}(t)$ и $\varepsilon_z(t)$ удовлетворяют всем условиям функций оригиналов и имеют соответствующие изображения $\bar{C}_{11}(t)$, $\bar{C}_{12}(t)$, $\bar{C}_{21}(t)$, $\bar{C}_{22}(t)$ и $\bar{\varepsilon}_z(t)$, тогда используя теорему о свертке и изображение для ядра релаксации системы, система (5) с (6) интегро-алгебраических уравнений сводится к системе линейных алгебраических уравнений, относительно изображений неизвестных.

Для метода центрифугирования с учетом массовой силы в результате центробежного вращения уравнения равновесия (1) и (2) перепишутся в виде

$$\left(\frac{4}{3}G_1 + K_1\right)\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2}\right) - \\ -\frac{2}{3}G_1 \int_0^t M(t-t')\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2}\right)dt' + \frac{\rho\omega^2 r}{g} = 0, \quad R_0 < r < R_1, \tag{7}$$

$$\left(\frac{4}{3}G + K\right)\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{1}{r^2}u\right) + \frac{\rho\omega^2 r}{g} = 0, \quad R_1 < r < R_2, \tag{8}$$

Первое уравнение - неоднородное уравнение Вольтерры 2-го рода, для линейного оператора

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2} = V(r,t),$$

решая его методом Пикара, для $M(t-\acute{t}) = e^{-\frac{(t-\acute{t})K_\sigma}{\eta_r}}$,

$V(r,t) = f(t) + \lambda \int_0^t e^{(t-t')\left(\lambda - \frac{K_\sigma}{\eta_\sigma}\right)} f(t')dt'$, $\lambda = \frac{2G}{4G+3K}$ и $f = -\frac{\rho\omega^2 r}{g\left(\frac{4}{3}G+K\right)}$,

если $\omega(t) = const$, тогда решение (7) и (8) имеет вид:

$$u = \begin{cases} C_{11}(t)r + \dfrac{C_{12}(t)}{r} + \dfrac{\rho\omega^2 r^3}{8g\left(\frac{4}{3}G_1 + K_1\right)\left(\lambda - \frac{K_\sigma}{\eta_\sigma}\right)}\left(\dfrac{K_\sigma}{\eta_\sigma} - \lambda e^{t\left(\lambda - \frac{K_\sigma}{\eta_\sigma}\right)}\right), & R_0 < r < R_1, \\ C_{21}(t)r + \dfrac{C_{22}(t)}{r} - \dfrac{\rho\omega^2 r^3}{8g\left(\frac{4}{3}G_2 + K_2\right)}, & R_1 < r < R_2. \end{cases}$$

Рассмотренные аналитические решений к описанию технологических напряжений могут рассматриваться как одно из приближений к описанию механической релаксации на широком температурном интервале.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Любимова О.Н., Барботько М.А. Метод расчета эволюции напряжений в стеклометаллокомпозите с учетом структурных и механических релаксационных процессов//Вычислительная механика сплошных сред. – 2019, Т.12, № 2. – С. 215-229

2. Буренин А.А., Любимова О.Н., Солоненко Э.П. Релаксация напряжений в цилиндрических спаях стекла с металлом с учетом качества зоны соединения//ПМТФ. – 2018, Т. 59, № 6. – С. 155-164

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90200.

УДК 621.37

Бойсунов Ботир Пулат угли, студент второго курса; Boysunov Botir Pulat ogli
Короткова Лариса Александровна, старший преподаватель;
Korotkova Larisa Aleksandrovna
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова; Tashkent state technical university named after Islam Karimov

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (РТС)

FEATURES OF MATHEMATICAL MODELLING OF COMPLEX OF RADIO ENGINEERING SYSTEMS (RES)

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы построения математических и компьютерных моделей сложных радиотехнических систем, которые позволяют нам оценить качество их функционирования на этапе проектирования, до проведения натурных испытаний. Также выделены особенности современных радиотехнических систем, усложняющие задачи их исследования и проектирования методом математического моделирования. К таким особенностям относятся: программная и аппаратная сложность РТС, стохастический характер протекающих в РТС процессов, высокая скорость изменения радиосигналов с относительно низкой скоростью информационного потока. Приведенные способы позволяют облегчить процесс построения математических моделей сложных систем, радиолокационных сигналов и помех. Показана общая последовательность действий для создания математической модели радиотехнической системы и проведения на ней исследований с помощью ПЭВМ.

Ключевые слова: радиотехническая система, математическое моделирование, исследование на модели.
Keywords: radio systems, mathematic modeling, research on the model.

Моделирование − метод исследования объекта или же явления с помощью модели, обеспечивающей похожее к оригиналу поведение в рамках некоторых допущений и приемлемых погрешностей. В общем виде моделирование представляет процесс разработки модели реального объекта или явления и изучение его свойств путём исследования модели. Разумеется, моделирование оправдано в том случае, когда оно проще создания самого оригинала или когда последний по каким-то причинам лучше вообще не создавать. Под моделью понимается физический или абстрактный объект, свойства которого в определенном смысле сходны со свойствами исследуемого объекта. При этом требования к модели определяются решаемой задачей и имеющимися средствами.

Математические модели представляют собой формальное описание объекта или явления при помощи различных операторных соотношений, алгоритмов, алгебраических, интегральных, дифференциальных или других уравнений, которые могут быть представлены как в незамкнутой, так и в замкнутой форме.

Особенности современных радиотехнических систем, усложняющие задачи их исследования и проектирования методом атематического моделирования [1, 2]: – программная и аппаратная сложность. Радиотехнические системы - это многообразные системы с огромным количеством элементов и сложными функциональными связями между ними. Стоит отметить, что РТС могут работать в составе или под управлением еще более сложных комплексов, что необходимо учитывать при разработке модели; – стохастический характер процессов, протекающих в РТС. Данные системы постоянно находятся под воздействием случайных факторов (различных шумов, помех), сбоев аппаратуры, изменений параметров во времени и т.п.

Это означает, что в данном случае РТС можно изучить лишь посредством многократно повторяемых исследований, позволяющих получить достаточный ансамбль исследуемых характеристик и критериев качества системы. Надо принять во внимание, что при этом увеличивается время проведения исследований; РТС – быстродействующие системы реального времени, в которых сочетается высокая скорость изменения радиосигналов и относительно низкая скорость информационных потоков. Вышеперечисленные обстоятельства приводят к тому, что моделирование сложных систем на ПЭВМ оказывается практически невыполнимым без применения специальных методов упрощения их математического описания [5]. Теперь рассмотрим эти методы подробнее.

1. Декомпозиция процесса разработки модели РТС заключается в разделении сложной РТС на ряд подсистем, которые выполняют определенные функции, в свою очередь они делятся на еще более мелкие элементы. Пример декомпозиции РТС приведен на рисунке 1.

2. Полученная таким образом модель, имитирует функции отдельного звена, может быть сравнительно не сложной. При этом нужно учитывать связи каждого такого звена системы с другими элементами РТС, внешней средой и системами, взаимодействующими с данной РТС. Про-

стейшей частью РТС является элементная база, но математические модели этого уровня при моделировании системы на ПЭВМ оказываются слишком детальными и сложными.

3. Специализация математической модели заключается в том, что строится не одна не очень сложная модель РТС, которая учитывает все свойства оригинала, а несколько простых моделей, позволяют оценить эффективность проектируемой РТС по данному показателю качества.

4. Стандартизация моделирующих программ. Некоторые компоненты моделируемых подсистем, относящихся ко второму уровню иерархической структуры РТС (см. рис. 1), хорошо изучены и могут быть представлены в виде стандартных (элементарных) моделей, при комбинировании которых получаются модели подсистем третьего иерархического уровня [2].

5. Ограничение диапазона изменения параметров и некоторые допущения, в рамках которых становится возможным линеаризировать сложное математическое описание нелинейной подсистемы или исключить из рассмотрения (когда это целесообразно) малые воздействия [1].

Использование предложенных методов позволяет облегчить процесс создания математических и компьютерных моделей сложных РТС.

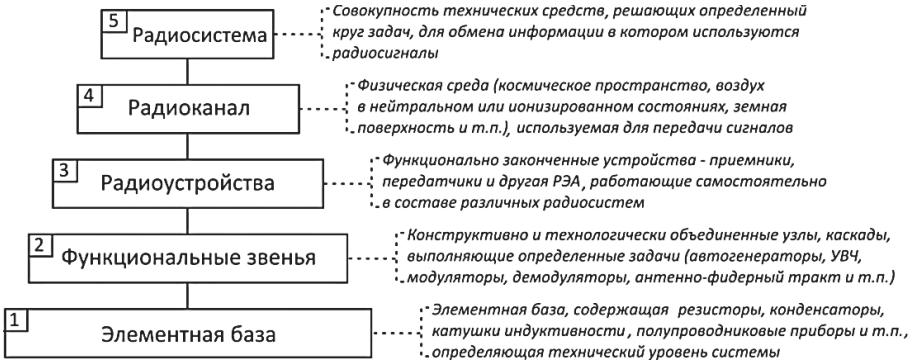


Рисунок 1– Пример декомпозиции РТС для построения модели

Математические модели радиотехнических помех удобно типизировать, используя следующую классификацию: – по способу возникновения помехи делят на внешние (атмосферные, космические, индустриальные и т. п.) и внутренние, обусловленные процессами, происходящими при работе самой РТС; – по воздействию на полезный сигнал s(t) помехи r(t) делят:

- на аддитивные: $z(t) = s(t) + r(t)$ – когда мощности сигнала и помех складываются. К ним относят: космические, индустриальные шумы, отражение от объектов, не подлежащих наблюдению, специальные радиоизлучения (активные помехи);
- мультипликативные: $z(t) = s(t) \cdot k(t)$ – обусловлены случайными изменениями параметров аппаратуры радиоканала;
- в реальных каналах передачи информации обычно имеет место сочетание аддитивных и мультипликативных помех: $z(t) = s(t) \cdot k(t) + r(t)$;

– по изменению параметров распределений в течение приема (если изменения имеют место, то помеха нестационарная, если нет, то стационарная) [7];

– по плотности распределения вероятностей помехи (гауссовы, негауссовы);

– по отношению ширины спектра помехи к ширине спектра сигнала (узкополосные, широкополосные) [7].

Математические модели шумов и помех должны, с одной стороны, достаточно точно описывать реальные помехи и шумы, с другой стороны, не быть слишком сложными, чтобы не затруднять синтез и анализ работы моделируемой РТС.

С учетом описанных особенностей сложных радиотехнических систем и рекомендаций по построению их математических моделей составим общую последовательность действий (методику) для построения модели РТС и проведения на ней исследования с помощью ПЭВМ.

1. Постановка задачи моделирования. Как видно на первом этапе необходимо четко сформулировать задачи моделирования, которые должны включать в себя:

– совокупность новых сведений о радиотехнической системе (объекте моделирования), которые необходимо получить в результате моделирования;

– определение границ моделирования;

– совокупность ограничений и допущений, при которых будет проводиться моделирование.

Это один из наиболее трудных и нестандартных этапов моделирования.

2. На втором этапе осуществляется сбор и оценка априорной информации об объекте моделирования. Объем этой информации должен быть достаточным для построения состоятельной математической модели.

3. На третьем этапе необходимо сформировать математическую модель объекта исследования. Построение математической модели сложной РТС является нетривиальной задачей, для решения которой необходимо использовать специальные методы упрощения.

4. На следующем этапе полученную математическую модель необходимо реализовать на ПЭВМ, провести отладку.

Далее необходимо оценить, соответствует ли разработанная модель оригиналу. Оценка адекватности модели оригиналу позволяет довести до приемлемого уровня степень уверенности, с которой можно судить по результатам моделирования, насколько корректны выводы о функционировании реального объекта. Если оценка адекватности модели неудовлетворительна, то необходимо ее уточнить, собрав дополнительную априорную информацию или пересмотреть этапы формирования и реализации модели на ПЭВМ.

Пятый этап – планирование исследований. Позволяет организовать моделирование таким образом, чтобы за минимальное время получить всю необходимую информацию об объекте исходя из поставленных задач моделирования.

5. На следующем этапе необходимо задать начальные параметры и условия проведения исследований.

6. Выполнить исследования на модели, заключающиеся в проведении серии экспериментов согласно запланированным исследованиям.

7. Последний этап – обработка и интерпретация результатов. Как было отмечено, одной из особенностей радиотехнических систем является постоянное воздействие на них случайных факторов. Поэтому результаты моделирования будут также носить случайный характер. Следовательно, для обработки таких результатов необходимо использовать статистические методы оценки. Учитывая, что время эксперимента и объем полученных данных ограничены, необходимо так обрабатывать результаты, чтобы получаемые оценки наилучшим образом давали представление о свойствах и параметрах моделируемых объектов.

Интерпретация результатов моделирования заключается в построении выводов о функционировании системы. Если полученных данных недостаточно для решения поставленной задачи моделирования, то появляется необходимость провести еще исследования или же выполнить ревизию предыдущих этапов моделирования. Если полученных данных достаточно, то необходимо завершить процесс исследование. Проведение исследований радиотехнических систем методом математического моделирования обусловливает необходимость создания моделей сигналов, которые формируются и обрабатываются РТС. Основным инструментом математического моделирования в настоящее время являются цифровые вычислительные машины (ЦВМ), для которых характерно дискретное изменение времени и цифровое представление значений. Очевидно, что на ЦВМ точные модели могут быть реализованы только для дискретных цифровых сигналов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Борисов, Ю.П. Математическое моделирование радиотехнических систем и устройств / Ю.П. Борисов, В.В. Цветнов. – М.: Радио и связь, 1985. – 176 с.

2. Монаков, А.А. Основы математического моделирования радиотехнических систем: учеб. пособие / А.А. Монаков. – СПб.: ГУАП СПб, 2005. – 100 с.

3. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учеб. для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

4. Нефедов, В.И. Основы радиоэлектроники и связи: учеб. пособие / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высш. шк., 2009 – 735 с.

5. Smith, Jon M. Mathematical Modeling and Digital Simulation for Engineers and Scientists / Jon M. Smith. – 2nd ed. – New York; Chichester: Wiley, 1987. – 430p.

6. Карманов, А.Ю. Математические модели радиосигналов и помех в задачах обеспечения приема радиосигналов во время излучения электромагнитных колебаний / А.Ю. Карманов // Цифровые радиоэлектронные системы. – Вып. 6. – 2006.

7. Голубков, А.П. Проектирование радиолокационных приемных устройств / А.П. Голубков, А.Д. Далматов, А.П. Лукошкин; под ред. М.А. Соколова. – М.: Высш. шк., 1984. – 335 с.

УДК 614.842.6
В. Я. Вилисов; V. Ya. Vilisov
ООО «Энергия ИТ», Королёв, Россия; LLC "Energy IT", Korolev, Russia

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА

MODELING THE STAGES OF FIRE DEVELOPMENT

Аннотация. Рассмотрена возможность применения технологии машинного обучения марковской цепи, отражающей переход процесса развития и тушения пожара из одной стадии в другую. По статистическим данным о продолжительности фаз развития пожаров оцениваются параметры матрицы вероятностей перехода марковской цепи, которая служит основой для прогнозирования продолжительностей как отдельных стадий, так и пожара в целом.
Abstract. The possibility of using the machine learning technology of the Markov chain, reflecting the transition of the development process and extinguishing a fire from one stage to another, is considered. Statistical data on the duration of the phases of fire development are used to estimate the parameters of the probability matrix for the transition of the Markov chain, which serves as the basis for predicting the duration of both individual stages and the fire as a whole.
Ключевые слова: марковская цепь, выборка наблюдений, оценивание, вероятности перехода, прогнозирование.
Keywords: Markov chain, sample of observations, estimation, transition probabilities, forecasting.

Ликвидации пожара является процессом, развивающимся в условиях воздействия многочисленных случайных факторов. При этом, как правило, последующие состояния в той или иной степени зависят от предыдущих состояний.

В соответствии с нормативными документами существует совокупность ключевых событий и показателей, определяющих динамику развития и тушения пожара. События разграничивают несколько стадий, из которых в работе рассмотрены следующие три укрупненные:

- *свободное горение*, его продолжительность – интервал времени с момента обнаружения пожара до момента подачи первого ствола;

- *тушение*, его продолжительность – интервал времени с момента подачи первого ствола до момента ликвидации открытого горения;

- *ликвидация последствий пожара*, ее продолжительность – интервал времени с момента ликвидации открытого горения до момента ликвидации последствий пожара.

Каждой из трех укрупненных фаз пожара *поставлено в соответствие одно из трех состояний марковской цепи (МЦ)*. Для полноты добавлено и четвертое состояние – «Нет пожара». Предполагается, что процесс наблюдается в дискретные моменты времени (например, через 1, 2, … минут). При этом в каждый очередной момент времени процесс (цепь) может находиться в прежнем состоянии или перейти в другое. В качестве исходных статистических данных рассматриваются временные показатели реагирования в городах субъектов РФ, представленные в сборниках [1].

Состояния МЦ ($s_i,\ i = \overline{1,m}$) могут изменяться в дискретные моменты временем ($t = 1, 2, \dots, N$) в соответствии с вероятностями перехода ($p_{ij}, i, j = \overline{1,m}$) из предыдущего ($i$) в последующее ($j$). МЦ задана, если известны: матрица вероятностей перехода (переходная матрица) процесса за один шаг ($P = \|p_{ij}\|_{mm}$, i - строки, j - столбцы) и вектор вероятностей начальных состояний $\bar{p}(0) = \|p_i\|_m$ [2]. Классическая ***прямая задача*** анализа МЦ состоит в вычислении вектора предельных вероятностей $\bar{p}(N)$ при $N \to \infty$:

$$\bar{p}(N) = (P^N)^T \bar{p}(0), \qquad (1)$$

Для конечного числа N шагов МЦ может быть вычислен прогноз того, в каком из состояний (с заданной доверительной вероятностью) пребывает моделируемый процесс на шаге N. Это - прогностическое применение МЦ.

Однако, для такого применения должна быть известна матрица P, которая априори достоверно неизвестна и вектор начальных состояний. Но если исследуемый процесс повторяется много раз и на каждом шаге имеется возможность измерить частоту (вероятность) пребывания системы в каждом из состояний, то *можно решить **обратную задачу**, обучив марковскую модель по наблюдениям за измеренными частотами состояний*.

В соответствии с технологией рекуррентного оценивания [2] построены выражения для пошагового оценивания элементов матрицы P, представленной в виде вектора ее столбцов, а также матрицы Q_k (дисперсионной матрицы вектора оценок).

Для данных о пожарах в 2016 году [1] были получены оценки элементов матрицы перехода P:

$$P = \begin{bmatrix} 0{,}885 & 0{,}115 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}921 & 0{,}079 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}959 & 0041 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \qquad (2)$$

Для шага марковской цепи в 1 минуту и вектора вероятностей начальных состояний $\bar{p}(0) = [0 \quad 1 \quad 0 \quad 0]^T$ были построены траектории изменения вероятностей состояний (стадий) пожара, приведенные на рис. 1.

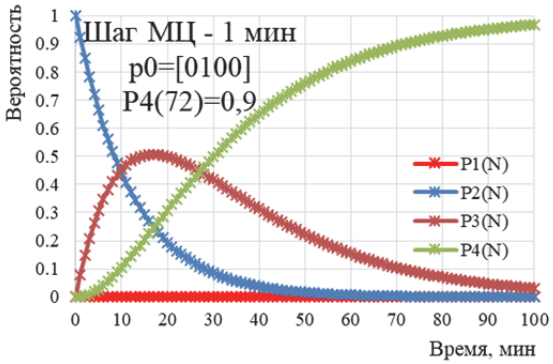


Рисунок 1 - Вероятности состояний (стадий) пожара

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 г. // Статистический сборник. - М: ФГУ ВНИИПО. - 2017. - 124 с.

2. Майн, Х. Марковские процессы принятия решений / Х. Майн, С. Осаки. - М.: Наука. - 1977. - 176 с.

УДК 001.891.573

Гаер Константин Павлович, студент; Gaer Konstantin Pavlovich
Козлова Ольга Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент; Kozlova Olga Viktorovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА

APPLICATION OF MULTI-FACTOR CORRELATION ANALYSIS TO FORECAST GAS CONSUMPTION

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию повышения точности прогнозирования потребления природного газа за счет применения метода многофакторного корреляционного анализа.

Abstract. This work is devoted to the study of improving the accuracy of forecasting natural gas consumption through the use by the method of multivariate correlation analysis.

Ключевые слова: поставка газа, газотранспортная система, планирование потребления газа, корреляционный анализ, многофакторный анализ, баланс газа.

Keywords: gas supply, gas transmission system, gas consumption planning, correlation analysis, multivariate analysis, gas balance.

Обеспечение стабильной работы газотранспортной системы (далее – ГТС) обеспечивается путем достижения баланса между поставкой и потреблением газа ($V_{отгр} = V_{потр}$). Отклонения от указанного баланса приводят

к изменению давления ($Р_{раб}$) в ГТС, что является штатной ситуацией пока рабочее давление находится в допустимом диапазоне. $Р_{мин} < Р_{раб} < Р_{макс}$.

В связи с тем, что минимальное давление будет в точке максимального отбора, то есть на противоположном месту добычи конце ГТС, а газ движется по магистральному газопроводу с определенной скоростью оперативно поднять давление до рабочего уровня невозможно. Снижение давления в ГТС ниже минимального значения, в результате повышенного отбора газа, может привести к аварийным ситуациям, в том числе и полном прекращении подачи газа в населенный пункт, поэтому прогнозирование потребления газа является критически важной задачей для региональных газоснабжающих и газораспределительных компании.

Традиционная схема прогнозирования объемов потребления сводится к расчету среднесуточного объема каждого потребителя исходя из договорных объемов.

$$V_{сут} = \sum_{i=1}^{n} \frac{V_{i\,дог}}{К_{дней}} \quad (1)$$

где: $V_{i\,дог}$ – договорной месячный объем i-ого потребителя.

$К_{дней}$ – количество дней в анализируемом месяце.

Ошибка прогнозирования, которая неизбежно возникает при данном методе нивелируется за счет аккумулирующей способности ГТС, обеспечивающей высвобождение газа при снижении давления от $Р_{макс}$ до $Р_{мин}$.

Для повышения точности прогнозирования потребления предлагается применение математической модели многофакторного корреляционного анализа:

$$V_{сут} = \sum_{i=1}^{n} a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + \cdots + a_n * x_n \quad (2)$$

где: $a_0 \ldots a_n$ – факторы, влияющие на расход

$x_1 \ldots x_n$ – коэффициенты зависимости от фактора

n – количество потребителей

Применение данного метода позволяет на основе имеющихся исторических данных по потребителю выявить зависимость его потребления газа от определенных факторов и построить функцию потребления или отклонения от среднесуточных объемов, которая будет характерна для всех потребителей отдельной категории.

Возможные факторы, влияющие на объем потребления газа V:

- уличная температура (X_1)
- день недели в значении от 1 до 7 (X_2)
- месяц (X_3)

При необходимости количество анализируемых факторов может быть увеличено и определено объемом и полнотой анализируемой базы данных.

Ожидаемое потребление будет соответствовать уравнению вида:

$$V = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + b_3 * X_3 \quad (3)$$

Указанный метод применен для определения расчетного потребления действующего теплоснабжающего предприятия города Хабаровска.

Газоснабжающая организация, при оперативном планировании поставки газа указанному предприятию исходит из среднесуточного ожидаемого объема потребления, определенного по формуле 1.

Рассчитав коэффициенты b_n методом наименьших квадратов получим следующую функцию зависимости потребления газа выбранного потребителя:

$$V = 8{,}1971 - 0{,}5925 * X_1 + 0{,}01243 * X_2 + 0 * X_3 \quad (4)$$

Анализ значений коэффициентов указывает высокую зависимость потребления газа от температуры окружающей среды, низкую зависимость от дня недели и отсутствие зависимости от месяц. Применив формулу (4) рассчитаем ожидаемое потребление (столбец «Расчетное потребление» рисунка 1).

Применение модели расчета объема позволило существенно сократить ошибку прогнозирования. Если при применении стандартного метода отклонение прогнозного потребления от фактического находилось в диапазоне от 80% до 115%, то расчет потребления по (4) позволил существенно повысить точность прогнозирования потребления, до диапазона от 95% до 107% (рисунок 2).

Расчет трехфакторной кореляционной модели прогнозирования потребления газа

Потребитель теплоснабжающее предприятие

Дата	Среднесуточное потребление в соответствии с договорными объемами (в тыс. м.)	Фактическое потребление (в тыс. м.)	Температура окружающей среды	Дни недели	Месяц	**Расчетное потребление (в тыс. м.)**	Отклонение среднесуточного потребления от фактического (%)	Отклонение расчетного потребления от фактического
01.01.2021	20	23	-25	5	1	**23,072**	115%	100%
02.01.2021	20	21	-23	6	1	**21,899**	105%	96%
03.01.2021	20	21	-21	7	1	**20,727**	105%	101%
04.01.2021	20	22	-23	1	1	**21,837**	110%	101%
05.01.2021	20	24	-24	2	1	**22,442**	120%	107%
06.01.2021	20	22	-23	3	1	**21,862**	110%	101%
07.01.2021	20	22	-25	4	1	**23,059**	110%	95%
08.01.2021	20	23	-24	5	1	**22,479**	115%	102%
09.01.2021	20	23	-24	6	1	**22,492**	115%	102%
10.01.2021	20	24	-24	7	1	**22,504**	120%	107%
11.01.2021	20	22	-22	1	1	**21,244**	110%	104%
12.01.2021	20	19	-16	2	1	**17,702**	95%	107%
13.01.2021	20	19	-18	3	1	**18,899**	95%	101%
14.01.2021	20	18	-16	4	1	**17,727**	90%	102%
15.01.2021	20	18	-19	5	1	**19,517**	90%	92%
16.01.2021	20	19	-20	6	1	**20,122**	95%	94%
17.01.2021	20	20	-21	7	1	**20,727**	100%	96%
18.01.2021	20	21	-22	1	1	**21,244**	105%	99%
19.01.2021	20	21	-22	2	1	**21,257**	105%	99%
20.01.2021	20	20	-19	3	1	**19,492**	100%	103%
21.01.2021	20	18	-16	4	1	**17,727**	90%	102%
22.01.2021	20	20	-20	5	1	**20,109**	100%	99%
23.01.2021	20	18	-18	6	1	**18,937**	90%	95%
24.01.2021	20	16	-12	7	1	**15,394**	80%	104%
25.01.2021	20	17	-18	1	1	**18,874**	85%	90%
26.01.2021	20	18	-18	2	1	**18,887**	90%	95%
27.01.2021	20	19	-19	3	1	**19,492**	95%	97%
28.01.2021	20	21	-21	4	1	**20,689**	105%	102%
29.01.2021	20	21	-20	5	1	**20,109**	105%	104%
30.01.2021	20	19	-16	6	1	**17,752**	95%	107%
31.01.2021	20	20	-21	7	1	**20,727**	100%	96%
	620	**629**				**629**		

Рисунок 1 – Фрагмент расчета трехфакторной модели

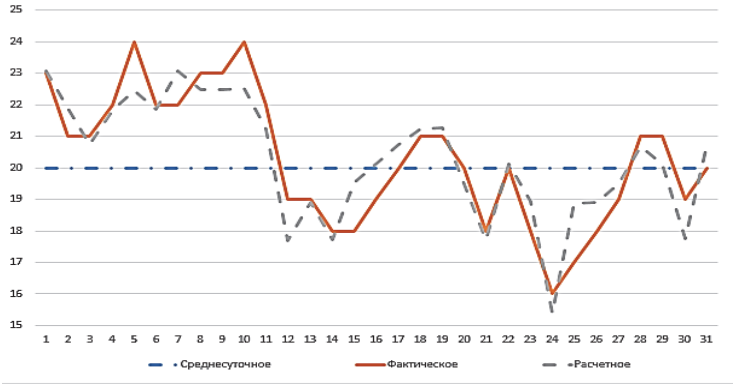


Рисунок 2 – Сравнение методик прогнозирования потребления газа

Использование многофакторной корреляционной модели в работе газоснабжающих и газораспределительных организаций для прогнозирования объема потребления позволяет существенно повысить точность прогнозирования потребления газа и обеспечить безопасную работу газотранспортной системы региона.

Описанный в статье метод обладает следующими качествами:

1. Может применяться как для оперативного управления газотранспортной системой региона, так и для долгосрочного прогноза потребления газа.

2. Незначительно доработав метод и рассчитав функцию (3) для категории потребителей, обладающих сходным признаками (теплоснабжающие предприятия, сельскохозяйственные предприятия, энергетика, нефтехимия, население и т.д.) можно прогнозировать потребление газа потребителей, по которым отсутствует история.

3. Модель хорошо поддается алгоритмизации и программной реализации в информационных системах предприятия. Ввод в функция (3) дополнительных факторов позволяет повышать точность прогноза потребления существующих потребителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel : учебное пособие. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ», 2005. – 102 с.

2. Р.А. Нейдорф, Н.С. Соловей Теория автоматического управления в технологических системах, Учебное пособие. – Ухта: Институт управления, информации и бизнеса, 2005. –212 с.

3. С.Джил, Дж.Деферрари. Обобщенная Модель Предсказания Потребления Природного газа.
http://masters.donntu.org/2007/kita/filatova/library/t3.htm#begin

4. Using the Capabilities of Neural Networks to Adapt the Parameters of PID Regulation in Automatic Control Systems of Low-Power Boilers. Gordin, S.A., Kozlova, O.V., Zaychenko, I.V., 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, 2020, 9271418

УДК 004.9
Журавлёв Дмитрий Олегович, аспирант, Zhuravlev Dmitry Olegovich
Бердоносов Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент,
Berdonosov Viktor Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

О ПРОГРАММЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ МЕЖДУ НИМИ

ABOUT THE PROGRAM FOR SIMULATING THE MOTION OF SEVERAL UNMANNED AIRCRAFT AND PREVENTING COLLISIONS BETWEEN THEM

Аннотация. В статье приводится описание компьютерной программы для моделирования движения беспилотных летательных аппаратов, их взаимодействия между собой и применения способа предотвращения столкновений, основанного на скоростном подходе. В новой программе основное внимание уделяется имитации расчётов манёвров уклонений на разных аппаратах в ходе моделирования одной ситуации с вероятностью столкновения.
Abstract. The article presents a description of a computer program for simulating the movement of unmanned aerial vehicles, their interaction modes with each other and a collision avoidance method based on a high-speed approach. The new program focuses on simulating the calculations of avoidance maneuvers on different vehicles during the simulation of one situation with the probability of collision.
Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, БПЛА, предотвращение столкновений, компьютерное моделирование.
Keywords: unmanned aerial vehicles, UAVs, collision avoidance, computer simulation.

В ходе разработок способов и систем для предотвращения столкновений между беспилотными летательными аппаратами (далее также БПЛА) не целесообразно проводить испытания на реальных аппаратах, из-за возможности их повреждений. В таких случаях предварительные тестирования и отладки проводят в специализированных компьютерных программах-симуляторах и программах для моделирования. В исследовательских работах [1, 2] проводятся тестовые проверки методов в компьютерных программах [3, 4], разработанных специально для этого.

В разработанных ранее программах происходило моделирование движения нескольких БПЛА (для каждого задавались определённые параметры движения) и для одного аппарата выполнялись расчёты параметров уклонения от столкновения (когда он его определял). Следующим этапом исследования стало увеличение количества аппаратов, на которых «уста-

новлена система предотвращения столкновения» и проводятся аналогичные расчёты по определению и предотвращению столкновения. При математических расчётах таких ситуаций были выявлены случаи, в которых метод давал недостаточную эффективность уклонения [5]. Вследствие чего, было внесено изменение в алгоритм расчёта скоростного уклонения.

Для проверки исправлений в алгоритме, а также для наглядности моделирования движения нескольких БПЛА (каждый из которых самостоятельно определяет вероятность столкновения и рассчитывает параметры уклонения, если оно необходимо), разрабатывается программа моделирования с использованием технологии клиент-сервер (рисунок 1). Каждая программа-клиент выступает в роли отдельного БПЛА (либо группой БПЛА), на котором установлена система глобального позиционирования и система обмена аэронавигационными сообщениями с другими аппаратами. В исследовании используется ориентация на такие системы позиционирования, как GPS или ГЛОНАСС, и на систему автоматического зависимого наблюдения-вещания (АЗН-В) [6, 7]. Программа-сервер выступает в роли среды обмена аэронавигационными сообщениями.

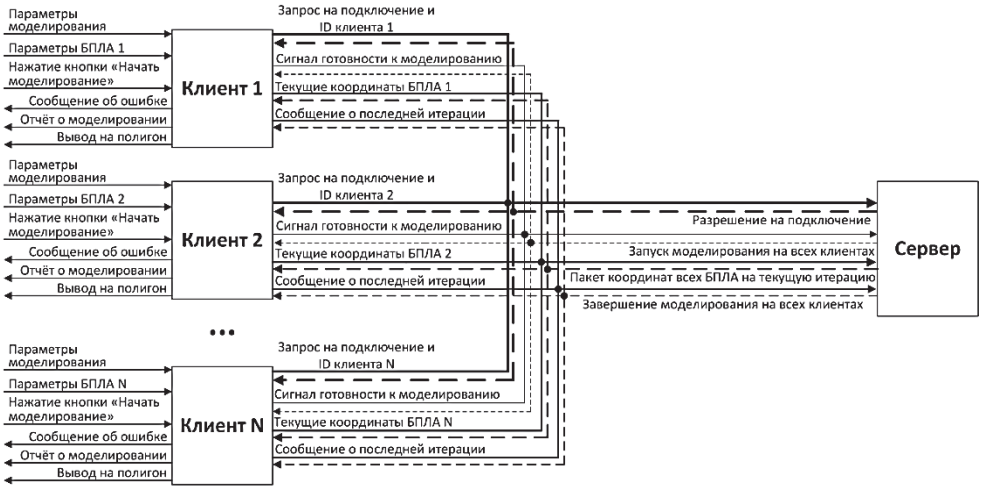


Рисунок 1 – Схема взаимодействия N клиентов и севера

Клиентское приложение используется для моделирования и визуального отображения движения беспилотных летательных аппаратов в некотором воздушном пространстве (представлено двухмерным квадратным полигоном, в соответствии с особенностями предлагаемого метода предотвращения столкновений). Пользователь задаёт начальные параметры аппаратам, по которым происходит моделирование их движения и расчёт нового местоположения с отображением на дисплей компьютера. Программу условно можно разделить на несколько подсистем (рисунок 2): 1 – подсистема моделирования и отображения (расчёт движения аппаратов и отображения на полигоне); 2 – подсистема обмена данных (подключение к серверу и обмен данными); 3 – подсистема предотвращения столкновений (оценка вероятности столкновения и расчёт параметров манёвра); 4 – модуль хранения данных моделирования и формирования отчёта.

Рисунок 2 – Общая схема взаимодействия подсистем программы-клиента

Когда на клиенте запускается моделирование, от него на сервер отправляется сигнал о готовности этого клиента к началу моделирования. Сервер проверяет готовность всех подключенных клиентов к началу моделированию и, если от всех клиентов имеется сигнал, рассылает команду к запуску. Моделирование имеет дискретность по времени и разбито на итерации. Каждую итерацию моделирования программа-клиент:

- получает данные о местоположении БПЛА других клиентов;
- обрабатывает взаимные положения своего БПЛА и остальных, рассчитывает вероятность столкновения с ними;
- рассчитывает изменение положения своего БПЛА и, если потребуется, рассчитывает параметры манёвра уклонения;
- формирует пакет данных о своем БПЛА и отправляет на сервер.

Сервер, получив данные от всех клиентов, формирует единое аэронавигационное сообщение с данными обо всех БПЛА и пересылает его обратно клиентам.

Разрабатываемая программа позволит проверить эффективность разрабатываемого метода в применении не только на одном аппарате (как в предыдущих программах), но и с учётом взаимодействия нескольких самостоятельных БПЛА. Возможно, в дальнейшем можно будет отойти от синхронизации сервером обмена данных в конце итерации моделирования и усложнить модель добавлением асинхронного обмена данными между моделируемыми БПЛА, тем самым увеличив реалистичность модели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Berdonosov, V. D. Speed Approach for UAV Collision Avoidance / V. D. Berdonosov, A. A. Zhivotova, Zaw Htet Naing, D. O. Zhuravlev // J. Phys. Conf. Ser. – 2018. – Volume 1015. – Pp. 1-6.

2 Григорьев, Я.Ю. Обеспечение информационной безопасности при решении задач мониторинга подстилающей поверхности с помощью беспилотных летательных аппаратов / Е.П. Жарикова, Я.Ю. Григорьев, А.Л. Григорьева, И.А. Трещёв // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета – 2020. т.1, номер 41, стр.4-8.

3 Свид. 2018619898 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. TrackUAVs v.1.2 / В. Д. Бердо-

носов, М. Д. Ливень, Д. О. Журавлёв, Зау Хтет Наинг; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет (ФГБОУ ВО «КнАГУ») (RU). – №2018616687; заявл. 27.06.2018; опубл. 14.08.2018, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

4 Свид. 2019663874 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. FlyingDroneModel / В. Д. Бердоносов, М. Д. Ливень, Д. О. Журавлёв, Зау Хтет Наинг; заявители и правообладатели В. Д. Бердоносов, М. Д. Ливень, Д. О. Журавлёв, Зау Хтет Наинг (RU). – №2019662689; заявл. 15.10.2019; опубл. 24.10.2019, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

5 Журавлёв, Д. О. Метод Монте-Карло в исследовании подхода к предотвращению столкновений между беспилотными летательными аппаратами / Д. О. Журавлёв, В. А. Шамак // Молодёжь и будущее авиации и космонавтики - 2020: сборник аннотаций конкурсных работ 12-го Всероссийского межотраслевого молодёжного конкурса научно-технических работ и проектов в области авиационной и ракетно-космической техники и технологий, Москва, 2020 г. – Москва : МАИ, 23-27 ноября 2020. – С. 186-188.

6 Cengiz Pasaoglu. Collaborative Intent Exchange Based Flight Management System with Airborne Collision Avoidance for UAS / Cengiz Pasaoglu, Nursel Akcam, Emre Koyuncu, A. Farabi Tarhan, Gokhan Inalhan // J. Intell. Robot. Syst. – 2016. – Volume 84. – Pp. 665–690.

7 Chin E. Lin. Quasi-ADS-B Based UAV Conflict Detection and Resolution to Manned Aircraft / Chin E. Lin, Ya-Hsien Lai // J. Electr. Comput. Eng. – 2015. – Volume 2015 (3) – Pp. 1-12.

УДК 621.01
Карпенко Владимир Анатольевич, студент; Karpenko Vladimir Anatolievich
Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент;
Shchelkunov Evgenii Borisovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ В T-FLEX CAD

3D-MODELING OF PARALLEL MECHANISMS STRUCTURES IN T-FLEX CAD

Аннотация. Представлена последовательность создания 3D-моделей механизмов параллельной структуры в программном продукте T-Flex CAD 15. Моделирование позволяет путем варьирования геометрических параметров механизма на раннем этапе проектирования выбирать компоновку, отвечающую заданным технологическим параметрам.

Abstract. The sequence of creating 3D-models of parallel structure mechanisms in the T-Flex CAD 15 software product is presented. Modeling allows, by vary-

ing the geometric parameters of the mechanism at an early design stage, to choose a layout that meets the given technological parameters.

Ключевые слова: механизм параллельной структуры, направляющая, 3D-моделирование, компоновка.
Keywords: parallel structure mechanism, guide, 3D-modeling, layout.

Проектирование механизмов параллельной структуры (МПС) является сложной трудоемкой задачей, требующей выбора из множества возможных компоновочных параметров механизма и анализа подвижности его звеньев.

Автоматизировать решение задачи можно с помощью 3D-моделирования МПС, позволяющего наглядно представить себе общий вид и перемещение звеньев механизма. Для моделирования могут быть использованы различные CAD системы [1-5].

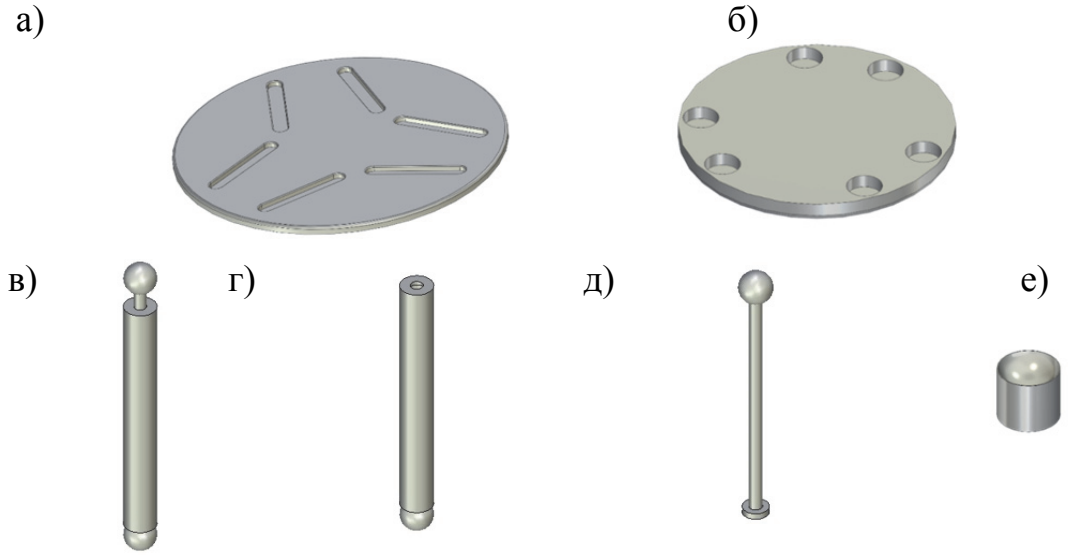
В работе представлен опыт создания 3D моделей МПС в программном продукте T-Flex CAD 15.

Рассмотрим процесс создания 3D-модели на примере механизма типа гексапод.

Создание 3D-модели механизма выполняется в следующей последовательности:

1 Моделирование элементов, составляющих сборку: основание с направляющими (рисунок 1, а) подвижная платформа (рисунок 1, б), приводные штанги (рисунок 1, в) с поворотными шарнирами, состоящие из гильзы (рисунок 1, г) и штока (рисунок 1, д); каретки (рисунок 1, е).

2 Создание 3D-модели сборки гексапода с возможностью реконфигурирования путем позиционирования в пространстве заранее созданных моделей перечисленных выше элементов, входящих в состав сборки с использованием необходимых ограничений и привязок.



а – основание; б – подвижная платформа; в - штанга в сборе; г – гильза; д – подвижный шток; е - каретка

Рисунок 1 – Элементы гексапода

На рисунке 2 изображен МПС с возможностью реконфигурирования типа гексапод со сферическими шарнирами на основании и подвижной платформе.

Рисунок 2 – Гексапод, смоделированный в программном продукте T-Flex CAD

3D-модель позволяет изменять геометрические параметры механизма - радиус основания и углы размещения шарниров на основании. Для этого шарниры основания, установленные на каретках, смещаются вдоль направляющих. От геометрических параметров МПС зависят размер и форма его рабочего пространства.

Эмитируя движения подвижной платформы 3D-модели гексапода в программе можно наглядно представить углы наклона направляющих, положения, где элементы механизма могут сталкиваться друг с другом, границы области рабочего пространства.

Таким образом компьютерное моделирование позволяет путем варьирования геометрических параметров МПС на раннем этапе проектирования выбирать компоновку, отвечающую заданным технологическим параметрам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХИСТОЧНИКОВ

1 Пронин А.И. Исследование и разработка конструкции сборочного узла кузова автомобиля с использованием CAD/CAE систем/ А.И. Пронин, В.В. Мыльников, Д.А. Валько, О.Б. Кондрашкин// Вестник машиностроения. – 2020 № 11 – С. 15-20.

2 Валько Д.А. Экспресс-анализ прочности с использованием CAD/CAM/CAE системы/ Д.А. Валько, А.И. Пронин, В.В. Мыльников, О.Б. Кондрашкин// VII Международная конференция “Деформация и разрушение материалов и наноматериалов».Москва. 7-10 ноября 2017 г./ Сборник материалов. М.: ИМЕТ РАН, 2017, 951 с. С. 863-864.

3 Пронин А.И. Разработка и исследование конструкции детали с использованием CAD/CAE систем/ А.И. Пронин, В.В. Мыльников, Д.А. Валько, О.Б. Кондрашкин// Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2018 № 6 – С. 13-16.

4 Пронин А.И. Исследование и разработка конструкции детали кронштейн с использованием CAD/CAE систем /А.И. Пронин, Е.Б. Щел-

кунов, А.С. Султангареева, К.А. Латышев, А.А. Иваненко // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. - 2017 № I-1(29). - С. 27-32.

5 Султангарева А.С. Сквозное проектирование на базе 3D-моделирования/ А.С. Султангарева, А.И. Пронин// Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г. / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. – 1292 с. С. 1041-1044.

УДК 629.78

Каталажнова Ирина Николаевна, к-т техн наук, доцент КнАГУ, научный руководитель; Katalazhnova Irina Nikolaevna
Волобоев Александр Кириллович, студент; Voloboev Alexander Kirillovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ НАДЁЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

SELECTION OF DESIGN RELIABILITY AND OPERATIONAL SAFETY CRITERIA FOR AVIATION TECHNOLOGY

Аннотация. В данной работе рассматривается подход к надежности и безопасности эксплуатации авиационной техники.
Abstract. This paper discusses an approach to the reliability and safety of aircraft operation.
Ключевые слова: авиационная техника, надежность конструкции, безопасность эксплуатации.
Keywords: aviation technology, structural reliability, operational safety.

Авиационный транспорт относится к технически наиболее сложным транспортным системам, к которым предъявляются повышенные требования по надежности конструкции и безопасности эксплуатации.

Для отдельного объекта авиационной техники указанные требования, в течение его жизненного цикла, можно выполнять по 2-м ассиметричным направлениям:

1) повышать надёжность объекта авиационной техники путём совершенствования его конструкции за счёт модернизации отдельных агрегатов, применения новых материалов и приборного оборудования, снижающих трудоёмкость и себестоимость технического обслуживания в процессе эксплуатации,

2) повышать затраты на техническое обслуживание путём, например, перехода от модели обслуживания авиационной техники по со-

стоянию, на модель обслуживания авиационной техники по ресурсу, не занимаясь модернизацией конструкции.

В реальных условиях чаще всего, в той или иной пропорции, наблюдается сочетание этих подходов.

Для выбора оптимальной стратегии повышения надежности конструкции и безопасности эксплуатации важно использовать оптимальный набор критериев оценки проблематики, предлагаемых теорией надёжности и математической статистикой, к таковым относятся:

Количественные параметры надежности.

Параметрами безотказности являются:

– вероятность безотказной работы;

– частота отказов;

– интенсивность отказов;

– среднее время безотказной работы.

Восстанавливаемость авиационного оборудования характеризуют параметры:

– вероятность восстановления;

– интенсивность восстановления;

– среднее время восстановления

Трудность обеспечения безопасности и большей надежности авиационных технических средств объясняется многосложностью их конструкций и сложными условиями эксплуатации.

Конфликт между проблемами обеспечения надежности имеет важнейшее значение. При низком уровне надежности эксплуатации вновь приобретаемого комплекта оборудования может свести к удорожанию технической эксплуатации так, что затраты использования будут превосходить стоимость нового оборудования.

Используя алгоритмы и методы математической статистически и теории вероятностей появляется возможность выявить своевременно отказы авиационного оборудования, а также установить с научной точки зрения периодичность технического обслуживания и своевременно проводить профилактическое обслуживание и необходимый ремонт изделий авиационного технического средства при его эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Надежность авиационного оборудования: В. А. Борсоев, В. Г. Воробьев, А. В. Кацура, В. М. Мусонов; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2017. – 204 с.

2. Надежность летательных аппаратов: Учеб. пособием/ С.К. Кириакиди. В.А. Сатин и др. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2009. 107 с.

3. Пивоваров В.Л. Диагностика и неразрушающий контроль летательных аппаратов и двигателей [Текст]: учеб, пособие / В.А. Пивоваров, О.Ф. Машошин, С.Г. Хрустиков, А.В. Санников. — М.: Изд-во МГТУ ГА, 2011. - 88 с.

УДК 621.01
Красиков Николай Анатольевич, студент; Krasikov Nikolay Anatolievich
Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент;
Shchelkunov Evgenii Borisovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ШАБЛОНЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОМПОНОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ

TEMPLATES FOR CALCULATING COMPONENT PARAMETERS OF MECHANISMS OF PARALLEL STRUCTURE WITH THE POSSIBILITY OF RECONFIGURATION

Аннотация. Представлены индивидуальные шаблоны вычислений для формализации процесса проектирования механизмов параллельной структуры с возможностью реконфигурирования. Указанные шаблоны основываются на особенностях задания исходных данных и заложенных алгоритмах вычисления геометрических параметров проектируемого МПС.
Abstract. Presented are individual computation templates for formalizing the process of designing mechanisms of a parallel structure with the possibility of reconfiguring. These templates are based on the specifics of specifying the initial data and the embedded algorithms for calculating the geometric parameters of the designed MPS.
Ключевые слова: механизм параллельной структуры, направляющая, реконфигурирование, компоновка.
Keywords: parallel structure mechanism, guiding, reconfiguring, layout.

В настоящее время механизмы параллельной структуры (МПС) находят применение в различных классах технологических машин: металло- и деревообрабатывающих станках, роботах, вибрационных стендах и др.

Развитием механизмов параллельной структуры являются механизмы с возможностью реконфигурирования, т.е. изменения компоновочных параметров механизмов без изменения конструкции. На рисунке 1 показан пример реконфигурируемого механизма типа гексапод [1].

Разработка МПС является весьма трудоемкой задачей, требующей перебора различных вариантов и оперирования большими объемами данных. [2]

В данной работе представлены шаблоны вычислений компоновочных параметров МПС с возможностью реконфигурирования, основанные на особенностях задания исходных данных и заложенных алгоритмах вычисления геометрических параметров проектируемого МПС.

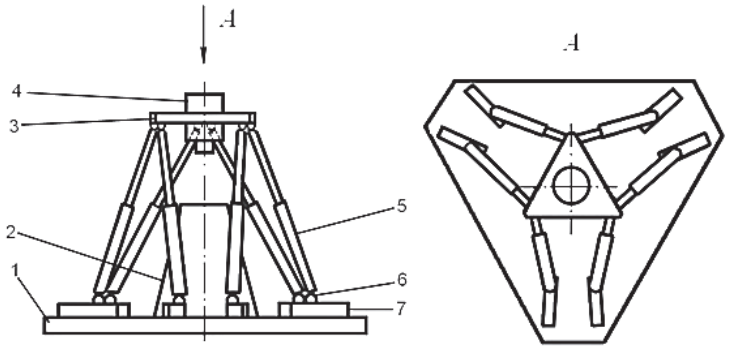
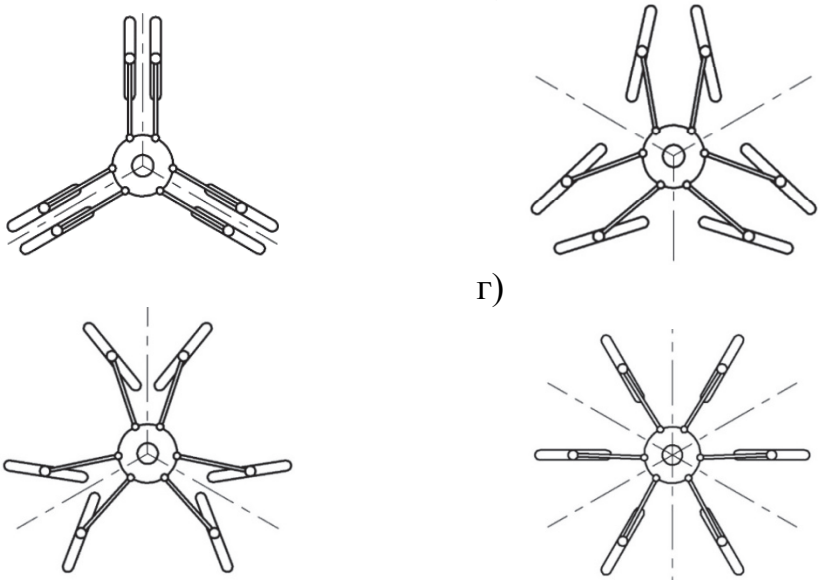


Рисунок 1 - Станок-гексапод с управляемой формой рабочего пространства:
1 – неподвижная платформа; 2 – стол; 3 – подвижная платформа;
4 – рабочий орган; 5 – штанга; 6 – шарнир; 7 – направляющая

В работе [1] проведена классификация компоновок МПС с возможностью реконфигурирования, учитывающая характер размещения направляющих, математически описаны признаки каждого класса. В соответствии с этой классификацией размещение направляющих может быть:

- попарно-параллельным (рисунок 2, а);
- попарно-сходящимся (рисунок 2, б);
- попарно-расходящимся (рисунок 2, в);
- равномерным (рисунок 2, г).

а) б)

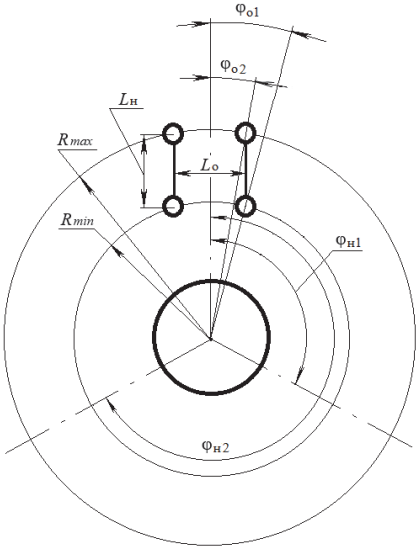
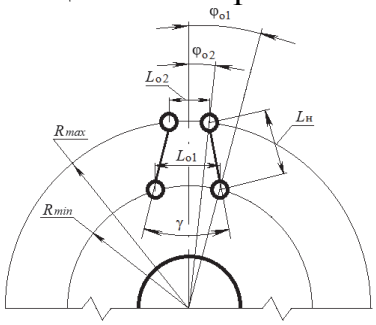


в) г)

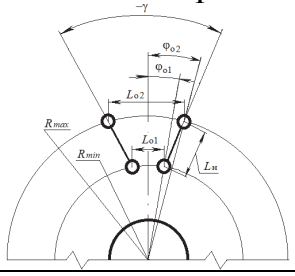
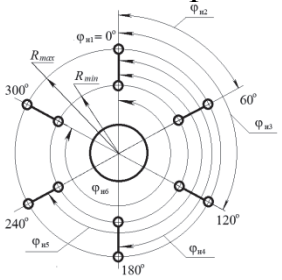
Рисунок 2 – Компоновки МПС типа гексапод
с возможностью реконфигурирования

В таблице 1 представлены варианты задания исходных данных и расчетные формулы для определения компоновочных параметров МПС с возможностью реконфигурирования различных компоновок. Указанные сочетания исходных данных и расчетных формул составляют основу индивидуального алгоритма расчета, т.е. шаблона. Применение шаблонов позволяет автоматизировать процесс выполнения расчетов путем программирования по примеру.

Таблица 1 – Варианты исходных данных

Тип компоновки	Варианты исходных данных	Расчётные формулы
1	2	3
С попарно-параллельным размещением направляющих 	L_o, $L_н$, R_{min}, R_{max} L_o, $L_н$, j_{o1}, j_{o2} L_o, $L_н$, R_{min}, j_{o2} L_o, $L_н$, j_{o1}, R_{max} R_{min}, R_{max}, j_{o1} R_{min}, R_{max}, j_{o2} R_{min}, j_{o1}, j_{o2} R_{max}, j_{o1}, j_{o2}	$L_о = L$ = const; $L_о = 2R_{min}\sin\varphi_{о1} = 2R_{max}\sin\varphi_{о2}$; $L_н = R_{max}\cos\varphi_{о2} - R_{min}\cos\varphi_{о1}$, где R_{min}, R_{max} – минимальный и максимальный радиус основания; $L_о$ – расстояния между шарнирами на основании; $\varphi_{о1}$, $\varphi_{о2}$ – углы размещения шарнира на основании при минимальном и максимальном радиусе основания соответственно; $L_н$ – длина направляющей; $\varphi_{н1}$, $\varphi_{н2}$ – углы размещения второй и третьей пар направляющих на основании.
С попарно сходящимся размещением направляющих 	R_{min}, R_{max}, j_{o1}, j_{o2} R_{min}, R_{max}, j_{o1}, $L_н$ R_{min}, R_{max}, j_{o2}, $L_н$ R_{min}, j_{o1}, j_{o2}, $L_н$ R_{max}, j_{o1}, j_{o2}, $L_н$	$L_{о1} = 2R_{min}\sin\varphi_{о1}$; $L_{о2} = 2R_{max}\sin\varphi_{о2}$; $L_н = \frac{L_{о1} - L_{о2}}{2\sin\frac{\gamma}{2}} = \frac{R_{min}\cdot\sin(\varphi_{о1}) - R_{max}\cdot\sin(\varphi_{о2})}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)}$, где $L_{о1}$ и $L_{о2}$ – расстояния между шарнирами на основании соответственно при минимальном и максимальном радиусе основания; γ – угол между направляющими.

Продолжение таблицы 1

1	2	3
С попарно расходящимся размещением направляющих 	R_{min}, R_{max}, j_{o1}, j_{o2} R_{min}, R_{max}, j_{o1}, $L_н$ R_{min}, R_{max}, j_{o2}, $L_н$ R_{min}, j_{o1}, j_{o2}, $L_н$ R_{max}, j_{o1}, j_{o2}, $L_н$	$L_{o1} = 2R_{min}\sin\varphi_{o1}$; $L_{o2}=2R_{max}\sin\varphi_{o2}$; $L_н = \frac{L_{o2} - L_{o1}}{2\sin\left(-\frac{\gamma}{2}\right)} =$ $= \frac{R_{max}\cdot\sin(\varphi_{o2}) - R_{min}\cdot\sin(\varphi_{o1})}{\sin\left(-\frac{\gamma}{2}\right)}$
С равномерным размещением направляющих  $\varphi_{1н}\div\varphi_{6н}$ – углы размещения направляющих на основании	R_{min}, R_{max} $L_н$, R_{max} $L_н$, R_{min},	$L_н = R_{max} - R_{min}$

В шаблоне вычисления заложены: геометрические параметры, определяющие тип компоновки МПС с возможностью реконфигурирования (представлены выше в описании компоновки); расчетные формулы и последовательность вычислений; условия, при которых компоновка может существовать.

Указанные условия разделяются на три группы.

1 Общие для всех типов компоновки МПС, такие как: $R_{min} \geq r$; $L_o > 2r_{шо}$; $L_п > 2r_{шп}$.

2 Условия существования выбранной компоновки в принятой классификации МПС: значения углов размещения шарниров на основании и подвижной платформе, расстояния между шарнирами на основании и подвижной платформе и т.п.

3 Условия существования выбранной компоновки в принятой классификации реконфигурируемых МПС: соотношение значений углов φ_{o1}, φ_{o2}; $R_{max} > R_{min}$ и т.п.

Возьмем в качестве примера компоновку с попарно-параллельным размещением направляющих. Указанная компоновка может существовать при условии, что парные направляющие расположены параллельно, расстояние между парными направляющими меньше, чем между непарными.

Если для компоновки с попарно-параллельным размещением направляющих заданы параметры: L_o, $L_н$, R_{min}, j_{o2}, то расчет остальных параметров должен выполняться по формулам

$$\varphi_{o1} = \arcsin\frac{L_o}{2 \cdot R_{\min}};$$

$$R_{\max} = \frac{L_н + R_{\min} \cdot \cos\varphi_{o2}}{\cos\varphi_{o1}}.$$

Заключение. На основании проведенной систематизации разработаны индивидуальные шаблоны вычислений для формализации процесса проектирования МПС с возможностью реконфигурирования. Указанные шаблоны основываются на особенностях задания исходных данных и заложенных алгоритмах вычисления геометрических параметров проектируемого МПС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХИСТОЧНИКОВ

1 Щелкунов, Е.Б. Систематизация механизмов параллельной структуры с возможностью реконфигурирования / Е.Б. Щелкунов, С.В. Виноградов, М.Е. Щелкунова, А. И. Пронин, Д.А. Буравицын // Вестник машиностроения – 2020 № 2 – С 9-12.

2 Дубровин П.Г. Компьютерная визуализация механизма параллельной структуры/ П.Г. Дубровин, М.Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г. /редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ» 2017. – 1292 с. С. 333-335.

УДК 621.983.001
Логинов Василий Николаевич, кандидат технических наук, доцент;
Loginov Vasiliy Nikolaevich
Широкова Зинаида Васильевна, кандидат технических наук, доцент;
Shirokova Zinaida Vasilyevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АППРОКСИМАЦИЯ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

UPPROXIMATION OF DEFORMATION DIAGRAMS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию напряжённо-деформированного состояния, построению аппроксимирующей кривой по предложенной авторами методике и проведению эксперимента, подтверждающего адекватность предлагаемой методики.
Abstract. This work is devoted to the study of the stressful and deformed state, the construction of an approximating curve according to the methodology proposed by the authors and the conduct of an experiment confirming the results of the proposed methodology.

Ключевые слова: напряжённо-деформированное состояние, аппроксимация, итерационный метод, параметры аппроксимации, погрешность аппроксимации.
Keywords: stress-stain state, approximation, iterative method, parameters of approximation, linearity error.

Точность расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) упругопластических тел зависит от аппроксимации единой кривой. Обычно эта кривая аппроксимируется без учета сжимаемости материала либо степенной зависимостью $\sigma_i = E\varepsilon_i$, либо линейно-степенной [1]

$$\sigma_i = \begin{cases} E\varepsilon_i, & \text{при} \quad \varepsilon_i \le \varepsilon_{ip} \\ A\varepsilon_i^n, & \text{при} \quad \varepsilon_i > \varepsilon_{ip} \end{cases},$$

Параметры n, A обычно выражаются через основные механические характеристики материала или определяются по экспериментальной кривой деформирования. Используется экспериментальная величина $\varepsilon_{\text{в}}$, которая имеет большой разброс значений для одного и того же материала. Поэтому при построении аппроксимации единой кривой желательно избежать использования $\varepsilon_{\text{в}}$ при определении ее параметров.

Построим более удобную аппроксимацию вида:

$$\sigma_i = \begin{cases} E'\varepsilon_i, & \text{при} \quad \varepsilon_{ip} \le \varepsilon_{ip} \\ A\varepsilon_i^n, & \text{при} \quad \varepsilon > \varepsilon_{ip} \end{cases},$$

где $E' = \dfrac{3E}{2(1+\mu)}$ – угловой коэффициент линейного участка диаграммы; ε_{ip} – интенсивность деформаций, соответствующая точке перехода линейной зависимости в степенную; n, A – параметры аппроксимации кривой упрочнения.

Коэффициент A выразим из условия прохождения кривой через точку временного сопротивления $\sigma_{i\text{в}} = A\varepsilon_{i\text{в}}^n$ откуда $A = \sigma_{i\text{в}} / \varepsilon_{i\text{в}}^n$, значит

$$\sigma_i = \begin{cases} E'\varepsilon_i, & \text{при} \quad \varepsilon_{ip} \le \varepsilon_{ip} \\ \sigma_{i\text{в}}(\varepsilon_i / \varepsilon_{i\text{в}})^n, & \text{при} \quad \varepsilon > \varepsilon_{ip} \end{cases}.$$

Неизвестные величины n, $\varepsilon_{\text{в}}$ определяются из системы уравнений

$$\begin{cases} S_{02} = S_{\text{в}}\left(\varepsilon_{02}/\varepsilon_{\text{в}}\right)^n \\ \sigma_{\text{в}} = S_{\text{в}} n/\varepsilon_{\text{в}} \end{cases},$$

Система полученных уравнений сложна для аналитического решения, поэтому решается итерационным методом.

Для проверки точности используемой аппроксимации были проведены экспериментальные исследования.

В лабораторных условиях были произведены опыты на разрыв прямоугольных образцов, из материала Д19-АМ и В95-АМ. По результатам опытов были отобраны и исследованы несколько типовых диаграмм растяжения.

Полученные экспериментальные обобщенные данные и справочные величины приведены в табл. 1.

Таблица 1 − Экспериментальные и справочные данные

Материал \ Параметры	F_0, мм^2	E_0, кГ/мм^2	σ_{02}, кГ/мм^2	$\sigma_в$, кГ/мм^2	E, кГ/мм^2	δ, %
В95-АМ	21,9	2670	14,00	22,48	6850	16
Д19-АМ	18,6	6473	6,91	18,58	7200	14

По этим данным рассчитывались параметры аппроксимации единой кривой (табл.2) по методике изложенной выше, сравнивались с экспериментальными значениями (табл. 3, 4).

Таблица 2 − Параметры аппроксимации диаграммы интенсивностей

Материал \ Параметры	ε_p	$\varepsilon_в$	n	$S_в$, кГ/мм^2
В95-АМ	0,0012	0,1572	0,1561	26,28
Д19-АМ	0,0004	0,2710	0,2705	24,34

Таблица 3 − Исходные данные для построения диаграмм (материал В95-АМ)

δ, %	δ	σ, кГ/мм^2	ε	S, кГ/мм^2	$S_а$, кГ/мм^2	Δ, %
0,15	0,00147	6,15	0,00006	0,44	0,44	0,0
2,93	0,02933	19,84	0,02480	20,33	19,60	3,6
4,40	0,04399	20,93	0,03921	21,75	21,10	3,0
7,33	0,07332	22,03	0,06829	23,53	23,05	2,1
8,80	0,08798	22,39	0,08286	24,25	23,76	2,0
11,73	0,11730	22,48	0,11216	25,00	24,93	0,3
13,20	0,13200	22,30	0,12690	25,13	25,41	1,1

Таблица 4 − Исходные данные для построения диаграмм (материал Д19-АМ)

δ, %	δ	σ, кГ/мм^2	ε	S, кГ/мм^2	$S_а$, кГ/мм^2	Δ, %
0,13	0,00132	5,34	0,00124	5,35	5,33	0,4
0,33	0,00330	7,00	0,00319	7,02	7,16	2,0
0,66	0,00660	8,54	0,00647	8,60	8,77	2,0
2,64	0,02640	12,82	0,02620	13,16	12,91	1,9
3,96	0,03960	14,43	0,03937	15,00	14,43	3,8
5,28	0,05280	15,59	0,05256	16,41	15,60	4,9
7,92	0,07920	16,87	0,07894	18,20	17,43	4,3
13,20	0,13200	18,19	0,13172	20,59	20,02	2,7
17,82	0,17820	18,47	0,17791	21,76	21,72	0,2
19,14	0,19140	18,54	0,19111	22,08	22,15	0,3
22,44	0,22440	18,56	0,22411	22,72	23,12	1,8

Как видно из представленных данных, погрешность аппроксимации диаграмм деформирования составляет 0 – 5 %, что является более чем удовлетворительным результатом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
1 Логинов В.Н., Феоктистов С.И. Аппроксимация диаграмм деформирования алюминиевых и титановых сплавов. // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника, 1989, № 2. – С. 91-93.

УДК 621.983.001
Логинов Василий Николаевич, кандидат технических наук, доцент;
Loginov Vasiliy Nikolaevich
Широкова Зинаида Васильевна, кандидат технических наук, доцент;
Shirokova Zinaida Vasilyevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ УПРУГОСТИ

IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF VARIABLE ELASTIK PARAMETERS

Аннотация. Данная работа посвящена расчёту напряжённо-деформированного состояния заготовки методом переменных параметров упругости.
Abstract. This work is devoted to calculating the stress-deformed state of the workpiece by the method of variable elastic parameters.
Ключевые слова: внешние нагрузки, параметры аппроксимации, интенсивность напряжений, деформации, секущий модуль единой кривой.
Keywords: external pressures, parameters of approximation, stress intensity, deformation, joint module of singl curve.

Идея метода переменных параметров упругости разработана И.А. Биргером [1, 2].

На основе деформационной теории пластичности связь между деформациями и напряжениями представляется в виде, аналогичном закону Гука

$$\begin{cases} \varepsilon_{11} = [\sigma_{11} - \mu^*(\sigma_{22} + \sigma_{33})]/E^*, & \varepsilon_{12} = \sigma_{12}/2G^*, \\ \varepsilon_{22} = [\sigma_{22} - \mu^*(\sigma_{11} + \sigma_{33})]/E^*, & \varepsilon_{13} = \sigma_{13}/2G^*, \\ \varepsilon_{33} = [\sigma_{33} - \mu^*(\sigma_{11} + \sigma_{22})]/E^*, & \varepsilon_{23} = \sigma_{23}/2G^*, \end{cases} \quad (1)$$

где μ^*, E^*, G^* – переменные параметры упругости, различные для различных точек деформируемого тела, связанные между собой, как и в теории упругости равенством

$$G^* = E^* / 2(1+\mu^*).$$

Значения параметров упругости μ^*, E^* выражаются через интенсивность напряжений σ_i и интенсивность деформаций ε_i по формулам:

$$\mu^* = \frac{0{,}5 - kE_i}{1+kE_i}, \quad E^* = \frac{E_i}{1+kE_i}, \tag{2}$$

где $E_i = \sigma_i / \varepsilon_i$ – секущий модуль единой кривой. Интенсивности напряжений и деформаций вычисляются по формулам:

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_{11}-\sigma_{22})^2 + \ldots + 6(\sigma_{12}^2 + \ldots)}; \quad \varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3}\sqrt{(\varepsilon_{11}-\varepsilon_{22})^2 + \ldots + 6(\varepsilon_{12}^2 + \ldots)} \tag{3}$$

Для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) используется процесс последовательных приближений.

В первом приближении принимается

$$E^{*(1)} = E, \quad \mu^{*(1)} = \mu, \quad E_i^{(1)} = E.$$

Решается упругая задача, в результате определяются напряжения и деформации первого приближения, связанные формулами (1)

$$\widetilde{\sigma}_{ij}^{(1)}, \widetilde{\varepsilon}_{ij}^{(1)}, \quad i,j = 1,2,3.$$

Находятся интенсивности напряжений $\widetilde{\sigma}_i^{(1)}$ и деформаций $\widetilde{\varepsilon}_i^{(1)}$ по формулам (3).

В плоскости $(\varepsilon_i, \sigma_i)$ НДС первого приближения изобразится точкой M_1, лежащей на луче, тангенс угла наклона которого равен $E_i^{(1)}$.

Во втором приближении вносится поправка для секущего модуля.

Точка $(\widetilde{\varepsilon}_i^{(1)}, \widetilde{\sigma}_i^{(1)})$ сносится на кривую $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$ в точку $(\varepsilon_i^{(1)}, \sigma_i^{(1)})$ и полагается

$$E_i^{(2)} = \frac{\sigma_i^{(1)}}{\varepsilon_i^{(1)}},$$

при этом по формулам (2)

$$\mu^{*(2)} = \frac{0{,}5 - kE_i^{(2)}}{1+kE_i^{(2)}}, \quad E^{*(2)} = \frac{E_i^{(2)}}{1+kE_i^{(2)}}.$$

Далее решается упругая задача расчета НДС с параметрами упругости $E^{*(2)}, \mu^{*(2)}$, определяются напряжения и деформации второго приближения $\widetilde{\sigma}_{ij}^{(2)}, \widetilde{\varepsilon}_{ij}^{(2)}$, $i,j = 1,2,3$, интенсивности напряжений $\widetilde{\sigma}_i^{(2)}$ и деформаций $\widetilde{\varepsilon}_i^{(2)}$ по формулам (3).

В плоскости $(\varepsilon_i, \sigma_i)$ НДС второго приближения изобразится точкой M_2, лежащей на луче, тангенс угла наклона которого равен $E_i^{(2)}$.

Секущий модуль вновь корректируется, и определяются параметры μ^*, E^* третьего приближения и т.д.

Расчет продолжается до тех пор, пока разность двух соседних приближений не будет достаточно малой при условии, что точки, выражающие приближения в плоскости $(\varepsilon_i, \sigma_i)$ достаточно близки к кривой $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$.

Таким образом, порядок расчета НДС заготовки под нагрузкой методом переменных параметров упругости можно представить в виде:

1. Вводятся исходные данные:

– величина внешних нагрузок;

– параметры аппроксимации единой кривой.

2. В первом приближении принимаем:

$$E^* = E, \quad \mu^* = \mu, \quad E_i = E.$$

3. Решается упругая задача о расчете НДС заготовки под нагрузкой с параметрами μ^*, E^* и определяются напряжения и деформации

$$\widetilde{\sigma}_{ij}, \widetilde{\varepsilon}_{ij}, \quad i, j = 1, 2, 3.$$

4. Определяются интенсивности напряжений $\widetilde{\sigma}_i$ и деформаций $\widetilde{\varepsilon}_i$ (формулы (3)), соответствующие решению упругой задачи:

$$\widetilde{\sigma}_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\widetilde{\sigma}_{11} - \widetilde{\sigma}_{22})^2 + \ldots + 6(\widetilde{\sigma}_{12}^2 + \ldots)},$$

$$\widetilde{\varepsilon}_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\widetilde{\varepsilon}_{11} - \widetilde{\varepsilon}_{22})^2 + \ldots + 6(\widetilde{\varepsilon}_{12}^2 + \ldots)}.$$

5. Находится следующее приближение значений интенсивностей напряжений и деформаций по правилу

$$\varepsilon_i = \widetilde{\varepsilon}_i, \quad \sigma_i = \begin{cases} E' \varepsilon_i, & \text{при } \varepsilon_i \le \varepsilon_p \\ A \varepsilon_i^n, & \text{при } \varepsilon_i > \varepsilon_p, \end{cases}$$

что соответствует сносу точки $(\widetilde{\varepsilon}_i, \widetilde{\sigma}_i)$ на единую кривую при постоянной интенсивности деформаций ε_i.

6. Если выполняется условие окончания итераций

$$\left| \frac{\sigma_i - \widetilde{\sigma}_i}{\sigma_i} \right| < \delta,$$

где δ – заданная точность вычислений, то переходим к 7, иначе вычисляются:

– секущий модуль единой кривой

$$E_i = \sigma_i / \varepsilon_i;$$

– переменные параметры упругости (формулы (2)), соответствующие следующему приближению, и вычисления повторяются с 3.

7. В качестве напряжений и деформаций, соответствующих решению упругопластической задачи, принимаются

$$\widetilde{\sigma}_{ij}, \widetilde{\varepsilon}_{ij}, \quad i, j = 1, 2, 3.$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
1. Демьянушко И.В., Биргер И.А. Расчет на прочность вращающихся дисков. М.: Машиностроение, 1978. – 247 с.
2. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1986. – 560 с.

УДК 001.891.573
Ломакина Наталья Сергеевна, студентка; Lomakina Natalya Sergeyevna
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, доцент; Grigorieva Anna Leonidovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ

FEATURES OF BUILDING A MATHEMATICAL MODEL OF THE ORGANIZATION OF CARGO TRANSPORTATION ON THE NORTHERN SEA ROUTE

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию особенностей построения математических моделей для расчета себестоимости и определения экономической эффективности перевозки грузов по северному морскому пути.
Abstract. This work is devoted to the study of the features of the construction of mathematical models for calculating the cost and determining the economic efficiency of the transportation of goods along the northern sea route.
Ключевые слова: северный морской путь, грузоперевозки, экономическая эффективность морских перевозок, моделирование морских перевозок, себестоимость морских перевозок.
Keywords: northern sea route, cargo transportation, economic efficiency of sea transportation, modeling of sea transportation, cost of sea transportation.

Северный морской путь (далее – СМП) является привлекательным для коммерческих грузовых судов, курсирующих между Европой и Восточной Азией. Его использование позволяет сократить рейс на тысячи километров по сравнению с рейсом через Суэцкий канал. По мере потепления климата, летний лед Арктики отступает все дальше от берегов и все продолжительней становится период, когда по СМП можно проходить без помощи ледоколов. Это позволяет создавать на базе СМП международный транспортный коридор, который может стать реальной альтернативой морскому пути через Суэц.

Альтернативный маршрут имеет является более привлекательным с точки зрения экономической эффективности если обеспечит сокращение сроков доставки грузов и снижение ее себестоимости. Однако при экономических расчетах необходимо учитывать особенности СМП, связанные с климатическими особенностями северных территорий и дополнительными затратами, которые будут неизбежно возникать при перевозке грузов через северные направления.

Неправильный выбор судна, ошибки в оценке климатических факторов, неучтенные дополнительные расходы могут полностью девальвировать преимущества более коротких дистанций[1]. Чтобы минимизировать риски и оценить экономический эффект математическая модель перевозки по СМП должна учитывать ряд особенностей, а итоговая себестоимость перевозки по СМП $S_{сев}$ должна сравниваться с себестоимостью через южное направление $S_{юг}$, которое в модели принимается за базисное значение. Соответственно, перевозка через СМП будет предпочтительней если $S_{сев} < S_{юг}$[2].

Рассмотрим особенности модели перевозки грузов по СМП.

Планирование перевозки по СМП.

Традиционно выделяется два маршрута следования судна:

-высокоширотной L_{min} – протяженностью 2200 морских миль, который может использоваться в летний период, а также в период межсезонья до образования ледостава, при соответствующих характеристиках грузового судна ($S_{сев}$ – увеличивается за счет фрахта более дорогого судна). Во время ледостава использование настоящего пути может быть осуществлено только при условии ледокольной поддержки грузового судна ($S_{сев}$ – существенно увеличивается за счет привлечения к прохождению маршрута ледокольного флота).

- прибрежной L_{max} – 2990 морских миль. Традиционно на данном маршруте не устанавливается ледостав. Однако $S_{сев}$ – увеличивается за счет увеличения времени рейса.

Моделирование использования СМП в качестве пути перевозки невозможно без использования в модели дополнительных параметров – времени года, прогнозирования погодных условий и времени ледостава, а также характеристик судна, которыми должно оно обладать для успешного прохождения трассы в установленный временной интервал.

Транспортная модель перевозки.

Перевозки осуществляемые в неблагоприятное климатическое время связаны в увеличением $S_{сев}$. Снизить расходы можно перестроив модель перевозки и выбрав с учетом характеристик перевозимого груза одну из следующих моделей перевозки:

- одиночное специализированное судно с высокой грузовместимостью, предназначенное для прохождения небольших ледовых преград на пути L_{min};

- ледокол и одиночное судно с высокой грузовместимостью при движении по L_{min};

- ледокол и караван судов с маленькой и средней грузовместимостью при движении по L_{min};

- расчет судна (судов) для перевозки грузов по L_{max}.

Эффективная работа модели возможна только при условии наличия базы данных с характеристик транспортных средств, где помимо стандартных характеристик – скорость, грузоподъемность, количество загруженных контейнеров должна содержать характеристики, использующие только для судов, эксплуатирующийся в северных морских перевозках

Задача модели $S_{сев} \rightarrow \min$ при движении по L_{min} или L_{max}

Минимизация затрат перевозки. В модели перевозки себестоимость это функция от затрат:

$$S = F(R_{пост}, R_{пер}) \quad (1)$$

где $R_{пост}$ – прямые постоянные расходы, руб.

$R_{пер}$ – переменные расходы, руб.

Задача оптимизации перевозки сводится к $F(R_{пост}, R_{пер}) \rightarrow \min$.

Условия определяющие работу модели.

Зависимость от времени, в течение которого планируется выполнение перевозки. Если это летний период, то перевозка осуществляется по L_{min}, расчет затрат производится по формуле (1). Для минимизации затрат необходимо подобрать судно, которое обеспечит перевозку выбранного груза по минимальным тарифам. Перевозка эффективна если $S_{сев} < S_{юг}$.

Если перевозка осуществляется в межсезонье, когда возможен ледостав при расчете необходимо ориентироваться на ходовые характеристики судна, которые должны позволять ему проходить по выбранному маршруту с минимальными эксплуатационными расходами.

При этом варианте целесообразно моделировать два варианта движения судна по L_{min} и L_{max}. Эффективен тот вариант при котором $S_{сев} \rightarrow \min$. При выполнении расчета целесообразно использовать статистику ледостава для определения рисков перевозки и возможных дополнительны затрат при осуществлении перевозки таких как использования на определенных участках пути дополнительной ледокольной поддержки и изменения курса с высокоширотной трассы на прибрежную, а также вообще невозможность выполнить перевозку на определенном типе судов. Перевозка эффективна если $S_{сев} < S_{юг}$.

Если перевозка осуществляется в период устойчивого ледостава необходимо просчитать перевозку по L_{min} с использованием ледокольной поддержки и учетом расхода $R_{доп}$, который может включать в себя все дополнительные затраты, связанные с фрахтом ледокола, увеличения времени в пути, увеличение накладных расходов, а также L_{max} без использования $R_{доп}$. Особое внимание при планировании необходимо уделить выбору судна для перевозки груза. Расчет должен быть выполнен для вариантов длительной трассы, короткой трассы с использованием дополнительных расходов, а также использования караванного типа перевозок когда один ледокол проводит несколько судов небольшого водоизмещения. Выбирается вариант при котором $S_{сев} \rightarrow \min$. Перевозка будет считаться эффективной если $S_{сев} < S_{юг}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арутюнян В.Г. Организация круглогодичной навигации на Северном морском пути. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://www.proatom.ru/ modules.php?name=News&file=article&sid=7730. Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 15.02.2021).

2. Фадеев Е. А. Методы оценки эффективности и конкурентоспособности транспортных маршрутов и морских судоходных контейнерных линий // Инновации и инвестиции. 2016. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-otsenki-effektivnosti-i-konkurentosposobnosti-transportnyh-marshrutov-i-morskih-cudohodnyh-konteynernyh-liniy (дата обращения: 28.02.2021).:

УДК 51

Машевский Владимир Антонович, студент; Mashevsky Vladimir Antonovich
Канашин Илья Валерьевич, аспирант; Ilya V. Kanashin
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой; Grivorieva Anna Leonidovna
Хромов Александр Игоревич, профессор, доктор физико-математических наук; Khromov Alexander Igorevich
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМАЦИИ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОКРУЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ

MATHEMATICAL MODEL OF DEFORMATION OF SHELL STRUCTURES UNDER THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL INFLUENCES

Аннотация. При воздействии окружающий факторов на оболочечные конструкций, наблюдается разрушение элементов данных конструкций. Данное разрушение наблюдается из-за концентраторов деформаций, которые подробно исследуются в данной работе.

Abstract. When the surrounding factors affect the shell structures, the destruction of the elements of these structures is observed. This destruction is observed due to the strain concentrators, which are studied in detail in this paper.

Ключевые слова: оболочка, эксперимент, деформация, напряжение, разрушение.

Keywords: shell, experiment, strain, stress, fracture.

Кораблестроение и авиастроение являются одними их ведущих отраслей промышленности Хабаровского края.

Актуальность работы заключается в необходимости иметь возможность аналитической оценки состояния элементов конструкций изготавли-

ваемых на промышленных предприятиях края (ПОА «Амурский судостроительный завод» и Комсомольский-на-Амуре авиационный завод имени Ю.А.Гагарина), заранее прогнозировать состояние этих элементов, а также избегать проблем, связанных с эксплуатацией крупных технических систем, таких как речные и морские суда, самолеты.

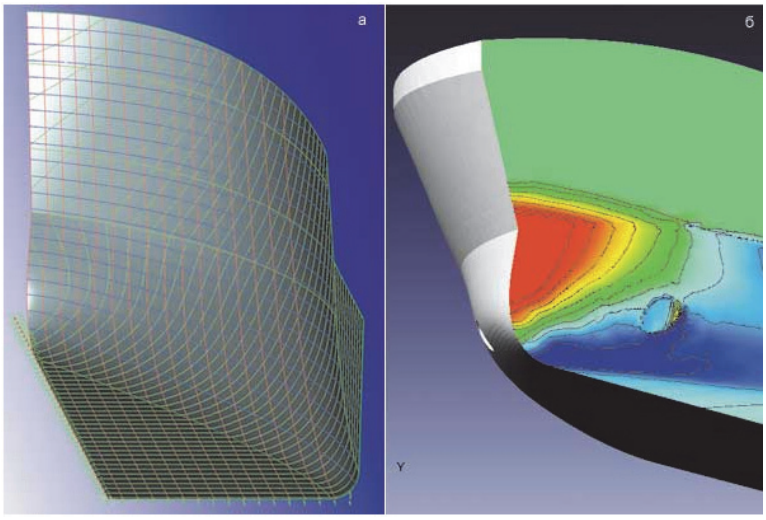


Рисунок 1

При производстве авиационных и судостроительных изделий в большом количестве используются оболочечные конструкции, которые обеспечиваю неограниченные возможности при формообразовании. Требуется иметь математическую базу, позволяющую моделировать поведение таких элементов конструкций при производстве и эксплуатации под действием нагрузок. Для моделирования указанных выше процессов рассматривается тонкостенная деформируемая оболочка при конечных напряжениях.

В качестве обобщенной математической модели процесса рассматривается задача растяжения жесткопластической полосы. При моделировании рассматривается возможность использования различных конструкционных материалов. На примере решения такой задачи можно проследить процесс трещинообразования и разрушения материала, а также определить оптимальную величину главного значения тензора Альманси E1, зависящего от материала, из которого изготовлен образец.

Промежуточным результатом является система уравнений для определения поля скоростей. В полученной системе учитывается изменение плотности материала в процессе деформирования.

Практическая реализация результатов работы возможна во всех отраслях хозяйственной деятельности: в судостроении и самолетостроении, при возведении различных промышленных и гражданских объектов. Проверка полученных результатов осуществляется с помощью численного компьютерного моделирования в программном комплексе MSC.Patran.

При получении аналитических соотношений появляется возможность разработки модуля, дополняющего численно-аналитические пакеты, позволяющего существенно сократить вычислительные мощности при решении задач проектирования оболочечных конструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли// Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л.// Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.

2. Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

3. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

4. Математическая модель связи лазерного дальномера с типом лазерного излучателя // Курдюмова Т.И., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 46.

5. Основы теории пластичности.// Качанов Л.М. Под редакцией Добровольского В.Л. М: 1969 г. 420 с.

6. Деформация и механика разрушения конструкционных материалов // Херцберг Р.В. – М.: Металлургия, 1989. – 576 с.

7. Моделирование сравнительных деформационных процессов, при растяжении плоских образцов в условиях различных деформационных состояний. // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю., Хромов А.И., Канашин И.В. В сборнике: XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Сборник трудов. В 4-х томах. 2019. С. 423-425.

8. Деформирование плоского образца при разрывном поле скоростей перемещений в условиях плоского напряженного состояния. // Хромов А.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10. С. 73-77.

9. Одноосное растяжение жесткопластической полосы в условиях плоского напряженного состояния при однородном поле скоростей деформаций // Григорьева А.Л., Хромов А.И.. Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2015. № 4 (26). С. 198-205.

УДК 629.5.018
Мин Ко Ко, аспирант; Min Ko Ko
Тарануха Николай Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Taranukha Nikolay Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ВИБРОМЕТРА (POLYTEC HSV-2000 HIGH SPEED LASER VIBROMETER) В ИНЖЕНЕРНОЙ СФЕРЕ

RESEARCH OF APPLICATION OF THE LASER VIBROMETER (POLYTEC HSV-2000 HIGH SPEED LASER VIBROMETER) IN THE ENGINEERING SPHERE

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию применения работ лазерного виброметра (Polytec HSV-2001/2001 High Speed Laser Vibrometer) в научной и инжерной сфере. Лазерный виброметр (Polytec HSV-2001/2001 High Speed Laser Vibrometer) измеряет вибрационную скорость и смещение на высоких скоростях до 30 м/с для одноточечных или двухточечных измерений плюс дифференциал. Эта система широко используется инженерами Формулы-1 для разработки высокоэффективных клапанных поездов для гоночных двигателей. Сканирующие высокоскоростные виброметры из компании «Polytec» предназначены для измерения и анализа вибрации. Система HSV-2000 состоит из контроллера HSV-2001/2002, лазерного блока HSV-800 и прочной компактной сенсорной головки HSV-700. Лазерный блок содержит интерферометр и маломощный лазер.
Abstract. This work is devoted to the study of the application of the laser vibrometer (Polytec HSV-2001/2001 High Speed Laser Vibrometer) in the scientific and engineering field. The Polytec HSV - 2001/2001 High Speed Laser Vibrometer measures vibration velocity and displacement at high speeds up to 30 m / s for single-point or two-point measurements plus differential. This system is widely used by Formula 1 engineers to develop high-performance valve trains for racing engines. The scanning high-speed vibrometers from Polytec are designed for measuring and analyzing vibration. The HSV-2000 system consists of the HSV-2001/2002 controller, the HSV-800 laser unit, and the robust, compact HSV-700 sensor head. The laser unit contains an interferometer and a low-power laser.
Ключевые слова: лазерный виброметр, высокоскоростной, инженерная сфера.
Keywords: laser vibrometer, high-speed, engineering field.

В природе и в технике все вибрирует. Сердце бьется, крылья хлопают, звуки посылаются и принимаются. Без вибраций жизнь была бы слишком тихой. Инженеры и ученые всего мира используют лазерные доплеровские виброметры из компании «Polytec», чтобы лучше понять динами-

ку и акустику своих товаров, таких как раскаленные выхлопные системы, сложные мембраны для медицинских технологий, высококачественные громкоговорители, ультразвуковые инструменты или микроструктуры, такие как МЭМС. Бесконтактная лазерная доплеровская виброметрия зарекомендовала себя как простая, не требующая вмешательства процедура измерения, которая обеспечивает точный анализ реальных вибрационных характеристик конструкций любого размера - от нано до макро.

Теоретические основы. Колебания могут быть описаны при помощи тригонометрических функций или комплексном виде. Опираясь на случай гармонических колебаний приведем выражения, понимание которых необходимо для изучения вибрационных процессов.

Гармонические колебания имеют синусоидальную форму и описываются частотой, амплитудой и начальным фазовым углом по формуле (1):

$$U(t) = Acos(\omega t \cdot \varphi_0), \quad (1)$$

где

$$\omega = 2\pi f, \quad (2)$$

A – амплитуда, м;

ω– углаявая частота, Гц;

φ_0 – начальный фазовый угол, градус;

f – чистота, Гц;

Воспользовавшись дополнительными соотношениями, выражение (1) можно записать в виде:

$$U(t) = \mathrm{A}\ \cos\varphi_0 \cos\omega t - \ \mathrm{A}\ sin\,\varphi_0 \sin\omega t \quad (3)$$

или

$$U(t) = \mathrm{A}_{cos} \cos\omega t - \ \mathrm{A}_{sin}\ \sin\omega t \quad (4)$$

где

$\mathrm{A}_{cos} \cos\omega t$ – амплитуда косинусной части

$\mathrm{A}_{sin}\ \sin\omega t$ – амплитуда синусной части

Таким бразом, гармонические колебания можно изобразить грфики в виде суперпозиции колебаний, совершаемых по закону синуса и по закону косинуса, амплитуды которых зависят от начального фазового угла.

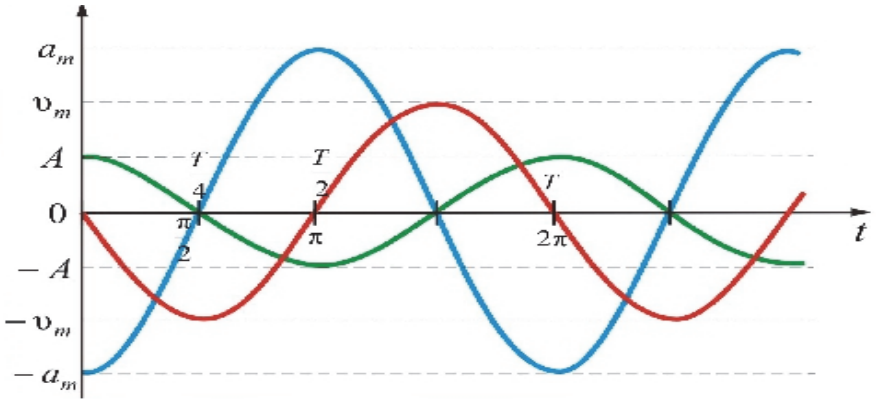


Рисунок 1 – Гармонические колебания, разделение на синусную и косинусную составляющие

Программный комплекс. Polytec Vibrometer Software (VibSoft) был специально разработан для получения данных измерений вибрации в сочетании с лазерными доплеровскими виброметрами. В дополнение к функциям сбора и анализа данных, настройками виброметра можно управлять дистанционно с помощью интерфейса. Продуманные функции, такие как интегрированное усиление сигнала, повышают качество данных, в то время как дополнительный встроенный функциональный генератор, отвечающий за произвольные сигналы возбуждения, и видеоизображение в реальном времени, включая лазерное пятно, упрощают все этапы от настройки до измерения и документирования.VibSoft может использоваться как для аналоговой, так и для цифровой передачи данных. С VibSoft-VL предлагается чисто цифровая версия.

VibSoft обеспечивает как сбор данных, так и глубокий анализ результатов измерения вибрации. Используя распределительную коробку VibSoft, аналоговый сигнал виброметра может быть получен и проанализирован вместе с другими аналоговыми входными сигналами (датчиками или опорными сигналами). Измерительные приборы Polytec, оснащенные соответствующим интерфейсом VibroLink, могут напрямую взаимодействовать с VibSoft или VibSoft-VL через Ethernet или WLAN. Это позволяет передавать измерительные данные и дистанционное управление измерительными параметрами полностью в цифровом виде.

VibSoft предлагает цифровые фильтры высоких, низких и полосовых частот. Программное обеспечение открыто для общих стандартов: например, запись данных времени и БПФ для произвольных сигналов напряжения, поддержка IEPE (ICP ®) для датчиков сторонних поставщиков, предоставление Visual Basic для автоматических процедур тестирования или экспорт в формате ASCII и universal file.

Модели VibSoft поддерживают полосу пропускания от 20 кГц до 40 МГц и поставляются предварительно сконфигурированными с высокопроизводительным ПК (опционально) или в качестве мобильного решения для вашего ноутбука.

В то время как скорость вибрации до 20 м/с может быть обработана с помощью стандартной линейки лазеров Polytec Доплеровские виброметры (LDVs), высокоэффективные приложения, требуют значительно повышенных скоростных возможностей. Чтобы провести эти агрессивные измерения на клапанных цепях для автоспортивных двигателей, мощных преобразователях, специальных буровых станках и аэрокосмических компонентах для ударных и усталостных испытаний, Polytec разработала ВПГ для увеличения максимальной рабочей скорости на 50% до 30 м/с. Технические характеристики лазернаого виброметра (Polytec HSV-2001/2001 High Speed Laser Vibrometer) показаны в таблице (1).

Таблица 1 – Технические характеристики лазернаого виброметра (Polytec HSV-2001/2001 High Speed Laser Vibrometer)

	Скорость	Перемещение
Частотный диапазон	0... 50 кГц	0... 250 кГц (малый сигнал)
Размах выходного напряжения	± 6 В	± 8 В
Масштабный коэффициент	5 м/с/В	0.32; 0.64; 1.28; 2.56; 5.12; 10.24 [мм/В]
Полный масштаб	± 30 м/с	5.12; 10.24; 20.48; 40.96; 81.92; 163.84* [мм п-п]
Разрешение	< 15 µм/с**	0.32; 0.64; 1.28; 2.56; 5.12; 10.24 [µм]
Максимальное ускорение	1,000,000 г	45,000,000 г

Система лазернаого виброметра. Сенсорная головка выпускается как с фиксированным, так и с переменным фокусом. Фиксированная фокусирующая головка имеет очень большую глубину резкости и рекомендуется для измерения больших перемещений. Один лазер блок подключается к контроллеру HSV для одноканальной версии (HSV-2001) и двум блокам для двойных или дифференциальных измерений (HSV-2002).

HSV-2001(контроллер) включает в себя декодер смещения 6 диапазонов с разрешением 0,32 мм и максимальным смещением ±82 мм. Кроме того, имеется одноступенчатый скоростной декодер для частот колебаний до 50 кГц с фиксированным масштабированием 5 м/с/В.

Такие области применения, как испытания клапанных цепей, требуют дифференциальных измерений. Один лазерный луч направляется на клапан, а другой на цилиндр. ВПГ-2002 предусматривает отдельные результаты скорости для канала а, канал Б и разница – Б. информацией перемещения доступно для канала А и разность А – В. Желаемые выходные сигналы скорости и перемещения выбираются поворотным переключателем на передней панели.

Оба контроллера оснащены большим гистограммным дисплеем, показывающим величину обратного сигнала от тестируемого объекта. Фактический диапазон перемещения выбирается кнопками и отображается на

жидкокристаллическом дисплее. Входной сигнал от тестируемого устройства (например, положение кулачкового вала) может вызвать измерение смещения через разъем на передней панели.

Применение для развития двигателя внутреннего сгорания. Цикл газообмена чрезвычайно важен для разработки двигателей внутреннего сгорания из-за его влияния на процессы смесеобразования и горения. Производительность клапанного механизма (кинематика и динамика) тесно связана с этим циклом и открывает значительные возможности для повышения производительности двигателя.

Контроллер (HSV-2002)-это уникальный инструмент, который вносит значительный вклад в усовершенствованное проектирование клапанных цепей, позволяя проводить независимые измерения как подъемной силы клапана, так и скорости. Могут быть измерены смещение и скорость до 160 мм и 30 м/с соответственно. Это важно для обнаружения высокочастотных подпрыгивающих эффектов.

Оба результата и разрешения не зависят от расстояния, свойств материала и температуры. Датчик устанавливается на безопасном расстоянии, что позволяет избежать проблем с температурой и загрязнением нефтью. Используя HSV 2002, инженеры-разработчики теперь могут оптимизировать параметры клапанной цепи на ранних стадиях цикла разработки продукта.

Применение при усталостных испытаниях лопаток турбин. При непрерывном контроле амплитуды и резонансной частоты испытуемых конструкций (например, лопаток турбин) если требуется, то ВПГ-это лучший выбор.

В установках усталостных испытаний, где структуры возбуждаются на своих резонансных частотах, ВПГ позволяет бесконтактно контролировать высокоамплитудные смещения с безопасного расстояния противостояния. Долговечность может быть измерена числом циклов, необходимых для начала растрескивания, что позволяет проверить численные прогнозы.

Применение в высокоскоростных измерениях через микроскоп на пузырьки капель. Для пузырьковых струйных принтеров скорость капель чернил может достигать 30 м/с. Только высокие скорости ВПГ Виброметр способен производить измерения на таких высоких скоростях. На ВПГ могут быть объединены с помощью микроскопа через CLVA-микрообразный переходник. Измерения производятся по каплям пузырьковой струи при выходе из капилляров печатающей головки.

Применение в нашем исследовании. При исследовании экспериментальная установка позволяет производить экспериментальное определение амплитудно-частотных характеристик, коэффициентов затухания и коэффициентов сопротивления внешней и внутренней среды колеблющейся системы. Для снятия показаний экспериментов используется бесконтактный способ фиксации параметров колебаний с помощью лазерного виброметра «Polytec High Speed Laser Vibrometer HSV2001». Снятие амплитуд колебаний производится с помощью лазерного луча направленного на колеблющийся исследуемый объект. [1]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мин Ко Ко. Методология исследований колебаний с помощью лазерного виброметра / Мин Ко Ко, Н. А. Тарануха // Молодежь и наука: Актуальные проблемы фундаментальных прикладных исследований: материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч., 06 –10 апреля 2020 г. – г. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ»
2. https://www.polytec.com/us/vibrometry/products/software/vibsoft
3. https://www.polytec.com/us/vibrometry/technology
4. https://www.polytec.com/us/velocimetry/technology/$basics-of-velocimetry

УДК 621.791.92: 004.942
Мосин Алексей Александрович, заместитель директора по производству;
Mosin Aleksei Aleksandrovich
ЗАО «Курганстальмост»; CJSC «Kurganstalmost»

ВИРТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОДНОПРОХОДНОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ УГЛОВЫХ ШВОВ ОБЪЕМНЫХ МОСТОВЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

VIRTUAL REALITY-BASED RESEARCH BY SINGLE-PASS SUBMERGED ARC WELDING OF FILLET WELDS IN PRODUCTION OF MULTI SOLID BRIDGE STRUCTURES

Аннотация. Проведенные виртуальные исследования показали, что существующие технологии однодуговой сварки угловых швов уже достигли своей максимальной производительности. Увеличить производительность однопроходной сварки угловых швов с катетом до 8…12 мм возможно, используя расщепленный электрод. Однако режимы сварки, а, главное, позиционирование электродов нуждаются в дополнительных исследованиях. Отсутствие необходимых данных затрудняет возможность сформулировать технические требования к технологиям и оборудованию для сварки расщепленным электродом.
Abstract. Conducted virtual reality-based research has shown that existing technologies for single-arc welding of fillet welds have already reached their maximum productivity. It is possible to increase the productivity of single-pass welding of fillet welds with a leg up to 8 ... 12 mm using a split electrode. However, the welding modes, and, most importantly, the positioning of the electrodes, need to be additionally researched. The lack of necessary data makes it difficult to define technical requirements for procedures and equipment for welding with a split electrode.
Ключевые слова: виртуальные исследования, сварка расщепленным электродом, режимы сварки, позиционирование электродов.
Keywords: virtual reality-based research, split-electrode welding, welding modes, electrode positioning.

Традиционные методы строительства мостов предусматривают укрупненную сборку металлоконструкций непосредственно на месте строительства. Поэтому объемы сварочных работ на месте строительства минимальны, тогда как основная трудоёмкость сварочных работ сосредоточена на заводах мостовых конструкций. Сварка на таких предприятиях протяженных угловых швов составляет от 40 % до 70% от общего объема сварочных работ. Для минимизации дефектообразования и повышения производительности процессов сварки мостовых металлоконструкций угловые швы с максимально возможным по размерам катетом желательно

сваривать в один проход [1]. Известно, что использование современных исследований, включая физико-математическое моделирование процессов и явлений при сварке, существенно сокращает объем экспериментальных исследований [2]**.** Поэтому при изучении особенностей формирования угловых швов при сварке под флюсом мостовых металлоконструкций использовались возможности физико-математического моделирования. Это потребовало разработки оригинальной физико-математической модели сварки угловых швов под флюсом [3].

При проведении исследований выяснилось, что режимы сварки расщепленным электродом, а, главное, позиционирование электродов относительно разделки оказывают существенное влияние на качество сварных соединений. Отсутствие необходимых данных о влиянии расположения электродов на формирование шва затрудняет возможность сформулировать технические требования к сварочным технологиям и оборудованию, обеспечивающим стабильно высокое качество сварных соединений. Для выполнения этого анализа использовали разработанную физико-математическую модель формирования шва при сварке под флюсом [3], учитывающей основные параметры процесса, определяющие формирования угловых швов.

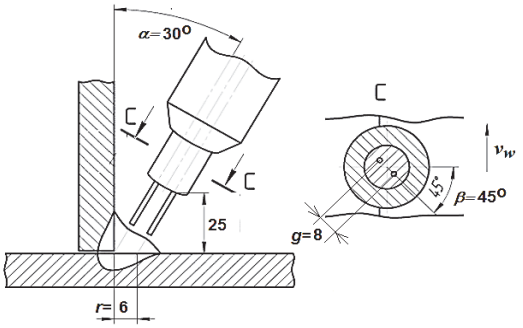


Рисунок 1 – Схема расположения расположение горелки относительно заготовок, поперечное сечение мундштука горелки и расположения сварочных проволок

Выполнили моделирование формирования шва при изменении угла ***β,*** рисунок 1, который определяет расположение электродов относительно направления сварки (рисунок 2 а). Вариант расположения с отставанием дуги на стенке обеспечивает лучшее формирование шва, поэтому дальнейшее исследование влияния параметров выполнили именно для этого варианта. Так как катеты шва для данной толщины недостаточны, то увеличили расстояние между дугами (g=12 мм) (рисунок 2, б). На следующем шаге изменили общее расположение электродов, направив их на стенку и непосредственно в стык (r=0) и при смещении (r=4) (рисунок 2, в). Электродная проволока Св-08ГА диаметром 2 мм, скорость подачи 23 мм/с, вылет электродов 25 мм, угол наклона 45° к горизонту. Электроды расположены на расстоянии 8 мм друг от друга, перпендикулярно плоскости симметрии стыка и направлению сварки. Режим сварки: скорость сварки 10 мм/с, общий ток расщеплённой дуги 850 А, напряжение на дугах 29 В.

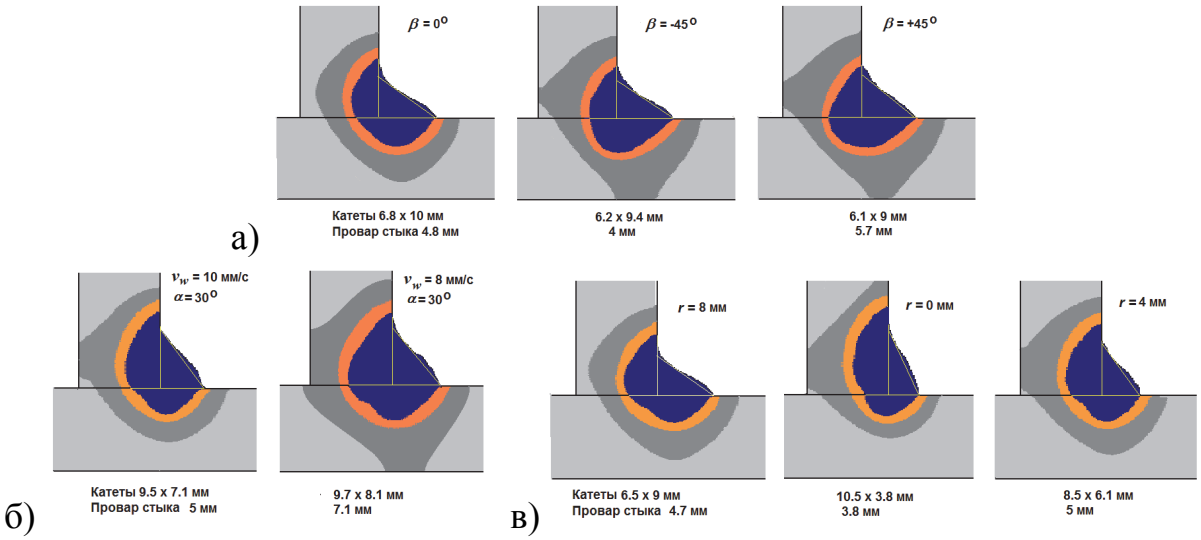


Рисунок 2 - Результаты моделирования: а) при разном угле β расположения электродов относительно стыка; б) при разном смещении r электродов от стыка и разном угле α наклона горелки; в) при смещении r =4 мм, угле наклона горелки α=30° и разных скоростях сварки

Моделирование показало, что при выполнении сварки углового шва «в угол» можно обеспечить удовлетворительное формирование шва с катетом до 12 мм при определённом расположении расщеплённого электрода относительно стыка, при котором дуга на стенке отстаёт от дуги на полке. Для стальных листов толщиной 14 мм оптимально расстояние между электродами 12 мм, угол поворота электродов относительно направления сварки 45°, смещение электрода от линии стыка 4 мм, угол наклона горелки 30°.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мосин А.А. Возможности повышения производительности сварки протяженных угловых швов мостовых металлоконструкций (обзор) // Сварка и Диагностика. - 2020. - № 1. - С. 50-55.

2. Судник В.А., Ерофеев В.А. Методы исследований сварочных процессов. - Тула: ТулПИ, 1980. - 98 с.

3. Оптимизация двухэлектродной сварки под флюсом угловых швов мостовых металлоконструкций / А.А. Мосин, В.А. Ерофеев, М.А. Шолохов, А.М. Фивейский // Заготовительные производства в машиностроении. - 2020. Т. - 18, № 9. - С. 402-407.

УДК 004.9
Попова Ольга Владимировна, студент; Popova Olga Vladimirovna
Григорьев Ян Юрьевич, кандидат физико-математических наук, декан; Grigoriev Yan Yurievich
Жарикова Евгения Павловна, аспирант; Zharikova Evgeniya Pavlovna
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕЛИ УМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

SMART LIGHTING MODELS

Аннотация. Целью работы является описание подхода к разработке автоматизированной системы контроля и обеспечения необходимого уровня освещенности помещений различного назначения.
Abstract. The purpose of the work is to describe an approach to the development of an automated system for monitoring and ensuring the necessary level of illumination of premises for various purposes.
Ключевые слова: освещенность, моделирование, система.
Keywords: illumination, modeling, system.

В работах [2], [3] рассматриваются модели систем освещения, в основе работы которых лежат соотношения зависимости уровня освещенности от времени суток, дня в году и географического местоположения. При таком подходе требуется много информации о текущем состоянии внешних факторов – параметры помещения, дата, временя суток. В данной работе предлагается унификация изложенного метода. На основе полученных измерений и далее выявленных функциональных зависимостей определяется уровень освещенности в любой точке рабочей зоны помещения только на основе данных поступающих от датчиков освещенности, количество которых может быть минимально.

На рисунке 1 показан обобщенный принцип работы. Первый блок предполагает ввод данных о помещении и осветительных приборах, выбор его функционального назначения. На основе полученной информации определяются рекомендации для пользователя по необходимым изменениям схемы освещения. Второй блок отвечает за сбор информации и расчет параметров аналитических зависимостей по учету освещенности. В третьем блоке реализованы инструменты управления элементами системы.

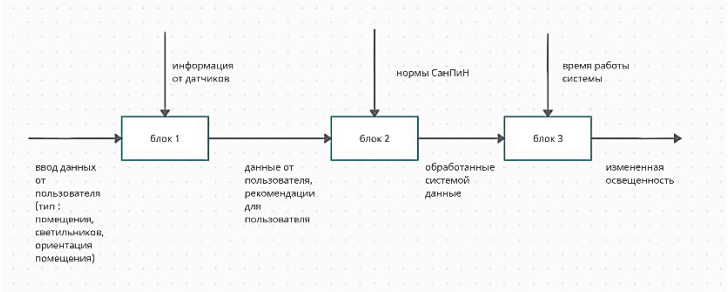


Рисунок 1 - Общая модель системы с тремя блоками

Представленный выше подход не может быть унифицирован из-за узко заданных параметрами ограничений.

В работе на основе эмпирических данных выявляется одна зависимость, коэффициенты которой рассчитываются на основе только состояния датчиков освещенности, при этом не берется во внимание связь со временем, датой и местоположением. Модель реализована с помощью двух информационных потоков.

Вид полученной функции:

$$\begin{gathered} Z = a + b \cdot S1(x') + c \cdot S1(y') + d \cdot S2(x') + e \cdot S1(x') \cdot S1(y') \\ +f \cdot S2(y') + g \cdot S3(x') + h \cdot S2(x') \cdot S1(y') + i \cdot S1(x') \cdot S2(y') \\ +j \cdot S3(y') + k \cdot S4(x') + l \cdot S3(x') \cdot S1(y') + m \cdot S2(x') \cdot S2(y') \\ +n \cdot S1(x') \cdot S3(y') + o \cdot S4(y') + p \cdot S5(x') + q \cdot S4(x') \cdot S1(y') \\ +r \cdot S3(x') \cdot S2(y') + s \cdot S2(x') \cdot S3(y') + t \cdot S1(x') \cdot S4(y') + u \cdot S5(y') \\ +v \cdot S6(x') + aa \cdot S5(x') \cdot S1(y') + ab \cdot S4(x') \cdot S2(y') \\ +ac \cdot S3(x') \cdot S3(y') + ad \cdot S2(x') \cdot S4(y') + ae \cdot S1(x') \cdot S5(y') \\ +af \cdot S6(y') + ag \cdot S7(x') + ah \cdot S6(x') \cdot S1(y') + ai \cdot S5(x') \cdot S2(y') \\ +aj \cdot S4(x') \cdot S3(y') + ak \cdot S3(x') \cdot S4(y') + al \cdot S2(x') \cdot S5(y') \\ +am \cdot S1(x') \cdot S6(y') + an \cdot S7(y') \end{gathered} \quad (1)$$

Где x' изменяется -1 до +1, y' изменяется -1 до +1,

$$Si = -1 + (2/1 + exp(-((x' + 1 - (i - 1) \cdot (2/n)))/0.12)) \quad (2)$$

На рисунке 2 представлен пример зависимости (1) в указанный момент времени 11 часов 00 минут.

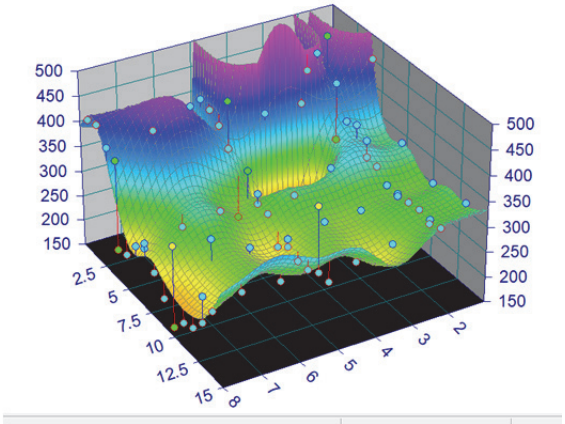


Рисунок 2 - Вид зависимости от формулы (1) в 11:00

Для каждого коэффициента из функции (1) построены зависимости от состояния датчиков x,y:

1) a : $z=a+bx^{1.5}+cx^2\ln x+dx^{2.5}+ex^3+fy+gy\ln y+hy^2+iy^3$
2) b: $z=a+b/x+c/x^2+e/x^4+fy+gy^2+hy^3+iy^4+jy^5$
3) c: $z=a+bx\ln x+cx^{1.5}+dx^2+ex^{2.5}+fx^{0.5}\ln x$

4) d: $z=a+bx^{1.5}+cx^2lnx+dx^{2.5}+ex^3+fy+gylny+hy^2+iy^3$

5) e: $z=a+bx+cxlnx+dx^2+ex^{2.5}+fx/lnx+gy^{0.5}lny+hy/lny+ilny/y^2$

6) f: $z=a+bx^{1.5}+cx^2lnx+dx^{2.5}+ex^3+fy+gylny+hy^2+iy^3$

и т.д.

При таком подходе можно достаточно тонко настроить работу системы с помощью изменения дискретизации опроса данных с сенсоров. Предварительные результаты работы системы оказались более точными. Такой вариант решения задачи является более обобщенным. Имеется возможность использовать данную схему и в других системах требующих непрерывного управления изменениями параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. : 2.2.1/2.1.1.1278-03: утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 06.04.2003 г. : ввод. в действие с 15.06.2003: - Москва. : Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 2003 – 28 с.
2. Lighting control system modeling // J. U .Grigoryev, E. P . Zharikova, O. V. Popova // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies// IEEE. – 2020. - 4 с.
3. Разработка системы контроля и регулировки освещенности // Попова О.В., Жарикова Е.П., Григорьев Ян.Ю.
4. В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях. Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. 2020. С. 367-370.
5. Влияние освещенности на работоспособность человека. // С. Л. Валов, Р. Р. Саляхутдинов, С. Б. Петров // Кировский Государственный Медицинский Университет Минздрава России. – 2019. – № 52. – С. 12-14.
6. Использование датчиков освещенности в помещениях, для соблюдения норм освещенности // П. В. Выборнов // - Актуальные направления научных исследований 21 века. Теория и практика. – 2015. – №7. – С. 236-240.
7. Оценка естественного освещения зданий с учетом солнцезащитных конструкций при реальных состояниях облачности // Нгуен Тхи Хань Фыонг, А.К. Соловьев // Вестник МГСУ. – 2020. - №15 (2). – С. 180-200.
8. Моделирование и реализация универсального конфигуратора для обмена данными между периферийными устройствами // Петрова А.Н., Чудин В.М. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2017. Т. 1. № 3 (31). С. 40-44.

УДК 621.791.92: 004.942
Полосков Станислав Сергеевич, аспирант; Poloskov Stanislav Sergeyevich
Московский государственный областной университет
Moscow State Regional University

ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ НАПЛАВКЕ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКОЙ

MODELING AREA BY CONSUMABLE ELECTRODE SURFACING WITH ADDITIONAL FILLER WIRE

Аннотация. Для качественной дуговой наплавки уплотнительных поверхностей запорной арматуры плавящимся электродом необходимо регулировать соотношение между объёмами наплавляемого материала и переплавляемой подложки и управлять микроструктурой наплавляемых слоев. Это эффективно осуществить, подавая присадочную проволоку, подогреваемую дополнительной дугой, горящей между электродной и присадочной проволоками.
Abstract. For high-quality consumable electrode surfacing of shut-off valves sealing surfaces, it is necessary to adjust the ratio between the volumes of the deposited material and the remelted base metal and to control the microstructure of the deposited layers. This can be effectively done by adding an additional filler wire heated by an additional arc burning between the electrode and the filler wire.
Ключевые слова: дуговое взаимодействие, наплавка, плавящийся электрод, присадочная проволока, пространство моделирования.
Keywords: arc interaction, surfacing, consumable electrode, filler wire, modeling space.

Управление потоками сырья в магистральных трубопроводах невозможно без соответствующей арматуры. Зачастую требования к качеству уплотнительных поверхностей арматуры обеспечивают наплавкой износо- и коррозионностойкими материалами. Применяемые в настоящее время технологии наплавки обладают как достоинствами, так и определенными недостатками. Поэтому, с учетом масштабов применения, требуются новые технические решения, совершенствующие технологии наплавки и средства их автоматизации. Таким перспективным путем мог бы стать высокотехнологичный процесс роботизированной наплавки плавящимся электродом с подачей присадочной проволоки [1]. Такой процесс позволяет не только регулировать долю основного металла в наплавленном и общий подвод тепла в сварочную ванну, но и повышает производительность процесса путем выполнения наплавки широкими слоями. Помимо этого, и сам процесс может реализовываться робототехническими комплексами [2].

К сожалению, решение задачи оптимизации предлагаемой технологии наплавки осложнено большим количеством ее параметров (скорости наплавки и подачи проволок, их диаметров, напряжения и тока дуги, амплитудой, периодом и формой колебаний, исходной температурой подложки) и множеством показателей качества (размеры и форма наплавляемого слоя, глубина проплавления подложки и толщина наплавки, химический состав наплавленного металла, эксплуатационные свойства наплавленного слоя). Разумеется, такие задачи должны решаться с использованием современных методов исследования, в частности физико-математического моделирования [3,4].

Главная проблема при этом - это определение границ пространства моделирования. Так как дуговое взаимодействие между электродной и присадочной проволоками, которое протекает под действием теплоты двух дуг, то в пространстве моделирования необходимо учитывать, что первая из них *a*, рис. 1 горит между электродной проволокой *1* и подложкой *3*, а вторая *b* – между электродной *1* и присадочной проволокой *2*. Эти дуги при взаимодействии формируют общий плазменный столб дуги.

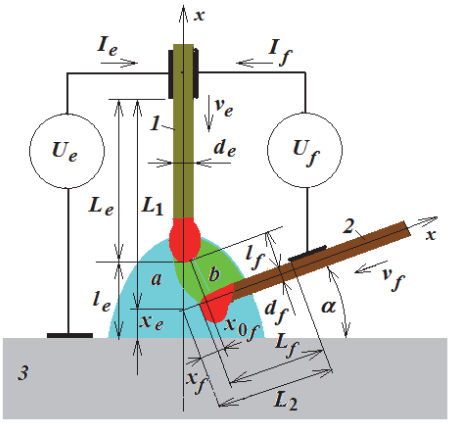


Рисунок 1 - Основные параметры дуговой наплавки плавящимся электродом с дополнительной присадочной проволокой

В процессе наплавки электродная проволока подаётся перпендикулярно плоскости подложки, а присадочная проволока - под углом α так, чтобы её ось пересекалась с осью электрода на заданном расстоянии L_2 от мундштука электрода, а её токоведущий мундштук располагался на расстоянии L_2 от точки пересечения. Поэтому в пространстве моделирования необходимо задавать расстояние x_e от точки пересечения осей проволок до поверхности подложки. В пространстве моделирования должны также учитываться скорости подачи и диаметры электродной v_e, d_e и присадочной проволок v_f, d_f. Для основной дуги (*a*) задаётся напряжение холостого хода U_e, а для дополнительной (*b*) - ток I_f. Следует отметить, что ток I_e основной дуги самоустанавливается за счет эффекта саморегулирования ее длины l_e , в свою очередь, напряжение дополнительной дуги определяется её длиной l_f.

Корректное описание пространства моделирования позволило выполнить в работе [5] физико-математическое моделирование совместного дугового процесса плавления электродной и присадочных проволок с описанием его системой уравнений, учитывающих нагрев присадочной проволоки как дополнительной дугой, так и плазмой столба основной дуги. **Решение** предложенной системы уравнений выполнено для случая наплавки в аргоне на сталь 09Г2С проволоками диаметром 1,2 мм из сплава Inconel 625, при скоростях электродной и присадочных проволок 98 и 60 мм/с соответственно. В результате решения системы уравнений и учета теплофизических свойств материалов были определены следующие оптимальные, с точки зрения дугового взаимодействия, параметры процесса наплавки: ток на плавящимся электроде 202 А, ток дополнительной дуги 140 А. Для этого случая, тепловая мощность, переносимая потоком капель электродного металла 1390 Вт, присадочной проволоки 815 Вт, тепловыделения в катодной пятне составила P_k=370 Вт. Именно эти данные определяют тепломассоперенос металла в наплавочную ванну и свойства наплавляемого слоя. Кстати, при наплавке проволоками св-12Х18Н10Т тепловую мощность дуг следует увеличивать на 10-15%.

Разумеется, эти и другие результаты физико-математического моделирования дугового взаимодействия должны учитываться при численном моделировании условий формирования наплавочной ванны и определения свойств наплавляемых слоев при износо- и коррозиестойкой наплавке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Полосков С.С. Проблемы наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры и пути их решения // Вестник ДГТУ. - 2019. - Т. 19, № 4. - С. 349-356.

2. Факторы эффективности внедрения сварочных роботов в Индустрии 4.0 // М.А. Шолохов, И.В. Ершова, Д.С. Бузорина, С.И. Полосков // Сварка и диагностика. - 2020. - № 5. - С. 41-44.

3. Судник В.А., Ерофеев В.А. Методы исследований сварочных процессов. - Тула: ТулПИ, 1980. - 98 с.

4. Полосков С.С., Ерофеев В.А., Шолохов М.А. Моделирование формирования ванны расплава и шва при наплавке плавящимся электродом с дополнительной присадочной проволокой // Заготовительные производства в машиностроении. - 2020. - Т. 18, № 6. - С. 247-255.

5. Полосков С.С., Ерофеев В.А., Шолохов М.А. Физико-математическая модель дугового взаимодействия при наплавке плавящимся электродом с дополнительной присадочной проволокой // Сварка и Диагностика. - 2019. - № 6. - С. 27-31.

УДК 621.365.55:665.622.43
Фаттахов Ирек Ильдарович, магистрант кафедры транспорта и хранения нефти и газа; Fattakhov Ireck Ildarovich
Муфтахов Евгений Махмутович, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа; Muftakhov Evgenij Mahmutovich
Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет
Ufa State Petroleum Technological University

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВА ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ, ДВИЖУЩЕЙСЯ В ТРУБОПРОВОДЕ

MATHEMATICAL MODEL OF DIELECTRIC HEATING OF AN OIL WATER EMULSION MOVING IN A PIPELINE

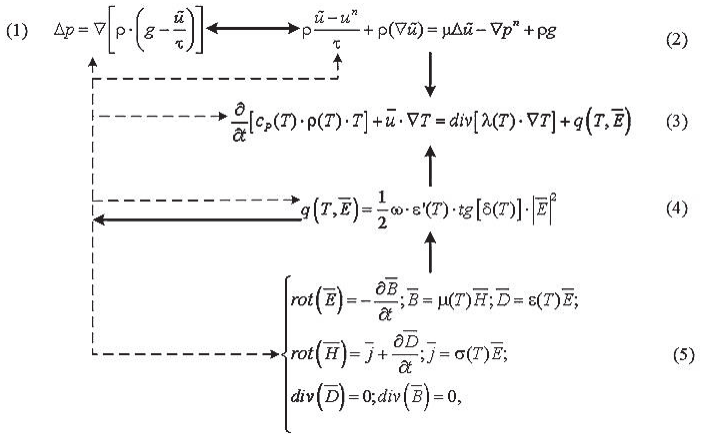
Аннотация. В работе рассмотрены уравнения для решения задачи диэлектрического нагрева водонефтяной эмульсии, движущейся в трубопроводе.
Abstract. The paper considers the equations for solving the problem of dielectric heating of an oil-water emulsion moving in a pipeline.
Ключевые слова: водонефтяная эмульсия, диэлектрический нагрев.
Keywords: oil-water emulsion, dielectric heating.

Структура модели процесса диэлектрического нагрева движущейся в трубе водонефтяной эмульсии приведена на рисунке 1.

Здесь стрелками показано непосредственное влияние величин, рассчитанных по уравнениям в блоках схемы, откуда исходят стрелки на уравнения, куда эти стрелки приходят. Пунктирной линией показано влияние результатов расчёта температуры на коэффициенты в соответствующих модельных уравнениях. В случае, если принимается допущение о постоянстве всех коэффициентов модели, влияние, обозначенное тонкой линией, исчезает. Тогда уравнение (3), по которому рассчитывается температура, будет подчинённым и напрямую зависимым от результатов расчёта по группе уравнений (2) и (5) (через уравнение (4)).

Особенностью данной модели, является то, что нет необходимости решать систему (5) совместно с (2) и (3), если принять допущение о постоянстве коэффициентов в уравнениях.

Во-первых, при подводе в систему СВЧ-волны система (5) будет описывать изменение электромагнитного поля за промежутки времени около $\tau_{max} = 3 \cdot 10^{-8} \div 3 \cdot 10^{-9}$ м/с. Это является ничтожно малым в сравнении с постоянной времени как термического процесса нагрева, так и гидродинамических процессов в текущей жидкости. Таким образом, нет необходимости в моделировании самой электромагнитной волны, ибо достаточно знать только результирующее (за время минимального шага при численном расчёте) значение $|\bar{E}|$ в данной точке модельного пространства.



1 – уравнение связи плотности ВНЭ с ее давлением;
2 – из уравнения гидродинамики Навье-Стокса; 3 – уравнение нестационарной теплопроводности; 4 – удельная поглощенная мощность;
5 – система уравнений Максвелла

Рисунок 1 – Структура модели диэлектрического нагрева ВНЭ в трубопроводе

Во-вторых, есть хорошо изученные статические и переменные поля простых систем с уже известными зависимостями $|\overline{E}| = E(r,\theta,z)$ так, что вместо решения системы (5) вполне логично было бы использовать эти данные, как отправную точку для расчётов.

В зависимости от того, какая геометрическая конфигурация устройства подвода СВЧ-волн будет выбрана для моделирования, можно получить ту или иную зависимость от пространственных координат модуля электрического поля $|\overline{E}|$, вызывающего нагрев.

Так, например, если считать, что диэлектрическая жидкость течёт в трубе сквозь плоскость витка с СВЧ-током постоянной амплитуды I_m, перпендикулярную оси симметрии *0z* (рисунок 2), то в первом приближении, можно принять, что модуль напряжённости эл. поля $|\overline{E}| = E(z)$, т.е. зависит только от расстояния по оси *0z* до этого витка, и не зависит от времени *t*, радиальной координаты *r* и от полярного угла θ.

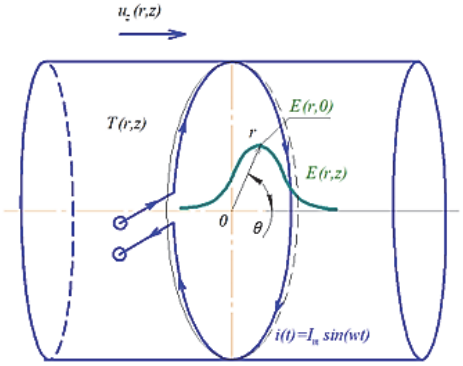


Рисунок 2 – Течение потока жидкости через плоскость витка с током

Такая постановка задачи приведёт к упрощению зависимого уравнения нестационарной теплопроводности в цилиндрических координатах в

смысле сведения его до уравнения по одной пространственной координате z и фактору времени t. Соответственно, в системе уравнений Навье-Стокса (2) можно будет ограничиться только одним уравнением, считая, что смесь движется только в продольном направлении по трубе.

Если считать, что нагревающее поле $|\overline{E}| = E(r,z)$, то потребуется рассчитывать удельную поглощаемую мощность $q(T(r,z),E(r,z))$ как функцию двух координат, что даст зависимость температуры тоже как функции двух пространственных координат и времени $T(t,r,z)$. Соответственно, в системе (2) потребуется решение двух уравнений для двух компонент скорости u_r, u_z.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. Наука, 1973. – Т. 6. – 734 с.

2 Мазо, А.Б. Гидродинамика. Учебное пособие / А.Б. Мазо, К.А. Поташев. – Казань: КГУ, 2008. – 126 с.

3 Анфиногентов В.И. Моделирование СВЧ нагрева диэлектрика движущимся излучателем / В.И. Анфиногентов, Т.К, Гараев, Г.А. Морозов // Электронное приборостроение. Научно-практический сборник. – 2003. – №1(29).

УДК 621.791.92: 621.79.01

Филиппов Олег Иванович, аспирант; Filippov Oleg Ivanovich
Волгоградский государственный технический университет
Volgograd State Technical University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОДУГОВОЙ СВАРКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЫКОВ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

SIMULATION OF PARAMETER INTERDEPENDANCE OF POTENTIALLY PRODUCTIVE MULTI-ARC WELDING OF VERTICAL WELDS DURING CONSTRUCTION OF RESERVOIRS FOR STORAGE OF OIL AND OIL PRODUCTS

Аннотация. Перспективным путем повышения производительности сварки вертикальных стыков резервуаров являются замена одногодуговой автоматической сварки на многодуговую сварку в защитных газах или газовых смесях. Для этого наиболее перспективен вариант синхронной сварки с двух сторон стыка, при котором в образовании сварного соединения участвуют попарно с обеих сторон стыка четыре дуги. Однако для промышленного использования данного способа сварки необходимо решить целый комплекс проблем с использованием физико-математического моделирования особенностей предлагаемого процесса сварки.

Abstract. A promising way to increase the welding productivity of vertical welds during tanks production is to replace the single-arc automatic welding with multi-arc welding in shielding gases or gas mixtures Whereby the method exhibiting the most promise is the double-sided synchronous procedure. In this case, two arcs on the both sides of the workpiece are involved in the weld formation. However, for industrial use of this welding method, it is necessary to solve the whole range of tasks using physical and mathematical modeling of the proposed welding process and its special features.
Ключевые слова: многодуговая сварка, резервуар, инженерный анализ, моделирование, физико-математическая модель.
Keywords: multi-arc welding, tank, engineering analysis, modeling, physical and mathematical model.

В настоящее время наблюдается отчетливая тенденция к строительству вертикальных стальных резервуаров для приема, хранения, технологической обработки и отпуска нефти и нефтепродуктов большой вместимости. Конструктивно резервуар состоит из днища, вертикальной стенки и стационарной крыши. Основным методом строительства резервуаров большой вместимости стала их полистовая сборка и сварка. При монтаже резервуаров наиболее часто используют дуговые способы сварки.

При выполнении наиболее трудоемких операций, к которым относится сварка вертикальных швов, применяют ручную, механизированную и автоматическую сварку. С точки зрения минимизации «человеческого фактора» только автоматические способы сварки реально снижают субъективное влияние исполнителей на процесс сварки, поэтому объемы их использования должны постоянно возрастать [1]. Применяемые в настоящее время при строительстве резервуаров варианты автоматической сварки достигли своей максимальной производительности. Дальнейшее повышение производительности сварки возможно при замене однодуговой автоматической сварки на многодуговую сварку в защитных газах или газовых смесях [2].

Наиболее перспективен вариант синхронной сварки с двух сторон стыка, при котором в образовании сварного соединения участвуют попарно четыре дуги, рис.1.

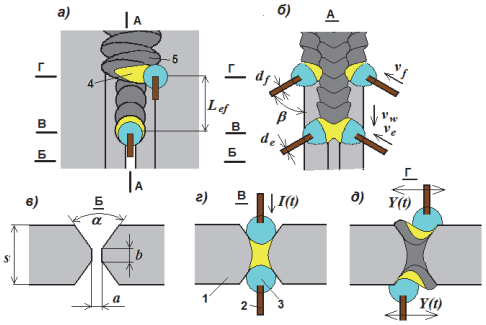


Рисунок 1 - Схема реализации процесса сварки вертикальных стыков *(а, б)*, сечения стыка *(в)*, и расположения относительно его электродов *(г)*:
1 - свариваемые кромки; 2 - электродная проволока; 3 - дуга;
4 - сварочная ванна; 5 - шов

При реализации процесса сварки вторая дуга односторонней пары, (рис. 1 а) должна размещаться на расстоянии L_{ef}, исключающем слияние сварочных ванн. Это же условие должно выполняться и при синхронном воздействии пар дуг при подаче со скоростью v_f электродной проволоки диаметром d_f (рис. 4 *б*), с обеих сторон Х-образной разделки (рис. 1 *в*). При одновременном формировании корня шва всеми четырьмя дугами с разных сторон стыка, нижняя пара дуг формирует двухсторонний корень шва (рис. 1 г), а верхняя пара дуг (рис. 1 *д*) его усиливает, участвуя в заполнении разделки. В этом случае верхняя пара дуг обеспечивает выполнение своеобразного «горячего прохода». В процессе формирования корня шва и заполнении разделки, сварочные горелки размещаются под углом β к продольному сечению шва (рис. 4 *б*), что обеспечивает наибольшее электродинамическое давление сварочных дуг и способствует лучшему удержанию расплава сварочной ванны.

Так как при инженерном анализе данного способа сварки необходимо рассматривать заполнение разделки при одновременном воздействии четырёх дуг, то как отмечается в работах [3,4], решить такую сложную проблему синхронизации действия нескольких дуг без использования компьютерного инженерного анализа попросту невозможно.

Поэтому для выполнения компьютерного инженерного анализа сварки вертикальных стыков резервуаров должна быть разработана физико-математическая модель формирования шва при сварке двумя дугами с каждой стороны стыка с симметричной двухсторонней разделкой, учитывающей возможность питания первой пары дуг импульсным током при формировании корня шва, а для второй - возможность поперечных колебаний дуг с задержками их на кромках при заполнении разделки. Используя такую модель для виртуального воспроизведения процесса автоматической двухсторонней сварки вертикальных стыков можно решить все основные проблемы разработки технологий и необходимого оборудования для сварки вертикальных стыков толстостенных резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов большой вместимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шолохов М.А. Перспективные технологии и оборудование для сварки по узкому зазору корпусных конструкций специальной техники // Сварка и диагностика. - 2015. - № 5. - С. 46-51.

2. Филиппов О.И. Пути совершенствования сварочных работ при строительстве резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов // Заготовительные производства в машиностроении. - 2020. - Т. 18, № 7. - С. 301-308.

3. Полосков С.С., Ерофеев В.А., Шолохов М.А. Физико-математическая модель формирования ванны расплава при наплавке плавящимся электродом с дополнительной присадочной проволокой // Заготовительные производства в машиностроении. - 2020. - Т. 18, № 6. - С. 247-253.

4. Компьютерный инженерный анализ двухсторонней многодуговой сварки вертикальных стыков резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / О.И. Филиппов, М.А. Шолохов, В.А. Ерофеев, С.И. Полосков // Известия ВолгГТУ. Серия: Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. - 2020. - № 10 (245). - С. 60-66.

УДК 621.791.92: 004.942
Филяков Алексей Евгеньевич, аспирант; Filiakov Aleksei Evgenyevich
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Bauman Moscow State Technical University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

SIMULATION-BASED REAL-TIME WELD QUALITY PREDICTION DURING WELDING OF MAIN PIPELINES

Аннотация. Так как перспективным путем дальнейшего совершенствования систем мониторинга процессов сварки будет расширение их функций путем оперативного прогнозирования качества сварных соединений, то необходимо проведение комплексных исследований, устанавливающих причинно-следственную связь параметра мониторинга с физическими явлениями при сварке и дефектами сварных соединений. Такие многоуровневые зависимости должны реализовываться специальным интеллектуальным модулем, позволяющим виртуально воспроизводить условия формирования соединений.
Abstract. Since a promising way to further improve the systems for monitoring of welding processes will undoubtedly be their functional extension by means of the real-time weld quality prediction, it is necessary to conduct comprehensive studies that can identify a causal relationship between the monitoring parameter, also physical phenomena during welding and defects in welded joints. Such multi-level dependencies should be implemented by a special intelligent module that allows virtually reproducing the conditions for the formation of a welded joint.
Ключевые слова: магистральный трубопровод, сварка, прогнозирование качества, физико-математическое моделирование.
Keywords: pipeline, welding, quality forecasting, physical and mathematical modeling.

В настоящее время ручная, механизированная и автоматическая дуговая сварка является единственным способом соединения отдельных труб в непрерывную нитку при строительстве магистральных трубопроводов. С учетом того, что аварии и отказы в работе трубопроводов могут нанести

значительный материальный и экологический ущерб, вопросам обеспечения качества строительных работ уделяется исключительное внимание. Для идентификации исполнителей и фиксации режимов сварки при сварке магистральных трубопроводов активно используются системы мониторинга и документирования процессов сварки с подключением к сварочному оборудованию специальных регистраторов.

Перспективным путем дальнейшего совершенствования систем мониторинга процессов сварки могло бы стать расширение их функций путем оперативного прогнозирования качества сварных соединений [1]. К сожалению, несмотря на попытки прогнозировать качество сварных соединений по результатам мониторинга, систем прогноза появления дефектов при дуговой сварке не существует, так как для создания системы необходимо связать показатели качества сварных соединений с фактическими параметрами режима сварки, регистрируемыми в режиме on-line.

Вместе с тем, физико-математическое моделирование технологических процессов сварки позволяет учитывать влияние значимых параметров режима сварки на качество сварных соединений, в том числе таких характерных дефектов формирования многопроходных швов, как несплавления между слоями, по кромкам и в корне шва. Для этого в модель прогнозирования должно входить математическое описание следующих физических явлений: источника теплоты как результата мониторинга изменения тока и напряжения дуги; распределение тепловой мощности дуги по свариваемым кромкам; оценка мощности теплового потока, создаваемого каплями электродного металла; электрическое сопротивление вылета электродной проволоки; параметры колебания электрода в разделке [2].

Термодинамическая и гидростатическая модели формирования ванны и шва в ходе сварки позволяет выявить причинно-следственные связи параметров мониторинга с физическими явлениями при сварке. Численное решение уравнений модели удобно решать методом конечных разностей на сопряжённых сетках с постоянным шагом между узлами.

Однако для более точного прогноза вероятности возникновения дефектов типа напроваров по данным мониторинга необходимо установить зависимость глубины кратера как от длительности обрыва дуги, так и от других параметров сварочного процесса.

На рис. 1 представлены результаты моделирования формирования заполняющего прохода при скорости сварки v_w=5 мм/с и токе дуги I=190 А после обрыва дуги на t_{ok}=0.5 с при выполнении сварки в вертикальном положении «снизу-вверх».

Обрыв дуги вызывает формирование углубления (кратера) в валике шва глубиной g по отношению к уровню поверхности шва на установившемся режиме, рис. 4 *d* (коричневым выделено сечение текущего прохода, синим – при предыдущих проходах). Глубину кратера от обрыва дуги в дальнейшем использовали для оценки влияния технологических факторов на формирование шва. Влияние длительности перерывов горения дуги на

глубину кратеров слабо зависит от скорости сварки при поддержании постоянной площади сечения наплавки, но существенно увеличивается при уменьшения этого сечения, и заметно зависит от пространственного положения выполнения сварки.

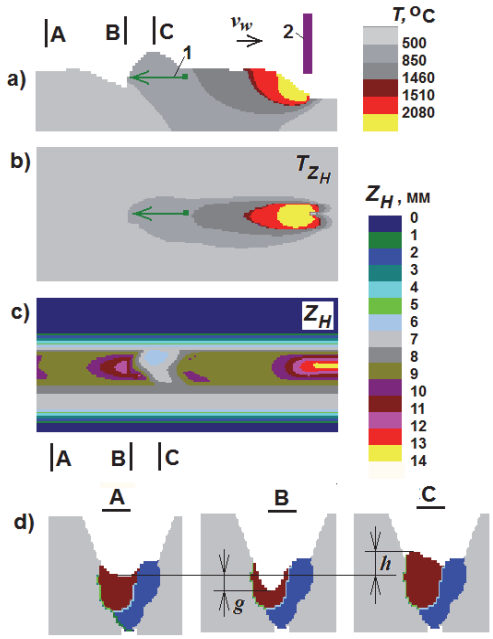


Рисунок 1 - Результаты моделирования влияния обрыва дуги: распределение температуры в продольном сечении прохода (a) и на поверхности Z_H валика шва (b); c) топографическое изображение поверхности Z_H шва; d) поперечные сечения шва

Это влияние максимально при сварке в вертикальном положении «снизу-вверх» и минимально при сварке «сверху-вниз». Таким образом, использование физико-математического моделирования при изучении причин возникновения дефектов типа непроваров, позволяет более обоснованно проводить критериальную оценку причин их возникновения при автоматической сварке трубопроводов [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Филяков А.Е., Шолохов М.А. Пути решения проблем оперативного прогнозирования качества сварных соединений магистральных трубопроводов // Вестник ДГТУ. - 2020. - Т. 20, № 1. - С. 42-50.

2. Физико-математическая модель влияния отклонений энергетических параметров дуги на образование дефектов при сварке трубопроводов / А.Е. Филяков, С.И. Полосков, В.А. Ерофеев, М.А. Шолохов // Сварка и диагностика, - 2020. - № 2. - С. 16-22.

3. Анализ проблем критериальной оценки причин возникновения дефектов при автоматической сварке трубопроводов / А.Е. Филяков, С.И. Полосков, В.А. Ерофеев, М.А. Шолохов // Сварка и Диагностика, - 2020. - № 6. - С. 31-36.

УДК 620.97
Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Vladimir Chelukhin
Абрамсон Елизавета Владимировна, аспирант; Elizaveta Abramson
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Pyae Zone Aung, (Assistant Lecturer)
Defence Services Academy, Pyin Oo Lwin, Myanmar

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР

CONSTRUCTION OF THE ALGORITHM OF THE CONTROL DEVICE OF THE TEMPERATURE DIFFERENCE ENERGY CONVERTE

Аннотация. Одной из проблем автоматизации управления преобразователем энергии перепада температур является разработка программы управления суточным диапазоном изменения температур. В докладе показана разработка алгоритма управления преобразователем перепада температур в течение суточного перепада температур между днём и ночью.
Abstract. One of the problems of automating the control of the temperature difference energy converter is the development of a program for controlling the daily temperature range. The report shows the development of an algorithm for controlling the temperature difference converter during the daily temperature difference between day and night.
Ключевые слова: перепад температур, преобразователь энергии, алгоритм, диэлектрик.
Keywords: the temperature difference, the energy Converter, algorithm, dielectric.

Сегодня, в связи с высоким развитием информационных технологий, компьютерных систем, микроэлектроники и систем управления различными устройствами происходит минимизация всех электронных устройств.. И одной из важнейших задач, которые при этом приходится решать – это энергоснабжение подобных устройств и управление ими.

Для решения описанных проблем предлагается использовать разработанное устройство, получающее энергию от перепада температур, которое может устойчиво питать автономные объекты в любом месте планеты и космическом пространстве, в том числе и на Марсе, [1- 5].

Работа преобразователя энергии перепада температур в электрическую энергию сводится к следующему. Накопленный заряд на ёмкости прямо пропорционален произведению напряжения зарядки ёмкости и значению её ёмкости. Ёмкость конденсатора прямо пропорциональна площади пластин, значению относительной диэлектрической проницаемости диэлектрика, помещённого между пластинами, и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами. Если зарядить конденсатор и отключить

его от источника питания, то заряд на нем остаётся постоянным. Увеличивая расстояние между пластинами за счёт внешних сил, получим прибавку энергии в виде роста напряжения. Эти два условия можно с успехом применить для получения электроэнергии с помощью перепада температур, используя изменения физического состояния твёрдых тел, их расширения или сжатия при перепадах температур. Блок схема примерного алгоритма работы блока управления представлена на рис. 1.

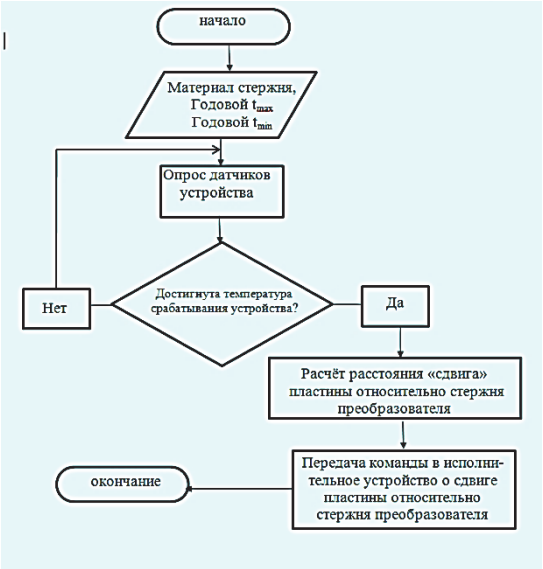


Рисунок 1 − Алгоритм работы блока управления системой заряда – разряда ёмкости преобразователя

Алгоритм работы блока управления системы предлагается следующий. Блок управления производит постоянный опрос датчиков системы. Как только происходит срабатывание устройства и зарядка ёмкости завершается, идёт команда на отключение источника возбуждения. Затем в блоке управления происходит расчёт расстояния, на которое необходимо передвинуть пластину для следующего срабатывания устройства. После передвижки подвижной пластины ёмкости до появления воздушного зазора, блок управления даёт команду на подключение нагрузки. После разряда ёмкости на нагрузку, блок управления даёт команду на передвижку другой пластины на расчётное расстояние и до полной ликвидации воздушного зазора между пластинами. После чего снова даётся команда на зарядку ёмкости и последующее отключение источника возбуждения.

Данный алгоритм работы блока управления является частью общего алгоритма работы системы управления преобразователя перепада температур, который разрабатывается с учётом сезонного изменения пределов среднего перепада температур, как в течение месяца, так и в течение года.

Учёт сезонного изменения пределов среднего перепада температур, как в течение месяца, так и в течение года системой управления преобразователя осуществляется по отдельному алгоритму, который комплексно отслеживает все параметры сезонного изменения температуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Электротепловой преобразователь низко потенциальной энергии перепада температур / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон, Вестник ТОГУ № 4 (35) • Декабрь • 2014 (В перечне ВАК), с.93-98.

2 Челухин, В.А. К вопросу создания общей классификации электрических машин / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон, Электротехнические комплексы и системы управления, №3, 2014 г. (В перечне ВАК), с.46-52

3 Абрамсон, Е.В., Преобразователь энергии перепада температур день-ночь, /Е.В. Абрамсон, Евразийский союз ученых, №3(12) / 2015-05-22(в перечне ВАК), с.7-9

4 Челухин, В.А. Об электроснабжении возможных поселений на Марсе / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон, Электричество. № 5 май 2016 г. (В перечне ВАК), с.45-52.

5 Челухин, В.А. Электротепловой преобразователь низко потенциальной энергии перепада температур / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон, Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы докладов 45-й научно-технической конференции аспирантов и студентов. – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во КнАГТУ, 2015. – С. 52-54

УДК 681.3

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Vladimir Chelukhin
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Абрамсон Виктория Алексеевна, магистрант; Abramson Viktoria Alekseevna
Дальневосточный государственный университет путей сообщения

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

MATHEMATICAL MODELING OF ENERGY TRANSFER PROCESSES

Аннотация. Данная работа посвящена теоритическим исследованиям в области преобразования энергии в различных средах и её математическому моделированию.

Abstract. This work is devoted to theoretical research in the field of energy transformation in various media and its mathematical modeling.

Ключевые слова: математическое моделирование, преобразование энергии, аналогия, дуально-инверсная электродинамика.

Keywords: mathematical modeling, energy conversion, analogy, dual-inverse electrodynamics.

Построение математической модели и использование современных компьютерных технологий позволяет значительно сократить период исследования и разработки практически любого устройства, не вовлекая значи-

тельные материальные ресурсы для натурных экспериментов. Как известно, для движения энергии в каком то направлении необходима сила, которая может быть в общем случае представлена, как разница потенциалов ϕ2 - ϕ1, вне зависимости от ее физического происхождения, где ϕ1 - меньшее значение интервала, а ϕ2 – большее. Изменение скорости потока через заданный объём связано с изменением разности потенциалов или напряжения между двумя точками начала и конца длины объёма. Здесь под напряжением понимается направления действия силы, создаваемой им. Физическая сущность этого напряжения зависит от физической сущности исследуемый системы. Например, для электрических цепей будем иметь электрическое напряжение. Поток здесь эквивалентен току. Для гидравлических или пневматических систем, это будет гидравлическое или пневматическое напряжение или перепад давления между заданными точками. Количественная характеристика здесь будет расход. Аналогичное положение имеет место и при тепловых процессах, напряжением будет являться уже разность температур между точками, а также тепловой поток. При этом перечисленные параметры – скаляры. Рассмотрим передачу энергии через физический объем, характеризующийся известными и заданными геометрическими размерами – длиной L и диаметром ø. Тогда для электрических цепей, магнитных и электрических потоков имеем (схема 1):

Движение потока энергии примем в направлении, указанном стрелкой, как показано на схеме.

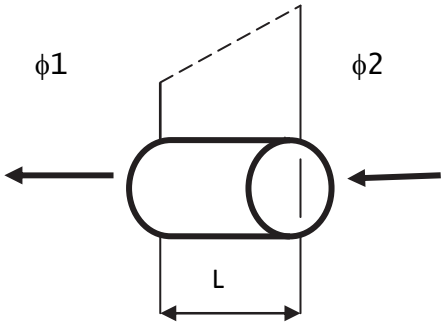


Рисунок 1 − Элемент пространства потока

Для тока **I = V / R, где V = φ2 - φ1** – электрическое напряжение, а **R = ρ L / S** или **R = L / σ S,** электрическое сопротивление, S = площадь поперечного сечения заданного объёма, **ρ –** удельное сопротивление, **σ = 1 / ρ** – удельная проводимость.

Для магнитного потока $\Phi_m = V_m / R_m$, где $V_m = \phi 2 - \phi 1$- магнитное напряжение, $R = L / \mu\mu_m S$ магнитное сопротивление, **μ** - магнитная проницаемость среды, μ_0 - магнитная постоянная.

Для электрического потока $\Phi_e = V_e / R_e$, где $V_e = \phi 2 - \phi 1$ - диэлектрическое напряжение, $R_e = L / \varepsilon \varepsilon_0 S$ диэлектрическое сопротивление, **ε** – диэлектрическая проницаемость среды, ε_0 - диэлектрическая постоянная.

Для гидравлического потока жидкости тоже будем иметь подобные выражения $\Phi_ж = V_ж / R_ж$, где $V_ж = P2 - P1$. Здесь P - давление, $R_ж = L / \gamma S$ – гидравлическое сопротивление, $\gamma = 1/ \rho$, где ρ – плотность жидкости или газа.

Для теплового потока $\mathbf{\Phi_т = V_т / R_т}$, где $\mathbf{V_т} = \phi 2 - \phi 1$ – разность температур, $\mathbf{R_т = L / \gamma S}$ тепловое сопротивление, $\gamma = 1/\rho$ – величина,

Для светового потока $\Phi_c = \mathbf{V_c / R_c}$, где $\mathbf{V_c} = \phi 2 - \phi 1$ – разность силы источников света, $\mathbf{R_c} = \rho \mathbf{L / S}$ сопротивление физической среды световому потоку, где **ρ** – величина, характеризующая оптические свойства этой среды.

Подобное можно продолжить и для других потоков энергии, например, механической.

Основываясь на однотипности приведённых выражений, можно составить обобщённую математическую модель передачи потока энергии через заданный объём пространства для любых видов энергии.

Для обобщённого потока $\mathbf{\Phi_o = V_o / R_o}$, где $\mathbf{V_o} = \phi 2 - \phi 1$ - соответствующее напряжение, как разность потенциалов, $\mathbf{R_o} = \rho \mathbf{L / S}$ сопротивление потоку, и ρ – удельное сопротивление, т.е. величина, характеризующая физические свойства среды конкретно для данного вида энергии.

Мгновенные значения потока для любой точки участка заданного объёма для момента времени t будут определяться выражением

$\mathbf{d\Phi_o / dt = dV_o / dt R_o}$, где **ρ** – плотность вещества, определяющаяся по выражению

$$\rho = \lim \Delta m / \Delta V, \qquad \Delta V \rightarrow 0$$

Здесь m имеет физический смысл соответствующей среды, например, масса для жидкостей или газов, суммарный заряд для плотности зарядов и т.д.

При необходимости расчёта мощности потока энергии N за интервал времени T для произвольного элемента i учитываются как поток, так и его напряжение

$$N_i = \int_0^T A_i(t)\, B_i(t)\, dt ;$$

Знак подводимой мощности определит тип самого элемента. Если $N_i > 0$, то мощность потребляется и данный объём является нагрузкой, в которой часть энергии теряется.

Создав заранее базу данных удельных характеристик всех имеющихся известных сред, имея общую математическую модель и программный интерфейс с программным обеспечением, можно будет проводить расчёты автоматически, лишь ответив на запрос машины о необходимой среде или виде энергии. Например, «Оптика», «Электричество», «Магнетизм», что может значительно упростить создание пакета прикладных программ расчёта данной задачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Челухин В.А. Применение математических моделей в информационных технологиях. В кн. Челухин В.А. Основы современных информационных технологий. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВОПО «КнАГТУ», 2004. - 125 с

2. Татур Т. А. Основы теории электромагнитного поля: Справочное пособие для электротехн. Спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1989. - 271 с.
3. Основы математического моделирования: учебное пособие / С.В. Звонарев. − Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. − 112 с

УДК 621.9:519.8
Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Cheluhin Vladimir Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Абрамсон Виктория Алексеевна, магистрант; Abramson Viktoria Alekseevna
Дальневосточный государственный университет путей сообщения

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELS IN INFORMATION TECHNOLOGY

Аннотация. Данная работа посвящена теоретическим исследованиям в области математического моделирования матмоделей различной физической природы.
Abstract. This work is devoted to theoretical research in the field of energy conversion in various media and its mathematical modeling.
Ключевые слова: математическое моделирование, методы статистического моделирования, аналогия, класс задач, дифференциальные уравнения.
Keywords: mathematical modeling, methods of statistical modeling, analogy, class of problems, differential equations..

Любая модель является представлением объекта в форме отличной от его реального вида, но способна в той или иной мере воспроизводить свойства или характеристики реального объекта для изучения действующих в нём объективных закономерностей.

В целом моделирование можно разделить на несколько видов по характеру моделей:

1. Физическое моделирование;
2. Текстовое;
3. Математическое;
4. Аналоговое.

Физическое моделирование чаще всего работает с физическими реальными моделями, выполненными в масштабе реального объекта, возможно даже с отсутствием каких-то деталей. Например, изготавливается модель самолета или отдельного его крыла и продувается в аэродинамической трубе.

Текстовое моделирование есть замена реального объекта, процесса или явления его текстовым описанием. Чаще всего этим пользуются при описании причины работы, характера процесса или явления для лучшего понимания протекающих в них действий, например, описание работы двигателя внутреннего сгорания, цикла Карно, характеризующих тепловые процессы этого двигателя, взаимосвязь температуры и давления.

Математическое моделирование есть замена того же реального объекта, процесса или явления его математическим описанием с помощью формул математического аппарата. В этом случае составляются системы дифференциальных уравнений, оговариваются допущения, постоянные и переменные. Затем изменяется значение отдельных переменных, исследуют их влияние на конечный результат и характер закономерностей этого влияния. Чем удачнее будет подобрана математическая модель, чем лучше она будет отражать характерные черты изучаемого явления, тем успешнее будет исследование и полезнее – вытекающие из него рекомендации.

Общих способов построения математических моделей не существует. В каждом конкретном случае модель выбирается исходя из характера рассматриваемого явления, его целевой направленности, с учетом задачи исследования (какие параметры требуется определить и влияние каких факторов отразить). Математическая модель должна отражать важнейшие черты явления, все существенные факторы, от которых в основном зависит течение того или иного явления. Вместе с тем модель должна быть по возможности простой, не «засоренной» массой второстепенных факторов.

Изучение процесса или явления на математической модели сводится чаще всего к анализу его математического описания. При этом в зависимости от поставленных задач исследования для построения математической модели используется математический аппарат разной сложности. В простых случаях статики, линейных зависимостях явления, всё может быть описано простыми алгебраическими выражениями. В более сложных случаях, когда требуется рассмотреть явления в динамике, в нелинейных зависимостях применяется аппарат дифференциальных уравнений как обыкновенных, так и с частными производными. В ещё более сложных случаях, когда имеется большое число случайных факторов, применяются методы статистического моделирования (Монте-Карло). Кроме того, широко используются также численные методы: аппроксимации функций (включая интерполяцию и среднеквадратичные приближения); решение алгебраических и трансцендентных уравнений систем линейных алгебраических уравнений, интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем.

Однако, с появлением компьютеров со значительным быстродействием процессоров и программного обеспечения, позволяющего создавать графические объекты высокого качества, всё больше для целей исследования применяют информационно - виртуальное компьютерное моделирование.

Информационно - виртуальное компьютерное моделирование – это создание виртуальной копии объекта, процесса или явления с помощью программного обеспечения. Эта виртуальная (абстрактная, созданная на экране монитора) модель может в масштабе отражать реальный объект и его составляющие. Посылая необходимую для исследования информацию на модель, можно проследить визуально, как это отражается на объекте.

Преимуществом такого типа моделирования является возможность работы с помощью компьютера в диалоговом режиме, управляя компьютером с помощью микрофона, манипулятора или клавиатуры и визуальное (зрительное) представление о действии объекта в тех или иных случаях. Особенно это касается области информационных технологий, получивших развитие только в последнее время.

В прикладных областях различают следующие виды абстрактных моделей:

1) традиционное математическое моделирование (прежде всего для теоретической физики, а также механики, химии, биологии, ряда других наук) без какой-либо привязки к техническим средствам информатики;

2) информационные модели и моделирование, имеющие приложения в информационных системах;

3) вербальные (т.е. словесные, текстовые) языковые модели;

4) информационные (компьютерные) технологии, которые надо делить на:

а) инструментальное использование базовых универсальных программных средств (текстовых редакторов, СУБД, табличных процессоров, телекоммуникационных пакетов);

б) компьютерное моделирование, представляющее собой

- вычислительное моделирование;
- визуализацию явлений и процессоров (графическое моделирование);
- «высокие технологии», понимаемые как специализированные прикладные технологии.

Следует здесь заметить, что графическое моделирование в сочетании с математическим, становится всё более предпочтительным. Это объясняется широкими возможностями, которые предоставляет сейчас цифровая техника и компьютеры, позволяя оцифровывать звук, движение и другие динамические процессы путём использования видеоклипов, средств анимации, применение видеотехники. Здесь виртуальный графический объект, созданный на экране монитора дополняется соответствующим математическим обеспечением, которое программно связано с этим объектом. Изменяя переменные в данном математическом обеспечении, можно наблюдать за изменениями в процессе или объекте как визуально, так и в любой другой форме. Например, можно параллельно демонстрировать график зависимости параметров объекта от изменяемой величины. Причем подобного типа виртуальные модели встраиваются программно в пакеты прикладных программ, что позволяет демонстрировать в действии на экране монитора то или иное проектируемое устройство.

В целом, укрупненная классификация абстрактных моделей может быть сведена к следующей.

1. Вербальные (текстовые) модели. Эти модели используют последовательности предложений на формализованных диалектах естественного языка.

2. Математические модели – очень широкий класс знаковых моделей, широко использующих те или иные математические методы. Математической моделью другого рода являются, например, математические соотношения, позволяющие рассчитать оптимальный план работы какого-либо предприятия.

3. Информационно - аналитические модели – класс знаковых моделей, описывающих информационные процессы в системах самой разнообразной природы как в математической модели, так и в графическом виде со средствами анимации.

Границы между этими классами моделей может быть проведена весьма условно; вполне возможно считать информационные модели подклассом математических моделей. Однако, в рамках информатики как самостоятельной науки, отдельной от математики, физики, лингвистики и других наук, выделение информационно - аналитических моделей в отдельный класс является целесообразным. К особенностям этого типа моделей можно отнести более широкое применение компьютерной графики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Челухин В.А. Применение математических моделей в информационных технологиях. В кн. Челухин В.А. Основы современных информационных технологий. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВОПО «КнАГТУ», 2004. - 125 с

2. Основы математического моделирования: учебное пособие / С.В. Звонарев. − Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. − 112 с

УДК 621.01

Чжан Дань, доктор технических наук, профессор; Zhang Dan
Сун Пэн, Чжан Бяо, Ли Дэген, аспирант; Song Peng, Zhang Biao, Li Degen
Heilongjiang University of Science and Technology

АЛГОРИТМ РЕКОНСТРУКЦИИ НАГРУЗКИ РЕЗАНИЯ ОЧИСТНОГО БАРАБАНА НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

RECONSTRUCTION ALGORITHM FOR CUTTING LOAD OF SHEARER DRUM BASED ON STOCHASTIC THEORY

Аннотация. На основе теории случайного распределения Рэлея установлена модель самокорреляции сопротивления резанию резцов на барабане и получено математическое уравнение режущей нагрузки одиночного резца в условиях эксперимента; барабан с несколькими резцами содержит информацию о дроблении угля и горных пород. Предлагается основная идея

реконструкции случайного спектра нагрузки, алгоритм реконструкции случайного спектра нагрузки для барабана с множественным подбором.

Abstract. Based on the Rayleigh random distribution theory, a self-correlation model of the cutting resistance of the picks on the drum is established, and the mathematical equation of the cutting load of a single pick under the experimental conditions is obtained; a multi-pick drum containing coal and rock crushing information is proposed The basic idea of random load spectrum reconstruction, a random load spectrum reconstruction algorithm for multi-pick drums is given.

Ключевые слова: очистной комбайн, спиральный барабан, режущая нагрузка, реконструкция нагрузки.

Keywords: shearer, spiral drum, cutting load, load reconstruction.

Введение

При проектировании конструкции очистного комбайна из-за отсутствия исследований теории конструкции основных частей очистного комбайна и изучения нагрузочных характеристик барабана нагрузка на барабан и тяговую часть все еще оценивается с использованием эмпирических данных. формулы, что часто приводит к недостаточной прочности или связанных частей Избыток [1-2]. С увеличением установленной мощности, частота отказов очистного комбайна в рабочем процессе также увеличилась, и проблема отказа режущей части стала более заметной.

1. Извлечение тестового сигнала резания нагрузки.

Кривая нагрузки одиночного резца не может точно описать нагрузочные характеристики валика.Информация о нагрузке подборщика, содержащаяся в кривой нагрузки резца, полученная в результате испытания, может использоваться для описания информации о нагрузке других резцов на валике. Возьмите в качестве примера угол заклинивания β = 50 °, извлеките кривую нагрузки резца за один цикл и получите нагрузку резания, как показано на Рисунок 1.

Эксперимент по испытанию силы резания проводился при угле резания 35 ° и 50 °, а экспериментальная кривая спектра нагрузки отрывом при угле установки 35 ° была показана на рисунке 2.

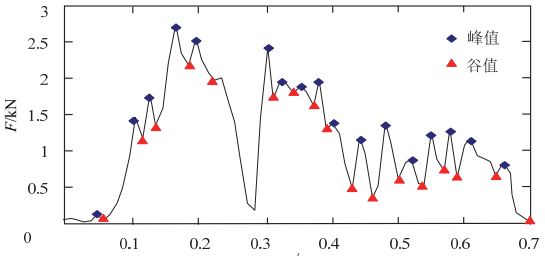


Рисунок 1 − Временная диаграмма нагрузки резания резца

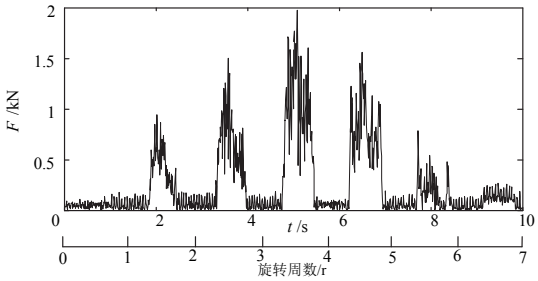


Рисунок 2 − Кривая испытания нагрузки на резку при β '= 35 °

2 Алгоритм реконструкции сопротивления резанию барабана с несколькими резецьями на основе стохастической теории

2.1 Модель автокорреляции сопротивления резанию резца

Предполагая, что в момент времени *t*, от i-го резца до *i* + 1-го резца на барабане, время резания разделено на: если режущая нагрузка *i*-го резца равна $Z_i(t)$, то одновременно любая Режущий резец, его сопротивление резанию соответствуют следующему соотношению

$$Z_{i+1}(t) = Z_1\left(t + (i-1)\Delta t, S_i\right) \qquad i = 1, \cdots 8 \qquad \Delta t = \frac{T_g}{n}$$

где T_g – период вращения барабана, с;

n – количество резцов.

2.2 Сопротивление резанию под Rayleigh Distribution

Составляет сопротивление резанию барабана может быть выраженным как

$$F_Z(t) = \frac{Z_n(t)}{K_{l_n}} + \frac{Z_{n-1}(t)}{K_{l_{n-1}}} + \cdots + \frac{Z_1(t)}{K_{l_1}} \tag{9}$$

$$F_Z(t) = \frac{Z_{n-1}\left(t + (n-2)\Delta t, S_{n-1}\right)}{K_{l_n}} + \frac{Z_{n-2}\left(t + (n-3)\Delta t, S_{n-2}\right)}{K_{l_{n-1}}} + \cdots + \frac{Z_1(t)}{K_{l_1}} \tag{10}$$

$$\begin{aligned} F_Z(t) = & \frac{Z_{0-\max} \cdot \frac{h_n}{h_0} \cdot \sin(\varphi + n\Delta\varphi) \cdot \left(\frac{h_0 t}{T_0 h_n} + R(n)\right)}{K_{l_n}} \\ & + \frac{Z_{0-\max} \cdot \frac{h_{n-1}}{h_0} \cdot \sin(\varphi + (n-1)\Delta\varphi) \cdot \left(\frac{h_0 t}{T_0 h_{n-1}} + R(n-1)\right)}{K_{l_{n-1}}} \\ & + \cdots \frac{Z_{0-\max} \cdot \frac{h_2}{h_0} \cdot \sin(\varphi + 2\Delta\varphi) \cdot \left(\frac{h_0 t}{T_0 h_2} + R(2)\right)}{K_{l_2}} \\ & + \frac{Z_{0-\max} \cdot \frac{h_1}{h_0} \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi) \cdot \left(\frac{h_0 t}{T_0 h_1} + R(1)\right)}{K_{l_1}} \end{aligned} \tag{11}$$

Эта формула является реконструирующим выражением сопротивления резанию барабана на основе теории случайности.Можно видеть, что сопротивление резанию барабана не только связано с положением каждого резца, но также связано с пиковым сопротивлением резанию, состоянием случайного распределения, и сопротивление резанию резцов, участвующих в резании.Угол положения зуба связан с циклом выемки угля и горных пород.

3. В заключение

Сопротивление резанию барабана не только связано с положением резцов, но также связано с пиком сопротивления резанию резцов, участвующих в резании, состоянием случайного распределения, углом положения резцов. и период обрушения угля и горных пород.

Применен экспериментальный метод многозубчатого сложного резания и получена кривая сопротивления резанию резца, которая обеспечивает надежные исходные данные для алгоритма реконструкции.

Сопротивление резанию барабана численно больше, чем сумма сопротивлений резанию каждого резца на барабане одновременно.

Работа выполнена при финансовой поддержке NSFC в рамках научного проекта №.51804104.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Zhang Dan, Hu Shenghai, Liu Chunsheng. Elastic Model of Shearer Walking Mechanism and Traction Characteristics[J]. Joural of Applied Mathematics and Statistics, 2013,(51)12: 442-453.

2. Li Xiaohuo, Jianglili. Excavator loading simulation for hard-rock cutting[J]. Chinese Journal of Counstruction Machinery. 2006(03): 262-264.

3. Zhao Lijuan, Dongmengmeng. Load problems of working mechanism of the shearer in Containing pyrites and thin coal seam [J]. Journal of china coal society. 2009(06): 840-844.

4. Zhao Lijuan, Liu Xunan, Ma Lianwei. Optimization research on shearer's kinematic parameters based on economical cutting[J]. Tournal of China coal society, 2013, 38(8):1490-1495.

5. Zhang Dan,Hu Shenghai,Liu Xuntao. Level mobile shot blasting machine shot blasting wheel in the dynamic simulation based on ADAMS. Advanced Material Research. 2012,3.

6. Zhang Dan, Hu Shenghai, Liu Chunsheng. Modeling and Kinematics Simulation of Shearer's Travelling Mechanism Based on Virtual Prototyping Technology. ICAMMP2012, Applied Mechanics and Materials：396-399.

УДК 629.7.036.3

Шабалин Александр Сергеевич, аспирант кафедры РДЭУ;
Shabalin Alexander Sergeevich
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»; FSBEI HE «KNRTU–KAI»
Шабалин Алексей Сергеевич, кандидат технических наук,
ведущий инженер НИО-1; Shabalin Alexey Sergeevich
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
VNIIR – Affiliated Branch of D.I. Mendeleyev Institute for Metrology

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕВЕРСИВНОГО УСТРОЙСТВА ТРДД

APPLICATION OF NUMERICAL MODELING METHODS FOR THE STUDY OF THE TURBOJET REVERSING DEVICE

Аннотация. Реверсивное устройство – узел, от совершенства которого во многом зависят газодинамические характеристики всего ТРДД. Экспериментальные методы исследований реверсивных устройств сопряжены с трудоемкостью и дороговизной. **Применение численного моделирования позволило справиться с многими из этих проблем**. Существующие исследования в основном посвящены стационарным исследованиям реверсивных устройств и не затрагивают изменение характеристик реверсивно-

го устройства при перекладке реверсивного устройства. В связи с этим исследования нестационарного режима работы представляют большой практический интерес для обеспечения безопасности полетов и совершенствования газодинамических характеристик ТРДД.

Abstract. A reversing device is a unit, on the perfection of which the gas-dynamic characteristics of the entire turbojet depend in many respects. Experimental methods of research of reversible devices are associated with labor intensity and high cost. The use of numerical simulations has made it possible to cope with many of these problems. The existing studies are mainly devoted to stationary studies of reversible devices and do not affect the change in the characteristics of the reversible device when the reverse device is shifted. In this regard, studies of the non-stationary mode of operation are of great practical interest for ensuring flight safety and improving the gas-dynamic characteristics of the turbojet engine.

Ключевые слова: реверсивное устройство, численное моделирование, нестационарный режим, ТРДД.

Keywords: reversing device, numerical simulation, non-stationary mode, turbojet engine.

Одним из узлов, работающих непродолжительное время при посадке, но при этом составляющим 10-15% веса двигателя, является реверсивное устройство, от совершенства которого во многом зависят газодинамические характеристики всего ТРДД. Работы по созданию реверсивных устройств начались еще в середине прошлого века, и за этот более полувековой период был накоплен значительный опыт в данной области. Однако методы исследований, с помощью которых были получены результаты, были сопряжены с рядом трудностей (трудоемкость, сложность, дороговизна и т.д.). **Применение численного моделирования, получившего в последнее время широкое развитие благодаря бурному развитию компьютерной техники, позволило справиться с многими из этих проблем.** [1] Значительная доля производственных и эксплуатационных затрат воздушного судна определяется именно на этапе проектирования. До 80% из них определяется на этапе концептуального проектирования. Применение численных методов моделирования при проектировании реверсивных устройств позволит провести исследования новых конструкций и оптимизацию уже существующих с наименьшими затратами материальных ресурсов.

Существующие исследования [2] в основном посвящены стационарным исследованиям реверсивных устройств и не затрагивают важный аспект – изменение характеристик реверсивного устройства при перекладке реверсивного устройства. Данные изменения происходят за короткий промежуток времени, однако это обычно один из наиболее ответственных промежутков полета воздушного судна – посадка. В связи с этим исследования нестационарного режима работы очень важны для обеспечения безопасности полетов и совершенствования газодинамических характеристик ТРДД.

В работе была рассмотрена модель реверсивного устройства решетчатого типа, установленная в наружном контуре ТРДД. На первом этапе в программе Linkage была построена и рассмотрена кинематическая модель (рис. 1) и рассмотрены 4 промежуточных положения.

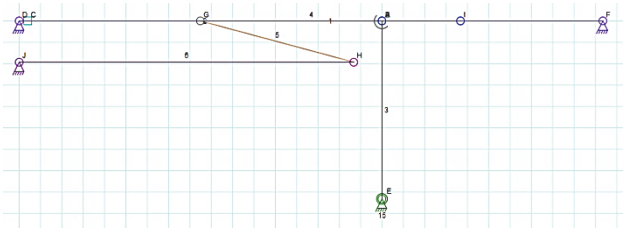


Рисунок 1 – Модель механизма открытия створки реверсивного устройства в программе Linkage

На основе полученных результатов были построены модели для численного исследования в программе ANSYS Fluent. Сетка генерировалась в программе Gambit. Данная работа является продолжением исследования, приведенного в работе [3], поэтому модель и граничные условия идентичны приведенным в статье. По результатам проведенного исследования было получено распределение скорости на выходе реверсивного устройства решетчатого типа для различных положений (рис. 2-5).

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании или оптимизации уже существующих конструкций реверсивных устройств решетчатого типа ТРДД.

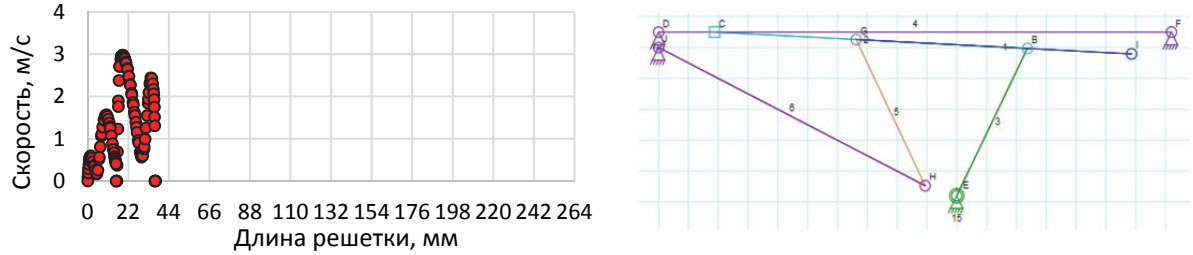


Рисунок 2 – Профиль скорости и кинематическая схема для положения 1

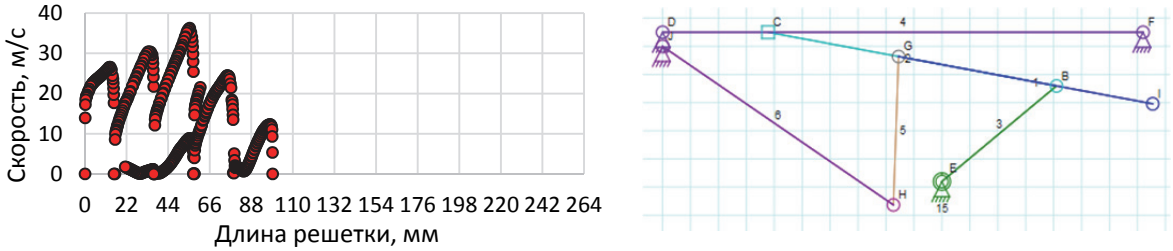


Рисунок 3 – Профиль скорости и кинематическая схема для положения 2

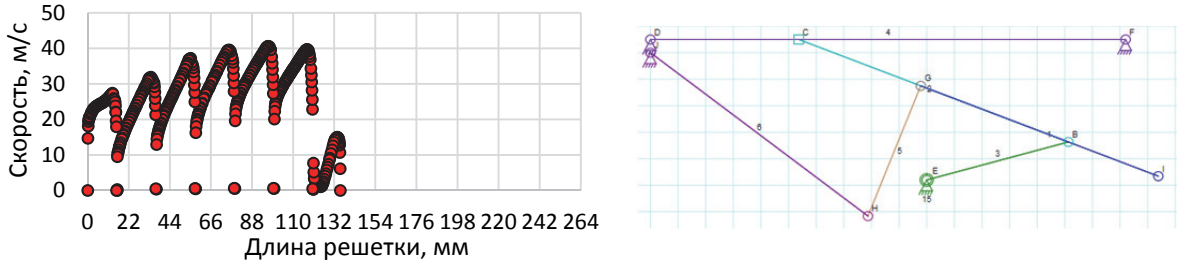
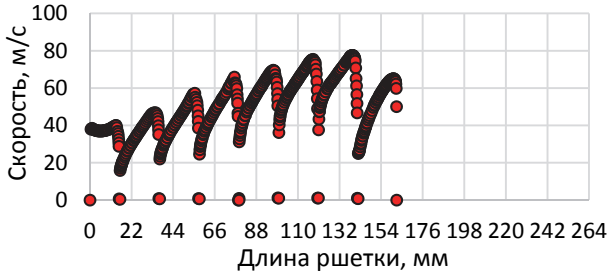


Рисунок 4 – Профиль скорости и кинематическая схема для положения 3



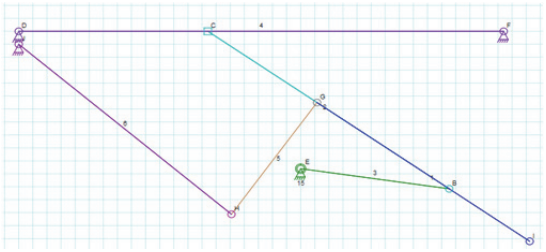


Рисунок 5 – Профиль скорости и кинематическая схема для положения 4

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 В.Л. Варсегов, А.С. Шабалин. Численное определение газодинамических характеристик решеток с различными углами отклонения выходных кромок продольных ребер реверсивного устройства перспективного газотурбинного двигателя // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2017. № 2. С. 43-49.

2 В.Л. Варсегов. Влияние угла отклонения выходных кромок продольных ребер на газодинамические характеристики решеток устройства реверсирования тяги, расположенного в наружном контуре ТРДД // Вестник УГАТУ. 2017. Т. 21, № 1 (75). С. 80-90.

3 А.С. Шабалин, В.Л. Варсегов. Влияние внешнего набегающего потока на газодинамические характеристики реверсивного устройства // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2017. №49. С. 55-62.

УДК 681.5:622.276

Шабалина Ольга Константиновна, аспирант, начальник ОСМК;
Shabalina Olga Konstantinovna
Шабалин Алексей Сергеевич, кандидат технических наук,
ведущий инженер НИО-1; Shabalin Alexey Sergeevich
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
VNIIR – Affiliated Branch of D.I. Mendeleyev Institute for Metrology

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА ЖИДКОСТИ

APPLICATION OF NUMERICAL MODELING METHODS FOR SOLVING PROBLEMS OF IMPROVING THE ACCURACY OF LIQUID FLOW MEASUREMENT TOOLS

Аннотация. Точность средств измерений расхода является важнейшим параметром в большинстве отраслей промышленности, имеющих дело со все более дорогими жидкостями (нефть, нефтепродукты и т.д.). Их точность главным образом зависит от их положения в трубопроводной системе. Запорно-регулирующая арматура, трубопроводные фитинги и другие приспособления создают завихрения и искажают распределение профиля

скорости в поперечном сечении трубопровода. В работе представлены результаты численного исследования условий эксплуатации (влияние фитингов на профиль скорости на входе средств измерений расхода).
Abstract. The accuracy of flow measurement instruments is a critical parameter in most industries dealing with increasingly expensive liquids (oil, petroleum products, etc.). Their accuracy mainly depends on their position in the pipeline system. Shut-off and control valves, pipe fittings and other devices create swirls and distort the distribution of the velocity profile in the cross section of the pipeline. The paper presents the results of a numerical study of the operating conditions (the effect of fittings on the velocity profile at the inlet of flow measuring instruments).
Ключевые слова: средства измерений расхода, численное моделирование, точность, метрологические характеристики.
Keywords: flow measurement tools, numerical modeling, accuracy, metrological characteristics.

Интерес к измерениям расхода жидкостей сопровождает человечество на протяжении многих тысяч лет, начиная от необходимости справедливого распределения воды по акведукам ранних сообществ и заканчивая потребностями современной высокотехнологичной промышленности, основанной на использовании и преобразовании огромных объемов различных жидкостей. Такие жидкости как нефть и нефтепродукты играют важную роль с технологической и экономической точек зрения, поэтому количества этих жидкостей должны быть измерены с высокой точностью. Точность средств измерений расхода является наиболее важным параметром в большинстве отраслей промышленности, имеющих дело со все более дорогими жидкостями. [1] Точность этих устройств зависит не только от их конструкции, но и от их положения в трубопроводной системе. Запорно-регулирующая арматура, трубопроводные фитинги и другие приспособления создают завихрения и искажают распределение профиля скорости в поперечном сечении трубопровода.

В связи с большой значимостью точного измерения расхода значительные исследовательские работы были проведены по изучению влияния условий эксплуатации средств измерений расхода на их метрологические характеристики в Национальном институте стандартов и технологий (NIST), в Национальной инженерной лаборатории (NEL) и в других крупных исследовательских центрах. [2] Однако по результатам данных исследований был сделан вывод о том, что для повышения эффективности промышленного измерения расхода по-прежнему необходимы дополнительные экспериментальные и численные исследования.

Развитие численных методов моделирования предоставило ученым возможность проводить исследования без проведения экспериментов. Метод численного моделирования позволяет справиться со многими недостатками экспериментальных исследований (трудоемкость, сложность и дороговизна). [3]

Целью проведенной работы было определение влияния отводов трубопроводной системы на профиль скорости, искажение которого является основным источником дополнительных погрешностей средств измерений объемного расхода жидкости. В ходе исследования были рассмотрены двухмерная и трехмерная модель с отводами в одной и перпендикулярных плоскостях (рис. 1 и 2). Построение геометрии и сетки в расчетной области производилось в программе Gambit, для расчета использовался программный комплекс вычислительной гидрогазодинамики ANSYS Fluent. В качестве граничных условий были выбраны: массовый расход – на входе, постоянное давление, соответствующее атмосферному давлению – на выходе. Расчеты проводились для жидкостей с различной вязкостью. Для оценки качества построения сетки был использован параметр y^+, который рассчитывался по формуле (1)

$$y^+ = \frac{\mu_\tau y}{\nu}, \quad (1)$$

где y – размер элемента в пристеночной области; ν – кинематическая вязкость;

$$\mu_\tau = \sqrt{\tau_\omega / \rho} \quad (2)$$

где μ_τ – динамическая скорость;

τ_ω – касательное напряжение на стенке.

При построении сетки в соответствии с рекомендациями стремились получить сетки с y^+<1. Качество сетки проверялось и в случае невыполнения условий изменялся размер элементов в пристеночной области и расчеты повторялись вновь. В качестве модели турбулентности была выбрана RNG-k-ε модель, хорошо апробированная во многих работах и широко применяемая на практике для решения подобных инженерных задач.

Результаты исследований приведены на рис. 3.

Рисунок 1 – Двухмерная модель

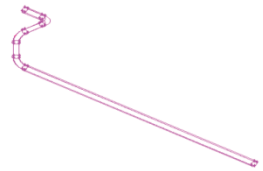
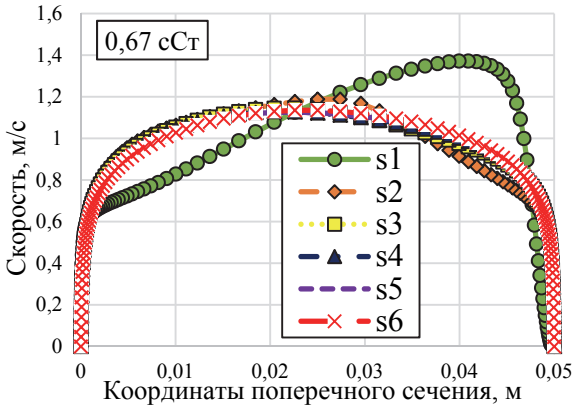


Рисунок 2 – Трехмерная модель



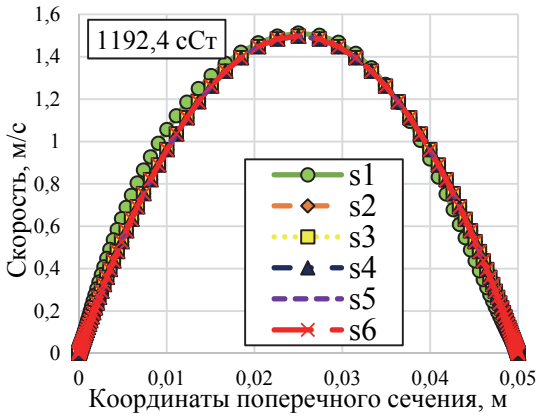


Рисунок 3 – Профиль скорости в различных сечениях (через 50 мм) по длине трубопровода после фитингов

Таким образом, использование методов численного моделирования на стадии проектирования позволит избежать ошибочных решений при определении места размещения средств измерений расхода в трубопроводной системе. Определив профиль скорости в модели на входе средства измерений, с высокой степенью точности можно будет сделать выводы о наличии или отсутствии дополнительных погрешностей от условий эксплуатации (влияние фитингов, запорно-регулирующей арматуры и т.д.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Mohamed A., Mohamed O.A.N. and B.L. On the metrological performances of differential flow meters. The 6th Saudi Engineering Conference, KFUPM, Dhahran, December 2002, vol. 5, pp. 97-105.

2 Roger C. Baker. Flow measurement handbook: industrial designs, operating principles, performance, and applications. Cambridge University Press, 2nd edition, 745 p.

3 О.К. Шабалина. Влияние монтажа турбинных преобразователей расхода на метрологические характеристики систем измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов// Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. № 12. С. 55-57.

УДК 51-74

Шамак Виктория Александровна, аспирант; Shamak Victoria Alexandrovna
Недиков Илья Олегович, магистрант; Nedkov Ilya Olegovich
Бердоносов Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент; Berdonosov Viktor Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

НОМЕНКЛАТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

NOMENCLATURE STORAGE OPTIMIZATION FOR AUTONOMOUS HYBRID POWER SYSTEMS

Аннотация. При расчёте общей стоимости оборудования для автономной гибридной энергетической системы, состоящей из ветрогенераторов, солнечных панелей и накопителей, максимальный вклад приходится на накопители. В качестве накопителя выступает электрические аккумуляторы. В статье рассматривается общая стоимость оборудования при варьировании параметров аккумулятора.

Abstract. In calculating the total cost of equipment for an autonomous hybrid energy system, consisting of wind turbines, solar panels and storage, storage is

the most expensive. Batteries act as storage. The article considers the total cost of equipment depending on the different parameters of the battery.
Ключевые слова: гибридные энергетические системы; ветер; солнце; накопители; общая стоимость; ветрогенераторы; солнечные панели.
Keywords: stand-alone hybrid power systems; wind; the sun; save up; total cost; wind generators; solar panels.

Коллектив авторов [1,2,3,4] рассматривают получение электроэнергии с помощью ветрогенераторов и солнечных панелей, в зависимости от погодных условий. Сами по себе обе системы ненадёжны без использования достаточного объёма устройств хранения, таких как аккумуляторы. Когда две системы используют устройства хранение, их надёжность возрастает, но даже в таком случае требуется достаточный объём аккумулятор для обеспечения электроэнергии в течении продолжительных облачных и/или безветренных дней.

В следующих работах [5,6] рассматривают модели оптимальной конструкции для проектирование гибридных систем, включая аккумуляторы, для обеспечения оптимальной конфигурации системы.

Структура автономной гибридной энергетической системы (АГЭС) состоит из следующих элементов: ветрогенераторы, солнечные панели и накопители. В качестве накопителя выступают аккумуляторы. При выполнении расчёта стоимости необходимого оборудования для обеспечения поселений требуемым количеством электроэнергии, самым дорогим, по стоимости выступают накопители [7]. В статье рассматривается расчёт общей стоимости оборудования, при различных параметрах аккумулятора (таких как стоимость и ёмкость). Параметры ветрогенераторов и солнечных панелей – не изменяются. Расчёт стоимости оборудования выполняются для поселения Савинское.

Расчёты были произведены путём моделирования подневных энергетических балансов, с оптимизацией по минимизации состава оборудования. В [8] описана методика расчётов. Использовались следующие параметры оборудования АГЭС: ветрогенератор АЛЬЭН, мощность –10 кВт, стоимость – 600 тыс.руб [9]; солнечная панель SIM400, мощность – 0,4 кВт, стоимость – 14 916 руб. [10].

Таблица 1 – Характеристики аккумуляторов

№	Тип аккумулятора	Ёмкость, А·ч	Стоимость, тыс.руб	Напряжение, В	Удельная стоимость руб/кВт·ч
1	SunStonePower ML12-200	200	28,6	12	11,9
2	VARTA Silver H3 (100R)	100	8,8		7,3
3	VARTA Silver I1 (110R)	110	9,3		7,0
4	SOLITE 95L (115D31RB)	95	7,2		6,3
5	АКОМ 90R (низкий)	90	6,1		5,6
6	Русская Звезда 60L	60	2,3		3,2

В таблице 2 показаны результаты расчета общей стоимости оборудования, при разных типах накопителей.

Таблица 2 – Результаты вычислений

Типы оборудования АГЭС	Количество, шт	Цена, тыс.руб	Общая стоимость, тыс.руб
Солнечные панели SIM400-24-5BB-PERC	1825	27 221,7	79 191,3
Ветрогенераторы АЛЬЭН-10	42	25 200	
Аккумулятор SunStonePower ML12-200	936	26 769,6	
Солнечные панели SIM400-24-5BB-PERC	1703	25 401,9	68 002,5
Ветрогенераторы АЛЬЭН-10	44	26 400	
Аккумулятор VARTA Silver I1 (110R)	1742	16 200,6	
Солнечные панели SIM400-24-5BB-PERC	1624	24 223,6	67 991,5
Ветрогенераторы АЛЬЭН-10	45	27 000	
Аккумулятор VARTA Silver H3 (100R)	1803	16 767,9	
Солнечные панели SIM400-24-5BB-PERC	1611	24 029,7	66 178,5
Ветрогенераторы АЛЬЭН-10	45	27 000	
Аккумулятор SOLITE 95L (115D31RB)	2104	15 148,8	
Солнечные панели SIM400-24-5BB-PERC	1632	24 342,9	64 732,4
Ветрогенераторы АЛЬЭН-10	45	27 000	
Аккумулятор АКОМ 90R (низкий)	2195	13 389,5	
Солнечные панели SIM400-24-5BB-PERC	1634	24 387,7	58 747,9
Ветрогенераторы АЛЬЭН-10	44	24 600	
Аккумулятор Русская Звезда 60L	3461	7 960,3	

На рисунке 1 представлены зависимости общей стоимости АГЭС, удельной стоимости и количества аккумуляторов от их типа, цифры соответствуют номеру типа аккумулятора из таблицы 1.

Ожидаемая корреляция общей стоимости АГЭС (см.рис. 1, красная кривая) от величины удельной стоимости аккумуляторов (см.рис. 1, синяя кривая) разных типов, требует более пристального рассмотрения. Так как при уменьшении удельной стоимости уменьшается и ёмкость аккумуляторов, то их необходимое количество неизбежно увеличивается (см.рис. 1, оранжевая кривая). В силу конструктивной особенности, при параллельном соединении электрических аккумуляторов необходимо использовать дополнительные устройство, согласующие внутренние сопротивления отдельных экземпляров аккумуляторов. С учётом стоимости этих дополнительных устройств, общая стоимость АГЭС (см.рис. 1, зелёная кривая) приобретает ярко выраженную «полочку» минимума для средних, по удельной стоимости, аккумуляторов.

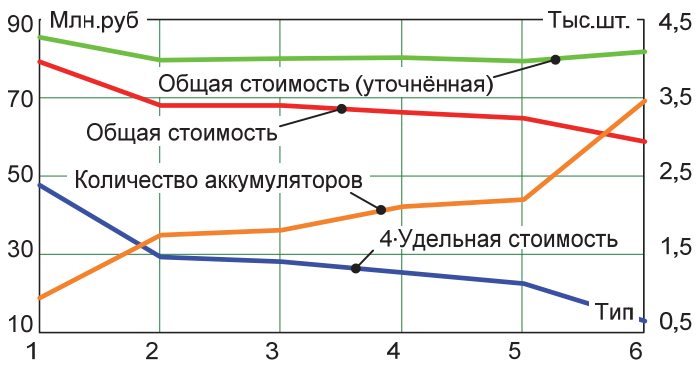


Рисунок 1 – Зависимость стоимости и количества от типа

Исходя из проведённого исследования, следует сделать вывод, что при выборе аккумуляторов, кроме удельной стоимости следует учитывать и добавочную стоимость дополнительных согласующих устройств, напрямую зависящую от их количества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Binayak Bhandari, Kyung-Tae Lee, Gil-Yong Lee, Young-Man Cho, and Sung-Hoon Ahn. (2014), “Optimization of hybrid renewable energy power systems: A review”, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, Vol. 2, No. 1, pp. 99-112.

2 Bao Chau Phan, and Ying-Chih Lai. (2019), “Control Strategy of a Hybrid Renewable Energy System Based on Reinforcement Learning Approach for an Isolated Microgrid”, Journal Applied Sciences, Vol. 9, pp. 1-24.

3 Ali Saleh Aziz, Mohammad Faridun Naim Tajuddin, Mohd Rafi Adzman, Makbul A. M. Ramli, and Saad Mekhilef. (2019), “Energy Management and Optimization of a PV/Diesel/Battery Hybrid Energy System Using a Combined Dispatch Strategy”, Journal Sustainability, Vol. 11(3), pp. 1-26.

4 Sasan Moghaddam, Mehdi Bigdeli, Majid Moradlou, and Pierluigi Siano. (2019), “Designing of stand-alone hybrid PV/wind/battery system using improved crow search algorithm considering reliability index”, International Journal of Energy and Environmental Engineering, Vol. 10, pp. 429-449.

5 Yu Fu, Jianhua Yang, and Tingting Zuo. (2010), “Optimal Sizing Design for Hybrid Renewable Energy Systems in Rural Areas”, in Book Computer and Computing Technologies in Agriculture, 4th IFIP TC 12 Conference, Nanchang, China, Part II, pp. 131-138.

6 Lucero Gaslac, Sebastian Willis, Grimaldo Quispe, and Carlos Raymundo. (2018), “A hybrid energy system based on renewable energy for the electrification of low-income rural communities”, in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018 the 4th International Conference on Renewable Energy Technologies (ICRET 2018), Kuala Lumpur, Malaysia, pp.1-13.

7 Berdonosov V.D., Shamak V.A., Zivotova A.A., Zheltov M.V. Hybrid Power Systems Optimization for Regions of the Far North // in 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – Vladivostok, Russia, 2019. – Pp.1-6.

8 Бердоносов, В. Д. Методика расчёта для выполнения оптимизации необходимого количества аккумуляторов в автономной гибридной энергетической системы / В. Д. Бердоносов, В. А. Шамак, И. О. Недиков // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2020. – № 3 (8). – С. 80-88.

9 Сеть региональных бизнес порталов // Ветрогенератор АЛЬЭН- 10 кВт. – Режим доступа: http://omsk.regtorg.ru/goods/t426821-vetrogenerator_alen_10_kvt.htm

10 Технолайн // Солнечная батарея SilaSolar 400Вт PERC (Twin Power). – Режим доступа: https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/mono-panel/solnechnaya-batareya-silasolar-400vt-perc-twin-power.

СЕКЦИЯ 5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАУКАХ

УДК 31:33
Дианов Дмитрий Владимирович, доктор экономических наук, профессор
Московский Университет МВД России имени В.Я. Кикотя
Dianov Dmitry Vladimirovich,
Moscow State University of the Ministry of Internal Affairs of Russia
named after V. Y. Kikot

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКОНОМИКИ

IMPROVEMENT OF MULTIDIMENSIONAL STATISTICAL METHODS IN APPLIED ECONOMIC RESEARCH

Аннотация. Научная статья посвящена рассмотрению возможностей более эффективного применения математического аппарата при проведении кластерного анализа, будет полезной не только профессиональным математикам, но и аналитикам, пользующимся прикладными программами.
Abstract. The scientific article is devoted to the consideration of the possibilities of more effective application of the mathematical apparatus in conducting cluster analysis. It will be useful not only for professional mathematicians, but also for analysts, using processing programs.
Ключевые слова: кластерный анализ, многомерный методы, многофакторные модели.
Keywords: cluster analysis, multidimensional methods, multivariate models.

Любое статистическое исследование после этапа применения методов статистического наблюдения и сводки, в своём следующем действе предполагает систематизацию и упорядочение крупных массивов числовой информации, то есть реализацию метода группировки. Рассмотрим на конкретном исследовании экономической безопасности, цель которого выявить и количественно описать влияние социально-экономических факторов на уровень коррупционной преступности. Одним из важнейших показателей, характеризующих уровень преступлений коррупционной направленности, является причинённый материальный ущерб, который и будет принят нами в качестве результативного признака (Y). Все объясняющие показатели (X1, X2, …., X5) представлены в таблице 1.

Исходные данные для анализа по 82 регионам России, характеризуемым этими показателями, опубликованы официально, поэтому не столь трудоёмко применить метод статистической сводки, для формирования исходной матрицы (A). Последовательным продолжением применения статистического инструментария выступает метод группировки, разумеет-

ся ввиду современного уровня информационных технологий, речь идёт о многомерной кластеризации единиц наблюдения (регионов). И здесь, как говорится, «полная целина» для математиков-прикладников в демонстрации своих знаний таких пространств и различных метрик, как Евклидово, Махаланобиса, Хеммингово, всевозможные варианты стандартизации данных и т.д. За пределами данной статьи было бы очень интересно и узнать новое о пространстве данных, и обсудить недостатки фундаментальной теории многомерных методов, однако, возвращаясь к конкретному исследованию, укажем, что здесь использована единичная метрика «пространства шара»:

Переход от матрицы (А) к рабочей матрице (А’), получаемой вычитанием минимальных значений показателей столбцов из каждого регионального значения соответствующего показателя. Цель – задать единую величину отсчёта - ось абсцисс. По каждому столбцу рабочей матрицы определяется максимальное значение, на которое затем делится каждый элемент столбца, таким образом, все векторы принимают единую размерность, а региональные значения варьируют в пределах: [0;1]. Так получена стандартизированная матрица (А”). Заметим, что все векторы данной матрицы имеют уже не просто единую величину, а единую точку старта – начало координат, которое в объёмной геометрии является центром шара. А поскольку максимальные значения в столбцах стандартизированной матрицы (А”) одинаково равны единице, то исходные данные трансформированы так, что геометрически представляют собой именно шар. Близость единиц (регионов) будем определять не по расстоянию между ними, как это обычно принято: традиционно ближе друг к другу в данном случае находились бы точки, между которыми расстояние меньше, то есть точке, находящейся на поверхности сферы, ближе будет точка, которая находится, образно говоря, в центре шара, нежели, чем та, которая находится диаметрально противоположно на поверхности сферы. Ещё раз подчеркнём, что этот подход, пусть и устоявшийся, вызывает очень много сомнений. Поэтому, будем определять близость по потенциалу точек (регионов): ближе будут друг к другу те точки, которые примерно равно удалены от центра шара. Иными словами, точки, расположенные ближе к поверхности – это один кластер; те, что ближе к центру – уже другой кластер. Человеческое воображение не может представить такую мерность, ведь каждая точка имеет свои числовые характеристики по множеству (в нашей задаче их 6) осям, да и математически нам надо замерить потенциал каждой точки одной числовой величиной.

Настало время перейти от матриц и получить вектор средних стандартизированных значений – вектор потенциалов (Z). В нашем случае каждая точка будет иметь потенциал, рассчитанный как средняя арифметическая (пусть простая) из всех (шести) значений, которые она имеет в стандартизированной матрице (А”). Отметим, что в этот момент, можно вполне разбавить кластерный анализ методом экспертных оценок, придав

каждому из шести показателей свой вес, исходя из его значимости в многофакторном моделировании. Тогда значения вектора потенциалов (Z) будут рассчитаны по формуле средней арифметической взвешенной. В любом случае, единичные значения, скорее всего будет потеряны, так как растворятся в более низких значениях других показателей. В нашем случае, потенциал г. Москвы будет иметь значение в векторе потенциалов, равное 0,955, а за ней следует регион с потенциалом, равным 0,361.

Как видим, «на сцену» исследования будет объявлен выход коэффициента вариации, на что указывает существенная отдаленность столицы, говорящая о её аномальности как единицы наблюдения.

В массиве, состоящим из 75 региона аномальных значений уже нет, коэффициент вариации ниже предельного значения. То есть коэффициент вариации обозначил ещё шесть аномальных значений, которым соответствуют регионы: Московская область, Краснодарский край, Ханты-Мансийский а.о., Ямало-Ненецкий а.о., Красноярский край и Тюменская область. Примечательно, что коэффициент вариации, рассчитанный по этим шести регионам отдельно, составил чуть более 10%, то есть с его помощью сформирована самостоятельная группа (кластер). Далее следует выбрать один из множества способов разбиения числового столбца на группы. В нашем случае применена формула Стерджесса, рассчитан вариационный размах и ширина интервала. Исходя из целесообразности произведены некоторые объединения кластеров, что привело к построению следующей группировки.

Таблица 1 – Многомерная группировка регионов России по основным экономическим показателям и уровню коррупционной преступности в 2019 г.

№ Кластера	Количество регионов	Среднедушевой денежный доход, тыс. руб.	Финансовый результат деятельности предприятий, млн. руб.	Численность экономически активного населения, тыс. чел.	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство»,	Оборот средств на малых предприятиях, млн. руб.	Причиненный материальный ущерб преступлениями коррупционной направленно-
		X1	X2	X3	X4	X5	Y
1	35	21975,5	5306,6	380,1	9051,5	16444,3	22972,7
2	24	27010,9	19458,9	793,6	32223,3	41813,2	86742,6
3	12	34857,8	76202,7	1094,4	47464,7	70718,5	159948,5
4	10	45279,1	223214,5	1544,8	116474,6	110058,1	852358,3
5	Москва	67063,0	657905,0	7149,7	386959,5	1983481,2	3747231,0

Далее, после содержательного анализа построенной весьма информативной многомерной группировки следует построение многофакторных моделей, которые, как известно, должны создаваться только по однородным массивам в соответствии с требованиями регрессионного анализа. В этом и есть миссия кластерного анализа – сформировать эти однородные группы – кластеры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
1. Ищенко А.Н., Слесарева Е.А., Смирнов Д.Е., Информационно-технологическое обеспечение решения задач планирования сбыта товаров // Вестник экономической безопасности. 2019. № 2. с. 305-307.
2. Росстат [электронный ресурс]: https://rosstat.gov.ru/

УДК 004.942
Емельянов Илья Евгеньевич, студент; Emelyanov Ilya Evgenyevich
Крупина Алина Владиславовна, студент; Krupina Alina Vladislavovna
Абросимов Владимир Алексеевич, студент; Abrosimov Vladimir Alekseevich
Лариков Роман Дмитриевич, студент; Roman Dmitrievich Larikov
Решетов Александр Дмитриевич, студент; Reshetov Alexander Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК АКТУАЛЬНОЕ И ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

MATHEMATICAL MODELING AS AN ACTUAL AND EFFECTIVE TOOL FOR SOLVING ECONOMIC PROBLEMS

Аннотация. Представленная работа посвящена вопросу использования инструментов математического моделирования в качестве эффективного средства для решения экономических задач. В работе доказана высокая актуальность решения экономических задач посредством математического моделирования, а также изучены основные этапы и принципы построения математической модели при решении экономических задач.
Abstract. The presented work is devoted to the use of mathematical modeling tools as an effective means for solving economic problems. The high relevance of solving economic problems through mathematical modeling is proving in the work, and the basic stages and principles of constructing a mathematical model when solving economic problems are studied.
Ключевые слова: математическое моделирование, экономика, информационные технологии.
Keywords: mathematical modeling, economic, information technologies.

Начиная изучать вопрос применения математического моделирования при исследовании экономических задач, необходимо определить, что первостепенно моделирование в ключе метода познания относилось к эмпирическому познанию. Основной математического моделирования является построение и исследование моделей, реально существующих на сегодняшний день объектов, а также процессов или явлений. При построении моделей используются общенаучные и специальные методы. Помимо это-

го, процесс моделирования напрямую связан с экспериментом, ведь изучение какого-либо объекта или явления необходимо рассматривать как некий вид эксперимента.

Математическое моделирование является некоторым абстрагированием относительно настоящей действительности и представляет из себя некоторую формализацию, следствием данного фактора является то, что моделирование нельзя отнести ни к исключительно эмпирическому, ни исключительно к теоретическому методу познания [1].

Математическое моделирование при решении экономических задач включает в себя семь основных принципов, указанных на рисунке 1:

Рисунок 1 − Основные принципы математического моделирования

Широкомасштабная интеграция и использование математического моделирования при решении экономических задач и не только непосредственно связаны с непрерывным развитием информационных технологий. Высокоэффективные вычислительные машины, базы больших данных и другие инновационные технологии в сегменте ИТ позволяют производить вычисления с высокой точностью с целью разрешения различных объемных задач экономического моделирования.

Необходимо отметить, что высокий профессиональный уровень экономиста зависит в большей степени именно от освоения математического аппарата с умениями и навыками по его применению во время анализа экономических операций. Математические модели включают в себя множество функций и уравнений, которые описывают конкретные качества, критерии и особенности исследуемого экономического процесса или явления. Именно с помощью математического моделирования проектируются и разрабатываются специальные компьютерные программы, способные обрабатывать колоссальный объем полученной информации с последующей оценкой значимости и эффективности решения построенной модели экономической задачи [2].

Математические модели при решении экономических задач предоставляют возможность производить полное описание существенных связей между экономическими процессами и явлениями, производить прогнози-

рование различных экономических показателей, а также вести разработку стратегий, направленных на управление экономическими объектами.

Создание математической модели при решении экономических задач включает в себя следующие основные этапы, указанные на рисунке 2:

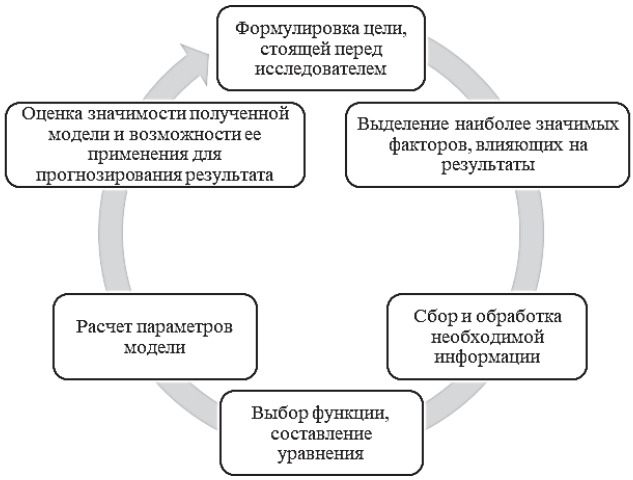


Рисунок 2 − Основные этапы создания математической модели при решении экономических задач

Математические методы, используемые на сегодняшний день при решении экономических задач, включают в себя моделирование и экстраполяцию. Математическое моделирование включает имеет огромное количество возможностей, которые направлены на исследование экономических процессов. В современном мире уже имеются разработанные универсальные методы и различные технологии моделирования, основной целью которых является выявление наиболее полезной и рациональной математической модели [3].

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось изучение использования математического моделирования при решении задач экономики. В работе доказана высокая актуальность использования методов математического моделирования в экономике, а также изучены основные принципы и этапы создания математической модели при решении экономических задач. Математическое моделирование занимает ключевое место практически во всех науках, существующих в современном мире. Именно посредством методов математического моделирования могут решаться одни из самых сложных и наиболее объемных задач на сегодняшний день.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каменева С.А., Борискина И.П. Математическое моделирование в экономике // Вестник ВУиТ. 2016.

2. Лепехова Е.Б. Экономика и математическое моделирование // Научный вестник МГТУ ГА. 2009.

3. Михалева О. В. Анализ эффективности применения математических методов моделирования в экономике // Juvenis scientia. 2016.

УДК 51-77
Квашнин Александр, магистр; Kvashnin Alexander
Гордин Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Gordin Sergey Alexandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МЕТОДЫ И РАСЧЕТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

METHODS AND CALCULATIONS OF THE ECONOMIC EFFECT FROM THE IMPLEMENTATION OF PROJECTS OF INTEGRATED DEVELOPMENT OF TERRY TORIUM

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию методов оценки экономических подсчетов проектов комплексного освоения территорий (ПКОТ).
Abstract. This work is devoted to the study of methods for assessing the economic calculations of projects for integrated areas of territories (PIAT).
Ключевые слова: методика расчета, экономическая обоснованность, транспортная инфраструктура, рентабельность транспортной инфраструктуры.
Keywords: methods of calculation, economic validity, transport infrastructure, profitability of transport infrastructure.

В российском законодательстве понятие «комплексное освоение территорий» закреплено в Градостроительном кодексе Российской Федерации[1] в статье 46.4 «Договор о комплексном освоении территории», где определяется следующим образом: «Комплексное освоение территории включает в себя подготовку документации по планировке территории, образование земельных участков в границах данной территории, строительство на земельных участках в границах данной территории объектов транспортной, коммунальной и социальной инфраструктур, а также иных объектов в соответствии с документаци-ей по планировке территории».

В то же время в широком смысле комплексное освоение территорий может включать в себя намного более разнообразные виды проектов, чем строительство жилых кварталов. В российской литературе [3] часто под проектами комплексного развития территорий имеют в виду создание территорий с особыми условиями экономической деятельности (ОЭЗ, ТОРы и др.). Нередко под проектами комплексного освоения территорий понимают также и крупные инвестиционные проекты, которые включают в себя строительство сразу многих объектов, среди которых есть объекты инфраструктурного типа (дороги, коммуникации), а также основные хозяйственные объекты (терминалы, заводы и т. д.), социальная инфраструктура и жилье. Примером такого проекта может служить освоение месторождения

полезных ископаемых с созданием нового завода и вахтового поселка рядом. Другой пример — крупные транспортно-пересадочные узлы с предприятиями сферы услуг. Проекты комплексного освоения территорий тесно связаны с понятием «развитие прилегающих территорий».

Оценка социально-экономических эффектов для проектов комплексного освоения территорий должна проводиться для всего комплекса мероприятий, в том числе строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов и экономической деятельности основных субъектов. Для различных видов проектов комплексного освоения территорий методика расчета эффектов имеет значительную специфику. В целом выделяется три основных типа проектов комплексного освоения территорий [3]:

- проекты комплексного освоения территорий в части строительства жилых массивов, офисных центров и торгово-развлекательной инфраструк-туры;
- проекты комплексного освоения территорий в части создания новых производственных мощ-ностей;
- проекты комплексного освоения территорий в части создания объектов транспортно-логисти-ческой инфраструктуры (вокзалы, ТЛЦ и пр.).

При этом остается вопрос: в каком случае и в какой части эффекты от ПКОТ следует «относить» к эффектам от реализации транспортного проекта, и как их отделить от эффектов другой инфраструктуры, например, социальной.

Оценка эффектов от реализации проектов комплексного освоения территорий включает в себя ряд составляющих[2]

Согласно [2]эффекты инвестиционного спроса в упрощенном виде оце-ниваются через мультипликатор (формлуа 1).

$$\text{Эффект_ВВП}_{\text{стрПКОТ}} = \sum_i Mult_i * Invest_i^j \quad (1)$$

$\text{Эффект_ВВП}_{\text{стрПКОТ}}$ − прирост валовой добавленной стоимости от реализации первого типа ПКОТ на этапе строительства, в руб.;

$Mult_i$ – мультипликатор инвестиционного спроса на прирост ВДС от осуществления строи-тельно-монтажных работ объекта из отрасли i с учетом планируемой доли импорта;

$Invest_i^j$ – затраты на строительно-монтажные работы по проекту из отрасли i, выполняемые подрядчиками, являющимися резидентами региона j с учетом стоимости строительных мате-риалов, производящихся на территории региона j, в руб.отсутствие учета потерь от грузовых транспортировок в методике Росавтодора, что делает подход Министерства экономического развития более полным.

Оценка эффектов на этапе эксплуатации проводится на ос-нове имеющихся предварительных данных о численности и структуре создаваемых рабочих мест. В случае отсутствия заранее проработанных данных, возможно использование данных на примере проектов-аналогов формула 2 [2].

$$\text{Эффект_ВВП}_{\text{стрПКОТ}} = \sum_i Workers_i^j * Productivity_i^j \quad (2)$$

$\text{Эффект_ВВП}_{\text{стрПКОТ}}$ – прирост валовой добавленной стоимости от реализации первого типа ПКОТ на этапе строительства, в руб.;

$Workers_i^j$ – планируемый объем создаваемых рабочих мест в предприятиях от отрасли i в регионе j, в шт.

$Productivity_i^j$ – среднерегиональная производительность труда одного занятого в отрасли i в регионе j, в руб./год.

Среднерегиональная производительность труда одного занятого в отрасли i в рассматриваемом регионе j оценивается по формуле 3 (на основе официальных опубликованных статистических данных Росстата за последний имеющийся год)

$$Productivity_i^j = \frac{ValueAdded_i^j}{Labour_i^j} \quad (3)$$

$Productivity_i^j$ – среднерегиональная производительность труда одного занятого в отрасли i (или в сопоставимом регионе) в рассматриваемом регионе j, в руб./год;

$ValueAdded_i^j$ – валовая добавленная стоимость, созданная в рассматриваемом регионе j(или в сопоставимом регионе) в отрасли i, в руб.;

$Labour_i^j$ – среднегодовая численность занятых в рассматриваемом регионе i(или в сопоставимом регионе), в чел.

На основе выше преречисленных расчетов экономических эффектов можно рассчитать оценочную ретабельность ПКОТ, а так же количество необходимых ивестиций для объектов ТОР и их рентабельность как для государства так и для субъектов проживания на данных территориях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 КонсультантПлюс [Электронный ресурс] consultant.ru // Особенности подготовки URL: http://www.consultant.ru /document/ cons_doc_LAW_51040/ f576f90ce976877a5b6b12a8b416582fd51936f2/ (дата обращения 05.03.2021).

2 Центр Экономики Инфраструктуры [Электронный ресурс] infraeconomy.com // Транспортная инфраструктура и экономический рост URL: https://www.infraeconomy.com/ data/files/transportnaya-infrastruktura-i-ehkonomicheskij-rost.pdf (дата обращения 01.03.2021)

3 Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс] // Территория опережающего развития URL: https://www.economy.gov.ru/material/ directions/ regionalnoe_razvitie/ instrumenty_razvitiya_territoriy /tor (дата обращения 01.03.2021)

УДК 658.891:338.467.5
Мироненко Юлия Алексеевна, студент бакалавриата;
Mironenko Yuliya Alekseevna
Котляров Валерий Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Kotlyarov Valery Petrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amur State University

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ С КЛИЕНТАМИ ДЛЯ МАЛЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ СФЕРЫ УСЛУГ

CREATING A MODEL FOR MANAGING CUSTOMER RELATIONSHIPS FOR SMALL SERVICE ORGANIZATIONS

Аннотация. В данной работе предложен вариант модели CRM-системы для малых организаций сферы услуг.
Abstract. In this paper, a variant of the CRM system model for small service organizations is proposed.
Ключевые слова: сфера услуг, система взаимоотношений с клиентами, CRM-система, мобильное приложение.
Keywords: service sector, customer relationship system, CRM system, mobile application.

Сфера услуг − часть экономики, которая включает в себя все виды коммерческих и некоммерческих услуг; сводная обобщающая категория, включающая воспроизводство разнообразных видов услуг, оказываемых предприятиями, организациями, а также физическими лицами. Существенная доля этой сферы представлена самозанятыми специалистами, индивидуальными предпринимателями и малыми предприятиями. Все эти категории сталкиваются с необходимостью вести взаимоотношения с клиентами. Эффективность ведения таких взаимоотношений напрямую влияет на финансовый результат. Являясь специалистами в направлениях оказываемых услуг, предприниматели не всегда имеют возможность уделять должное время методам управления продажами, поэтому зачастую нуждаются в специальных инструментах ведения взаимоотношений с клиентами. Эти инструменты позволяют компенсировать пробелы в знаниях и навыках и способны повысить эффективность в поиске клиентов и повышении продаж. [1]

Традиционно для решения подобных проблем используются CRM-системы (системы взаимоотношения с клиентами), но, к сожалению, среди российских малых предпринимателей в сфере малого бизнеса использование подобных систем не распространено по ряду причин, среди которых: высокая стоимость использования и обслуживания подобных систем, наличие специализированных навыков для использования. В этих условиях

задача разработки доступного (для малого предпринимательства) приложения для управления взаимоотношениями с клиентами малых организаций в сфере услуг является актуальной.

Такая система позволяет:

- на стадии маркетинга выявлять потенциальных покупателей путём рассылки информации, вести историю взаимодействия с каждым клиентом для более эффективного сотрудничества;
- автоматизировать процесс продаж;
- планировать задачи;
- быстро обмениваться информацией между сотрудниками и клиентами;
- автоматически анализировать данные о работе, что позволяет оперативно и грамотно планировать бизнес-стратегии; и др.

Информационная система будет представлять собой мобильное приложение, в котором будут реализованы функции записи клиентов, общениями с ними, уведомления о записях и новостях, рассылок, ведения различной аналитики. В приложении должен быть модуль как для мастеров, так и для клиентов.

Для работы приложения будет создана база данных (рисунок 1) с помощью SQL Server, в которой будет храниться вся необходимая информация.

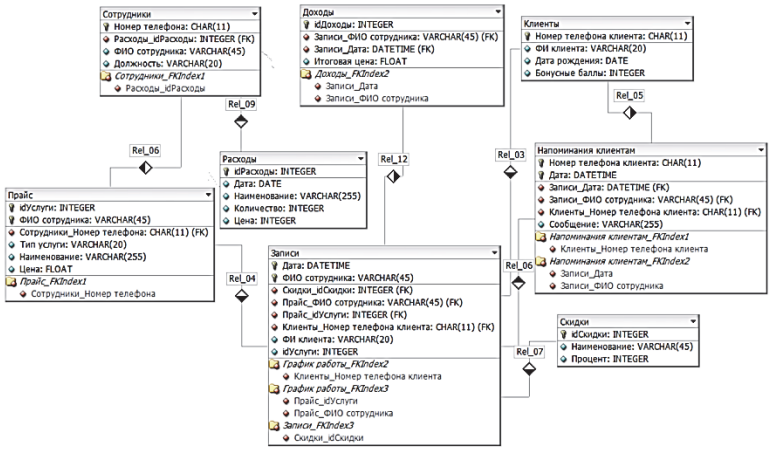


Рисунок 1 – Диаграмма классов

Приложение будет работать с помощью базы данных, включающей в себя представленные на рисунке таблицы: «Сотрудники», «Клиенты», «Прайс», «Записи», «Напоминания клиентам» и «Скидки».

В таблицах «Сотрудники» и «Клиенты» будет храниться все необходимая информация о работниках и клиентах предприятия соответственно.

В таблице «Прайс» будет храниться информация о стоимости всех услуг. В таблице предусмотрен составной ключ, поскольку одну и ту же услугу два разных мастера могут выполнять по разной цене.

В таблице «Записи» можно будет увидеть, какой клиент к какому мастеру, на какое время и какую услугу он записан, есть ли у него скидки.

В таблице «Скидки» будет храниться информация о различных акциях предприятия.

В таблице «Напоминания клиентам» будут храниться записи с информацией о предстоящих посещениях.

В таблице «Расходы» будет храниться информация о расходах каждого сотрудника.

В таблице «Доходы» будет храниться информация о доходах каждого сотрудника.

С помощью такой базы данных можно хранить всю информацию о клиентах и сотрудниках, о различных акциях и обо всех записях, о доходах и расходах сотрудников. Из неё можно брать информацию об окошках мастеров, а также о записях к ним, рассылать оповещения клиентам об их записях и об акциях, которые проходят в организации.

В приложении предполагается, что работать с ним сможет как мастер, так и клиент (рисунок 2).

В личном кабинете клиента будет видна вся информация о нём. Через приложение клиент сможет:

1) отслеживать свой бонусный счёт: на этой странице клиент может увидеть, сколько бонусов у него уже накоплено, прочитать информацию о бонусах, а также написать сумму бонусов, при которой они автоматически будут списываться при записи через приложение;

2) записаться на услугу: на странице записи клиент может выбрать мастера, дату, время и услугу, которые ему подходят. После чего ему необходимо заполнить его контактные данные, а именно имя и номер телефона, написать пожелания, если таковые имеются и отметить, нужно ли отправлять ему уведомление о записи или нет;

3) использовать онлайн-чат: здесь клиент может общаться с любым человеком, который использует данное приложение;

4) просматривать акции мастеров: здесь клиент может увидеть все акции, которые проходят у мастеров его города.

Мастер в приложении может вести учёт своих расходов и доходов (добавлять их, вести статистику), менять график или место своей работы. Помимо этого, мастер может добавлять различные акционные предложения в качестве новостей, чтобы их могли увидеть все клиенты, и добавлять или изменять свои услуги.

Мастер в приложении сможет:

1) изменять свой график работы: здесь мастер может выбрать нормированный ли график у него или нет. Если нормированный, то далее мастер устанавливает выходные и рабочие дни, а также время работы. Если не нормированный, то менять данные о рабочих днях, а также о времени его работы ему будет необходимо каждую неделю;

2) изменять/добавлять/удалять услуги: здесь мастер указывает, какие услуги он предоставляет, их время и стоимость;

3) просматривать/добавлять/изменять/удалять записи: в некоторых ситуациях клиент не может сам записаться, именно поэтому в приложении должна быть реализована функция записи клиента самим мастером.

После нажатия кнопки «Записи» в личном кабинете мастер попадает на страницу, где будут написаны все ближайшие к нему записи. На этой странице он может нажать на любую из записей, чтобы её посмотреть, изменить или удалить, а также он может нажать кнопку «Добавить запись» и перейти на страницу добавления записи.

Для записи мастер должен выбрать дату, время, наименование услуги, написать имя и номер телефона клиента. Он сможет написать какой-либо комментарий о клиенте или записи (например, внесена предоплата или клиент любит выпить кофе), а также выбрать будет ли отправлено уведомление о записи самому клиенту за 24 часа до неё (сообщение мастер может редактировать).

Также на этой странице мастер сможет добавить перерыв между записями, определив время перерыва.

На странице добавления/изменения записей мастер может как внести изменения, так и удалить запись с помощью кнопок внизу экрана;

4) использовать онлайн-чат: здесь мастер может общаться с любым человеком, который использует данное приложением;

5) добавлять/изменять/удалять акции: в этом разделе мастер может добавлять различные акции, чтобы их в дальнейшем могли увидеть клиенты, также он сможет их изменять или удалять при необходимости.

6) вести свои доходы: на странице «Доходы» видны все записи, которые должны были быть у мастера. Ниже каждой из них он может отметить была ли выполнена процедура и по какой стоимости. Внизу страницы видны итоговые суммы заработка мастера (за неделю, за месяц, за года и за любой период, выбранный мастером), которые рассчитываются автоматически.

7) ведение расходов: на этой странице видны все добавленные им расходы. Здесь он может выбрать месяц, за который хотел бы посмотреть свои расходы (по умолчанию стоит текущий месяц), а также добавить новые расходы.

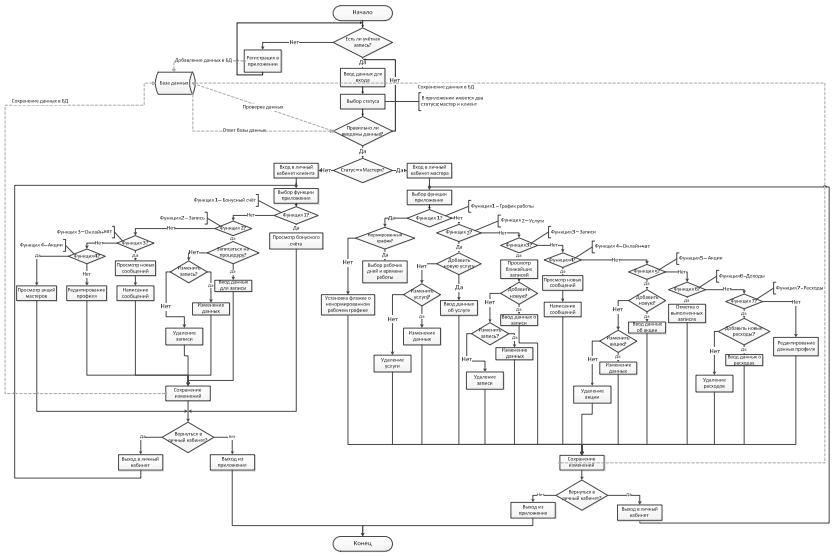


Рисунок 2 – Блок-схема

Таким образом, наша система позволит увеличить объём продаж за счёт улучшения качества обслуживания клиентов, уменьшение временных затрат на их запись, увеличение эффективности предприятия за счёт ведения различной аналитики, которая поможет анализировать данные и грамотно планировать дальнейшие действия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Понятие сферы услуг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: / http://www.economicwealth.ru/wels-482-1.html (дата обращения: 10.02.2021 г.)

2 ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: http://znanium.com/ catalog.php#, ограниченный (дата обращения: 12.02.2021 г.) – Загл. с экрана .

3 Мелкий и средний бизнес и его роль в экономике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: / https://lektsia.com/2xbd23.html (дата обращения: 13.02.2021 г.)

4 Виртуальная библиотека института новых информационных технологий: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: http://www.initkms.ru/library/main, свободный (дата обращения: 15.02.2021 г.) – Загл. с экрана.

УДК 51

Черников Артем Михайлович, студент; Chernikov Artem Mikhailovich
Яковенко Константин Юрьевич, студент; Yakovenko Konstantin Yuryevich
Смирнов Анатолий, студент; Anatoly Smirnov
Богданова Ирина Сергеевна, магистр; Bogdanova Irina Sergeevna
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, доцент; Grigorieva Anna Leonidovna
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ГРАЖДАН РФ

MATHEMATICAL REGRESSION MODEL OF THE DEPENDENCE OF VARIOUS ECONOMIC CHARACTERISTICS THAT AFFECT THE QUALITY OF LIFE OF CITIZENS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Аннотация. В данном работе рассматривается регрессионная модель зависимости экономических характеристик качества жизни граждан РФ. Прово-дится анализ и делаются выводы.

Abstract. In this paper, we consider a regression model of the dependence of the economic characteristics of the quality of life of citizens of the Russian Federation. The analysis is carried out and conclusions are drawn.

Ключевые слова: регрессионная модель, экономика, благополучие, параметры.
Keywords: regression model, economy, well-being, parameters.

Не секрет, что от финансового благополучия зависит уровень и качество жизни человека, а соответственно его здоровье как психическое так и физическое, его удовлетворенность жизнью и окружающей действительностью. В поисках большего заработка и финансового благополучия люди могут кардинально менять аспекты своей жизни, будь то род деятельности или место жительства, и речь не только о другом районе или городе, в поисках лучшего достатка человек может даже сменить страну. Ну и естественно зависимость здоровья от финансового положения влечёт за собой зависимость продолжительности жизни от уровня достатка, ведь хорошая еда, лекарства и отдых стоят денег. Но не только смертность зависит от финансового положения людей, но и рождаемость, ведь если люди могут обеспечить себя, то с большей вероятностью они решат завести ребёнка и смогут оплатить все сопутствующие этому решению финансовые затраты. Если человек обеспечен, он не решит покинуть страну в поисках лучшей альтернативы, сможет позволить себе лекарства и хорошее питание, что продлит ему жизнь и с большей вероятностью обеспеченный человек создаст потомство, будучи готовым обеспечить своих отпрысков всем необходимым. Как можно увидеть прослеживается связь между численностью населения и уровнем достатка людей, попробуем понять насколько эта связь тесная.

	кол-во населения	зарплата	зарплата$_т$
2010	142,856,536	18,958 ₽	21,880 ₽
2011	142,865,433	20,780 ₽	21,914 ₽
2012	143,056,383	23,221 ₽	22,640 ₽
2013	143,347,059	25,928 ₽	23,746 ₽
2014	143,666,931	27,767 ₽	24,962 ₽
2015	146,267,288	30,467 ₽	34,851 ₽
2016	146,544,710	30,747 ₽	35,906 ₽
2017	146,804,372	31,422 ₽	36,894 ₽
2018	146,880,432	32,635 ₽	37,183 ₽
2019	146,780,720	42,263 ₽	36,804 ₽
2020	146,748,590	49,274 ₽	36,682 ₽
Сумма	1,595,818,454	333,462 ₽	
Среднее	145,074,404.9091	30,314.7273 ₽	

Для того чтобы понять есть ли связь между численностью населения и уровнем достатка людей, в нашей работе мы решили исследовать зависимость 2-х переменных: средней зарплаты и численности населения.
X и Y равны кол-во населения и зарплата соответственно.

Формулы для расчетов:

$$a = \frac{\overline{XY} - \bar{X} * \bar{Y}}{\overline{X^2} - (\bar{X})^2}$$

$$b = \bar{Y} - a\bar{X}$$

теоретическое значение = a * X + b

$$r = a * \frac{\sqrt{\overline{X^2} - \bar{X}^2}}{\sqrt{\overline{Y^2} - \bar{Y}^2}}$$

a	b	r_{xy}
0.00	- 521,393.7871	0.7860

кол-во * зп	$зп^2$	$кол-во^2$
2,708,274,209,488	359,405,764	20,407,989,877,919,300
2,968,743,697,740	431,808,400	20,410,531,946,277,500
3,321,912,269,643	539,214,841	20,465,128,717,042,700
3,716,702,545,752	672,261,184	20,548,379,323,949,500
3,989,199,673,077	771,006,289	20,640,187,062,958,800
4,456,325,463,496	928,238,089	21,394,119,538,874,900
4,505,810,198,370	945,378,009	21,475,352,028,984,100
4,612,886,976,984	987,342,084	21,551,523,638,314,400
4,793,442,898,320	1,065,043,225	21,573,861,304,506,600
6,203,393,569,360	1,786,161,169	21,544,579,763,718,400
7,230,890,023,660	2,427,927,076	21,535,148,666,988,100
48,507,581,525,890	10,913,786,130	231,546,801,869,534,000
4,409,780,138,717.2700	992,162,375.4545	21,049,709,260,866,800.0000

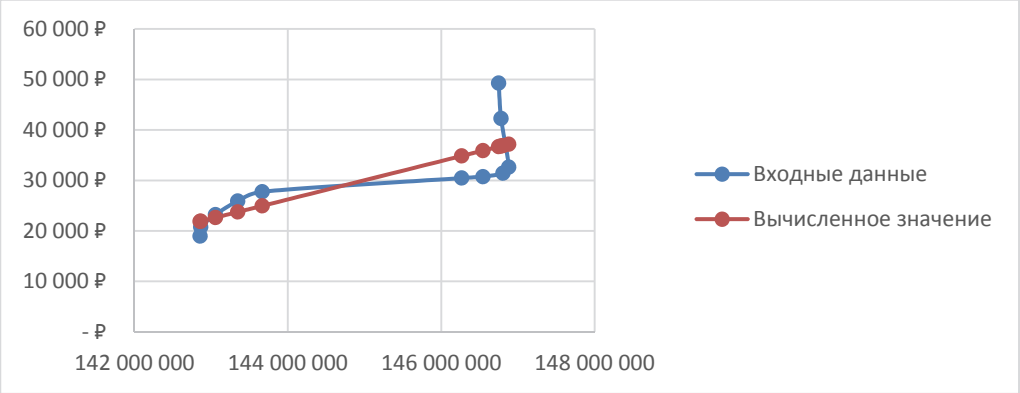


Рисунок 1

Мы провели расчёты и можем сделать вывод.

Вывод: Мы взяли необходимые нам данные с достоверного источника и провели регрессионный анализ, получив линейное уравнение, описывающее взаимосвязь между средней зарплатой и численностью населения. С помощью уравнения мы также построили график, описывающий нашу зависимость, нашли коэффициент связи между средней зарплатой и численностью населения. Оценка коэффициента дает нам понять, что в нашем случае связь между переменными тесная.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли// Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л.// Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.

2. Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

3. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

4. Математическая модель связи лазерного дальномера с типом лазерного излучателя // Курдюмова Т.И., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 46.

5. Основы теории пластичности.// Качанов Л.М. Под редакцией Добровольского В.Л. М: 1969 г. 420 с.

6. Деформация и механика разрушения конструкционных материалов // Херцберг Р.В. – М.: Металлургия, 1989. – 576 с.

7. Моделирование сравнительных деформационных процессов, при растяжении плоских образцов в условиях различных деформационных состояний. // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю., Хромов А.И., Канашин И.В. В сборнике: XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Сборник трудов. В 4-х томах. 2019. С. 423-425.

8. Деформирование плоского образца при разрывном поле скоростей перемещений в условиях плоского напряженного состояния. // Хромов А.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10. С. 73-77.

9. Одноосное растяжение жесткопластической полосы в условиях плоского напряженного состояния при однородном поле скоростей деформаций // Григорьева А.Л., Хромов А.И.. Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2015. № 4 (26). С. 198-205.

УДК 658.891:005.93

Черпаков Максим, студент бакалавриата; Cherpakov Maxim
Котляров Валерий Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Kotlyarov Valery Petrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ СОПРОВОЖДЕНИЯ НЕСООТВЕТСТВИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

FORMATION OF A MODEL FOR TRACKING INCONSISTENCIES IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Аннотация. Предложен вариант модели сопровождения несоответствий на промышленном предприятии.

Abstract. A variant of the model for tracking nonconformities in an industrial enterprise is proposed.

Ключевые слова: корректирующее действие, несоответствие, контрольный лист, жизненный цикл несоответствия, действие.
Keywords: corrective action, nonconformity, checklist, nonconformity lifecycle, action.

Одной из важнейших целей любого промышленного предприятия является снижение потерь. Один из ключевых факторов, который на это влияет являются потери от несоответствия.

Несоответствием в производстве считают изделия, полуфабрикаты, детали, агрегаты и др., которые по своему качеству не соответствуют стандартам, нормалям, чертежам или техническим условиям и не могут быть использованы по прямому назначению или могут быть использованы лишь после дополнительных затрат на их исправление.

В соответствии с исследованиями многих компаний суммарные затраты по всем блокам модели затрат могут достигать значительных величин, а именно от 20 до 40 процентов от объема продаж, например, в соответствии с опубликованными исследованиями IBM (International Business Machines), затраты на качество достигают 40% от объема продаж [1].

Затраты на качество обычно делятся на следующие категории [2]:

- затраты на предотвращение возможности возникновения дефектов, т.е. затраты, связанные с какой-либо деятельностью, которая снижает или полностью предотвращает возможность появления дефектов или потерь;
- затраты на контроль, т.е. затраты на определение и подтверждение достигнутого уровня качества;
- внутренние затраты на дефект - затраты, понесенные внутри организации, когда оговоренный уровень качества не достигнут, т.е. до того, как продукт был продан (внутренние потери);
- внешние затраты на дефект - затраты, понесенные вне организации, когда оговоренный уровень качества не достигнут, т.е. после того, как продукт был продан (внешние потери);
- сумма всех этих затрат дает общие затраты на качество (рисунок 1).

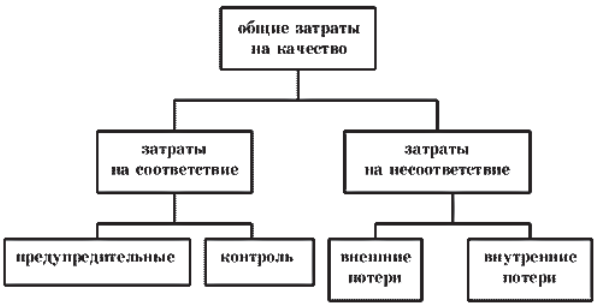


Рисунок 1 – Общие затраты на качество или потери от несоответствий

Для формирования модели сопровождения несоответствия опишем алгоритм жизненного цикла, выявления, накопления и причин её появления.

Однако имеется альтернатива формируемой модели, откуда позаимствована часть процедур сопровождения – это принципы 8D модели [3]. Предлагаемая модель использует дополнительные процедуры обработки по сопровождению несоответствий, что позволит увеличить в целом эффективность производства промышленного предприятия.

Жизненный цикл несоответствия – это стадии, которые проходит ошибка с начала своего существования и до ее полного разрешения [4].

Каждый этап стадии сопровождения несоответствия обозначается бизнес-процессом, которые показывают совокупность работ по устранению этой ошибки.

Несоответствия классифицируются по описанию и по источнику. Описание включает в себя список всех недочетов, которые были обнаружены после выявления несоответствия, сюда входят: наименование предмета, в котором обнаружили несоответствие (станок, документ, материал и т.д.), определяется его критичность, то есть нужно ли останавливать производство, чтобы не понести большие потери и комментарий от рабочего с дополнительной информацией о времени и обстоятельствах, при которых был обнаружен.

Далее определяется источник, если он обнаруживается сразу, то его вносят в контрольный лист в ином случае работает специальная комиссия по определению источника несоответствий. Проверяются все нормы и линии производства, где было обнаружено несоответствие.

Каждый контрольный лист будет привязан к своему отделу, это позволит упростить сортировку данных.

Опишем стадии жизненного цикла сопровождения несоответствий:

1. Обнаружение: несоответствие находит специальная комиссия в ходе плановых проверок качества.

2 Регистрация: несоответствия заносится в контрольный лист с присвоением типа, например:

a. Документация;
b. Материал/Сырье;
c. Станок;
d. Производственная линия;
e. Персонал.

И статус, является ли несоответствие критическим «Да» или «Нет» (рисунок 2).

3. Установка причин, по которым возникло несоответствие, причины могут добавляться. Они подразделяются:

a. Технические ошибки исполнителя;
b. Неумышленное нарушение сотрудником установленной процедуры;
c. Умышленное нарушение процедуры;
d. Техническая неисправность машины/станка.

Обнаруженную причину также записывают в контрольный лист для дальнейшей обработки (рисунок 2).

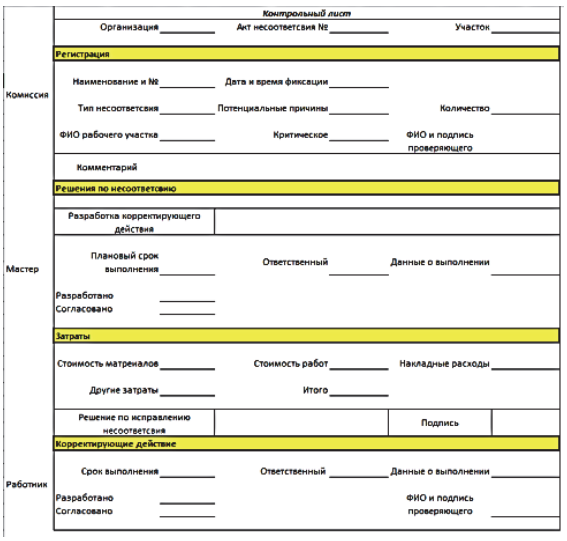


Рисунок 2 – Контрольный лист сопровождения несоответствия

4. Решение по несоответствиям: разрабатывается корректирующее действие на основе имеющихся данных о несоответствии мастером участка (подразделения).

5. Если затраты на устранение несоответствия выше, чем стоимость результата, то от корректирующих действий отказываются.

6. Отклонение корректирующего действия из-за его неэффективности. Производству будет выгоднее его игнорировать т.к., финансовые потери незначительные, если пытаться исправить несоответствие.

7. Принятие корректирующего действия, несоответствие устраняется и производство работает в обычном режиме дальше.

8. Корректирующие действие осуществляется рабочим назначенным мастером с планом работы.

9. Собранная информация по несоответствиям анализируется методом Парето, период анализа: месяц или квартал (рисунок 3).

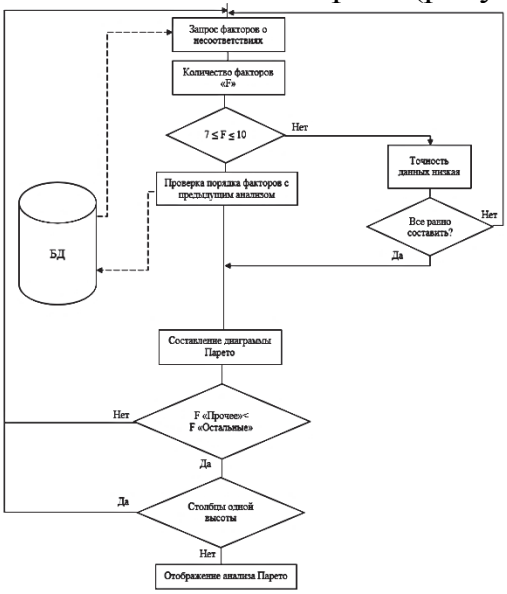


Рисунок 3 – Алгоритм «Анализа Парето»

Визуально это все выглядит следующим образом (рисунок 4). На основе системы управления несоответствий можно создавать отчеты, по которым уже оценивать работу как работника, так и комиссии при выполнении им возложенных услуг по исправлению несоответствий на производстве [6].

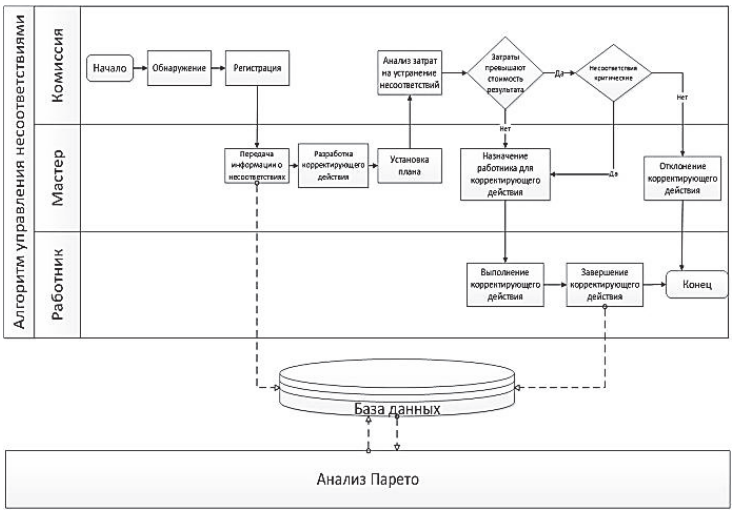


Рисунок 4 – Алгоритм управления несоответствиями

Для систематизации всей информации о несоответствиях и последующей реализации предупреждающих действий необходим информационный модуль, который позволит на основе обработки статистической информации избавляться, прогнозировать и предупреждать несоответствия в деятельности промышленного предприятия.

По итогам предлагаемый вариант системы сопровождения несоответствий может уменьшить потери на 10-15% деятельности предприятия

Наглядным примером для демонстрации всех показателей о несоответствиях будет доска управления промышленного предприятия (рисунок 5).

Рисунок 5 – Доска управления несоответствиями

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Система учета и минимизации затрат на несоответствия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: / http://new.ivanbulkin.ru/info/cbt/stati/12/ (дата обращения: 06.12.2020).

2 Анализ затрат на качество [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.cfin.ru/management/iso9000/iso9000_cost.shtml (дата обращения: 10.02.2021).

3 8D методология управления несоответствиями [Электронный ресурс]. [офиц. сайт]. — Режим доступа: / https://quality.eup.ru/MATERIALY15/corr8d.htm (дата обращения: 10.02.2021).

4 Жизненный цикл дефекта: основные стадии верификации ошибок [Электронный ресурс]. — Режим доступа: / https://testmatick.com/ru/zhiznennyj-tsikl-baga-osnovnye-stadii-verifikatsii-oshibok/ (дата обращения: 11.02.2021).

5 Метод 8Д "8 шагов" / Global 8D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: / https://zen.yandex.ru/media/id/5adce98855876b1eddc267ce/metod-8d-8-shagov--global-8d-5ade27821410c33a01451b29 (дата обращения: 06.03.2021).

6 Статус несоответствий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: / https://testmatick.com/ru/zhiznennyj-tsikl-baga-osnovnye-stadii-verifikatsii-oshibok/ (дата обращения: 11.02.2021).

УДК 004.942:539.3
Ефимова Юлия Андреевна, магистрант; Efimova Yulia Andreevna
Семенов Алексей Александрович, зав. кафедрой, кандидат технических наук, доцент; Semenov Alexey Alexandrovich
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАМКНУТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ

STRESS-STRAINED STATE OF A CLOSED CYLINDRICAL SHELL UNDER EXPOSURE TO INTERNAL PRESSURE

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния конструкций резервуаров для хранения нефтепродуктов, выполненных из изотропного или ортотропного материала. Учитывается внутреннее давление жидкости. Используются численный метод Ритца и метод Ньютона. Программная реализация выполнена в ПК Maple.
Abstract. This work is devoted to the study of the stress-strain composition of the structure of tanks for the storage of petroleum products. The internal fluid pressure is taken into account. The numerical Ritz method and Newton's method are used. Software implementation is performed in PC Maple.
Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, ортотропия, изотропия, внутреннее давление.
Keywords: stress-strain state, orthotropy, isotropy, internal pressure.

Введение

Тонкостенные оболочечные конструкции используются во многих отраслях промышленности, и исследование процесса их деформирования под действием разных нагрузок является актуальной задачей. Компьютерное моделирование позволяет проводить вычислительные эксперименты, в том числе, и в закритической стадии [1–3].

Целью данной работы является расчет и анализ напряженно-деформированного состояния замкнутой цилиндрической оболочки из изотропного и ортотропного материала при действии внутреннего давления жидкости.

Теория и методы

Возьмем замкнутую цилиндрическую оболочку, расположим ее вертикально, что аналогично задаче о расчете резервуара для хранения нефтепродуктов. Контур оболочки закреплен жестко.

Для изучения процессов деформирования будем рассматривать геометрически нелинейную математическую модель Тимошенко – Рейснера [4]. Преимуществом данной модели является возможность рассматривать не только функции перемещений, но и поперечные сдвиги.

Для данной работы была выбрана нагрузка, изменяющаяся по линейному закону вдоль оси x (вертикальной оси). Так как на цилиндрическую оболочку действует внутреннее гидростатическое давление, то нагрузка принимается с отрицательным знаком.

Искомые функции перемещений по трем направлениям U, V, W и функции, характеризующие углы поворота Ψ_x, Ψ_y будем искать в виде линейной комбинации аппроксимирующих функций. Вдоль оси x аппроксимирующие функции должны удовлетворять условиям жесткого закрепления оболочки. При нагрузке, изменяющейся по линейному закону вдоль оси x, возьмем следующий вариант несимметричных функций:

$$U = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} U_{ij} \sin\left(\frac{((i-1)\cdot n + j)\pi x}{a}\right), \quad V = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} V_{ij} \sin\left(\frac{((i-1)\cdot n + j)\pi x}{a}\right),$$

$$W = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} W_{ij} \sin\left(\frac{((i-1)\cdot n + j)\pi x}{a}\right), \qquad (1)$$

$$\Psi_x = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \Psi_{x_{ij}} \sin\left(\frac{((i-1)\cdot n + j)\pi x}{a}\right), \quad \Psi_y = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \Psi_{y_{ij}} \sin\left(\frac{((i-1)\cdot n + j)\pi x}{a}\right).$$

Здесь n – количество используемых в разложении базисных функций.

Отсутствие компоненты y обусловлено тем, что рассматриваемая цилиндрическая оболочка не имеет несовершенств, особенностей формы, а также приложенная нагрузка по оси y является равномерной. Поэтому можно принять нагрузку по оси y везде одинаковой. Напряженно-деформированное состояние также будет везде одинаковым. Следовательно, можно решать задачу как осесимметричную.

Расчет и задание нагрузки

Далее рассмотрим оболочку с параметрами $h = 0.005$ м, $a = 6$ м, $b = 2\pi$, $R_1 = \infty$, $R_2 = 2.365$ м. В качестве материалов оболочечной конструкции будем рассматривать два варианта: 1) углепластик Т300/976, 2) сталь.

Цилиндрическая оболочка расположена вертикально и находящаяся внутри жидкость оказывает гидростатическое давление, которое может быть задано линейно возрастающей нагрузкой вдоль оси x. Для этого воспользуемся формулой вида:

$$q = q_0\left(a_{11} + a_{21}x + a_{31}x^2\right) + q_{sv} \qquad (2)$$

где q_0 – величина поперечной нагрузки, МПа; q_{sv} – собственный вес оболочки, МПа, $a_{11} = -0/a$, $a_{21} = -1/a$, $a_{31} = 0$.

Расчет собственного веса оболочки производится следующим образом.

$$P = \rho V g, \quad P_{\text{сталь}} = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0.446 \text{м}^3 \cdot 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 34092.24 \text{ Н}.$$

$$q_{sv\,\text{стали}} = \frac{P_{\text{сталь}}}{\text{S}_{\text{основ}}} = \frac{34092.24 \text{ Н}}{\left(\frac{V_{\text{внешн}} - V_{\text{внутр}}}{a} \right)} = \frac{34092.24 \text{ Н}}{\frac{0.446 \text{ м}^3}{6 \text{ м}}} = 0.46 \text{ МПа}.$$

Аналогичным способом вычисляется собственный вес оболочки из углепластика:

$$q_{sv\ \text{углеп}} = \frac{P_{\text{углеп}}}{\text{S}_{\text{основ}}} = \frac{6556.2 \text{ Н}}{0.074 \text{ м}^2} = 0.09 \text{ МПа}.$$

Результаты

В результате расчетов было выявлено, что цилиндрическая оболочка, выполненная из двух вариантов материалов, не теряет устойчивость, что характерно для замкнутых совершенных оболочек [5]. В таком случае, следует обратить внимание на максимальные значения компонент напряжений, которые могут привести к необратимым изменениям в материале конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Семенов А.А. Геометрически нелинейная математическая модель расчета прочности и устойчивости ортотропных оболочечных конструкций: дис. Семенова А.А. канд.техн.наук: (05.23.17 − Мат. моделир., числ. методы и комплексы прогр.) / СПбГАСУ. – СПб., 2014. – 183 с.

2 Баранова Д.А., Карпов В.В., Семенов А.А. Компьютерное моделирование местных и общих форм потери устойчивости тонкостенных оболочек // Вычислительная механика сплошных сред. 2015. Т. 8, № 3. С. 229–244.

3 Semenov A. A. Analysis of the strength of shell structures, made from modern materials, according to various strength criteria // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2018. Iss. 1. P. 16–33. – DOI: 10.17804/2410-9908.2018.1.016-033.

4 Бакусов П.А., Семенов А.А. Устойчивость сегментов тороидальных оболочек при изменении угла отклонения от вертикальной оси // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2017. № 3. С. 17–36. DOI: 10.15593/perm.mech/2017.3.02

5 Аристов Д.И. Компьютерные технологии исследования устойчивости панелей ребристых цилиндрических оболочек при кратковременном и длительном нагружениях // Вестник гражданских инженеров. 2007. № 2. С. 96–98.

УДК 669.697.7
Костиков Сергей Александрович, аспирант, Харбинский политехнический университет, email: 300gloof@mail.ru
Kostikov Sergey Alexandrovich, post-graduate student of Harbin Institute of Technology, email: 300gloof@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СТЕНЫ ТРОМБА

OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION SOLUTIONS FOR A TROMBE WALL

Аннотация. Данная работа посвящена проблеме проектирования пассивной системы солнечного отопления – стены Тромба. Стена Тромба относится к пассивным системам солнечного отопления. Несмотря на простое исполнение стены Тромба по сравнению с активными системами солнечного отопления, существует проблема в поиске наиболее эффективных конструктивных решений для установленных климатических условий. В данной работе представлен алгоритма определения оптимальных конструктивных решений стены Тромба.
Abstract. This work is devoted to the problem of designing a passive solar heating system - a Trombe wall. A Trombe wall belongs to passive solar heating systems. Despite the simple design of the Trombus wall in comparison with active solar heating systems, there is a problem in finding the most effective design solutions for the established climatic conditions. This paper presents an algorithm for determining the optimal design solutions for a Trombe wall.
Ключевые слова: солнечная энергия, стена Тромба, математическое моделирование.
Keywords: solar energy, Trombe wall, mathematical modeling.

Многие передовые страны все больше и больше стремятся к обеспечению своей энергетической независимости, к сокращению денежных затрат на энергоресурсы и выбросов вредных веществ в атмосферу, наращивают процент задействования возобновляемых источников энергии. Наиболее актуально применение альтернативных источников в жилищно-коммунальный секторе, где большая часть потребляемой энергии отводится на отопление зданий.

Использование тех или иных альтернативных источников энергии в жилищно-коммунальном секторе жестко ограничено. Одним из таких возобновляемых источников, который является самым перспективным и быстро развивающимся в мире, является солнечная энергия. Солнечную энергию можно получить в любой точке земного шара. Количество падающей солнечной энергии является непостоянным фактором и зависит от широты местности, времени года, облачности и прочих неблагоприятных погодных условий. Возникает проблема с выбором оптимальных конструктивных решений систем солнечного отопления при обеспечивании теплоснабжения зданий в установленных климатических и экономических условиях [1].

Целью данной работы является разработка алгоритма определиния оптимального варианта конструктивного решения пассивной системы солнечного отопления для установленных климатических условий.

Среди всех пассивных систем солнечного отопления широко распространена стена Тромба. В классическом понимании стена Тромба - это конструкция, которая ориентирована строго на южную сторону, так как с этой стороны можно получить максимальное количество падающего солнечного излучения. Внешняя поверхность массивной стены должна быть окрашена в черный цвет. Принцип работы заключается в следующем: массивная стена и воздушный зазор через остекление прогреваются солнечными лучами в течение светового дня. Нагретая массивная стена обогревает помещение за счет лучистого и конвективного тепломассообмена. Для регулирования циркуляции воздуха используются два-три клапана в верхней и нижней частях массивной стены [2]. К основным конструктивным элементам стены Тромба можно отнести следующие элементы: остекление, воздушная прослойка, массивная стена и вентиляционные каналы.

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма определения оптимальных конструктивных решений стены Тромба. Определим основные характеристики, влияющие на выбор конструкции.

Остекление оказывает большое влияние на аккумулирующую эффективность стены Тромба. Это связано тем, что стеклопакет может поглощать и отражать некоторую часть солнечного спектра излучения. Выбор остекления зависит от климатических условий и принятого материала для массивной стены [3].

В стене Тромба теплоносителем является воздух, который циркулирует между отапливаемым помещением и воздушной прослойкой. Нагрев воздуха в воздушной прослойке происходит за счет конвективного теплообмена между поверхностью массивной стены и воздухом. В данном элементе самой важной характеристикой является коэффициент конвективной теплоотдачи, который зависит от размеров воздушной прослойки, шероховатости поверхности стен и скорости подаваемого воздуха. Таким образом, толщина воздушной прослойки определяется исходя из установленных требований тепловой защиты, принятой системы конвективного теплообмена, скорости подаваемого воздуха через вентиляционные отверстия [4].

Массивная стена непосредственно отвечает за аккумулирующую способность стены Тромба. Массивная стена должна иметь достаточную термическую массу, которая сможет полностью поглотить среднесуточное прогнозное значение падающего солнечного излучения в принятом местоположении. Для увеличения термальной массы массивной стены на ее наружной поверхности располагают материал с фазовым переходом. Толщина массивной стены должна удовлетворять значению приведенного сопротивления теплопередачи и иметь достаточную термальную массу, чтобы накопить требуемое количество тепловой энергии для отопления помещения в ночной период [5].

Рисунок 1 – Блок-схема расчетного алгоритма для определения оптимальных конструктивных решений стены Тромба

В верхней и нижней частях массивной стены располагаются вентиляционные каналы. Они обеспечивают тепломассообмен между воздухом помещения и воздухом в воздушной прослойке стены Тромба. Вентиляционные каналы увеличивают скорость нагрева помещения из-за конвективного теплообмена между нагретым воздухом в воздушной прослойке и воздухом помещения. Вентиляционные каналы оказывают решающие влияние на аккумулирующую эффективность стены Тромба. При моделировании конвективного теплообмена между массивной стеной и воздухом в помещении требуется определить время открытия и закрытия вентиляционных каналов, а также скорость подачи воздуха в воздушную прослойку [6].

Выводы

При проектировании стены Тромба требуется учитывать множество факторов, которые оказывают влияние на те или иные конструктивные элементы. Для поиска оптимальных конструктивных решений наилучшим вариантом является применение методов математического моделирования, учитывающих климатические условия, прогнозируемое количество падающего солнечного излучения на поверхность массивной стены, процессы лучистого и конвективного теплообмена, протекающие в стене Тромба, необходимость в основном источнике тепла. Представленный алгоритм

решения позволяет не только ускорить процесс проектирования стены Тромба, но и получить наиболее эффективное конструктивное решение стены Тромба в установленных климатических условиях, с возможностью технико-экономического анализа принятых решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 K. Hami, B. Draoui, O. Hami O. The thermal performances of a solar wall. Energy 39 (2012) 11-16 pp

2 S.A. Kostikov, S. Chao, J. Yiqiang. A review of the current work potential of a Trombe wall. Renewable and Sustainable Energy Reviews 130 (2020) 1-15 pp

3 M. Helenice, L Bragança, M. Almeida. Modulated facade system: Trombe wall and glazing study for different Portuguese climates. Centre of Territory Environment and Construction (2012); 1-22 pp

4 Y. Liu, D. Wang, C. Ma, J. Liu. A numerical and experimental analysis of the air vent management and heat storage characteristics of a Trombe Wall. Solar Energy 91 (2013) 1-10 pp

5 P. Okpani. Investigation of the effect of the thermal wall thickness on its back surface temperature for a poultry brooding pen heated by Trombe wall. Journal of Energy Technologies and Policy 13 (2013) 20-37 pp

6 Y. Liu, D. Wang, C. Ma, J. Liu. A numerical and experimental analysis of the air vent management and heat storage characteristics of a Trombe Wall. Solar Energy 91 (2013) 1-10 pp

УДК 51-7

Садовникова Юлия Дмитриевна, студент; Sadovnikova Yulia Dmitrievna
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой; Grivorieva Anna Leonidovna
Хромов Алесанд Игоревич, доктор физико-математических наук, профессор; Khromov Alesand Igorevich
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ БЕТОННЫХ БЛОКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

MATHEMATICAL MODEL OF THE DESTRUCTION OF CONCRETE BLOCKS WITH DIFFERENT CHARACTERISTICS

Аннотация. В связи с возрастанием объемов строительства в России и ухудшением геоэкологической обстановки Хабаровского края, в частности, возрастают требования к повышению надежности материалов конструкций. Более того, увеличение количества отходов производства алюминия, химических предприятий и продуктов, загрязняющих воздух, воду и продукты питания увеличивают риски здоровью населения, требует разработки новых материалов на основе техногенных отходов. Проблема имеет народнохозяйственное значение.

Abstract. Due to the increasing volume of construction in Russia and the deterioration of the geoecological situation in the Khabarovsk Territory, in particular, the requirements for improving the reliability of construction materials are increasing. Moreover, the increase in the amount of waste from aluminum production, chemical enterprises and products that pollute the air, water and food increase the risks to public health, requires the development of new materials based on man-made waste. The problem is of national economic importance.
Ключевые слова: бетонный блок, связующее вещество, математическое моделирование, регрессионная модель.
Keywords: concrete block, binder, mathematical modeling, regression model.

Поскольку класс прочности бетона определяется проектным заданием, то одними из решающих критериев качества, определяющих надежность и составную ее часть − долговечность, являются деформирующие свойства и трещиностойкость материала.

Поскольку класс прочности бетона определяется проектным заданием, то одними из решающих критериев качества, определяющих надежность и составную ее часть − долговечность, являются деформирующие свойства и трещиностойкость материала.

Рисунок 1

Существующие методы контроля характеристик трещиностойкости рассматривают их односторонне с позиций отдельно взятых методов и не позволяют е количественно оценивать физико-механические свойства бетонов [1]-[3]

Решением геоэкологической и проблемы сокращения материальных, трудовых и финансовых затрат на строительство, эксплуатацию и ремонт конструкций зданий и сооружений является создание новых и совершенствование существующих материалов повышенной трещиностойкости с использованием техногенных отходов, разработанных на основе изучения

структуры бетонов, количественной оценки закономерностей процессов их трещинообразования и разрушения. Это стало возможным благодаря комплексному подходу, объединяющему методы механики разрушения, акустической эмиссии, кинетической теории прочности и методы определения прочности образцов при различной скорости их нагружения, позволяющему производить прогноз долговечности бетонов различного назначения.

В данное научной работе предлагается исследовать свойства бетонных блоков в зависимости от их состава. Выявить закономерность и провести анализ полученной модели.

Постановка задачи:

Были проведены исследования по разрушение бетонных блоков. В процессе чего получены данные о зависимости связующего вещества и предела прочности, при котором возникает разрушение [4]-[5].

Рисунок 2

Решение задачи:

Предлагается составить математическую регрессионную модель, которая будет давать возможность более рационально выбирать химический состав составляющей строительного материала.

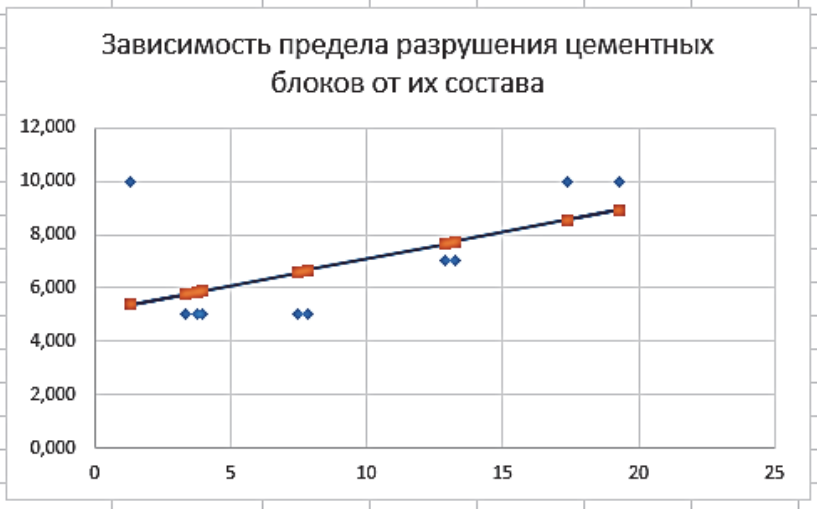
$$y = a*x+b$$

$$a = \frac{\overline{x*y}-\overline{x}*\overline{y}}{\overline{x^2}-(\overline{x})^2};\ b = \overline{y} - a * \overline{x};$$

$$r_{xy} = a * \frac{\delta_x}{\delta_y};\ \delta_x = \sqrt{\overline{x}^2 - (\overline{x})^2};\ \delta_y = \sqrt{\overline{y}^2 - (\overline{y})^2}$$

Анализ работы

	Связующее, % (y)	Предел прочности при сжатии R(Мпа), (x)	x*y	x^2	yт	y^2
	5,000	3,988	19,940	15,904	5,902	25
	5,000	3,775	18,875	14,251	5,860	25
	5,000	3,322	16,610	11,036	5,771	25
	10,000	1,318	13,180	1,737	5,376	100
	5,000	7,470	37,350	55,801	6,589	25
	5,000	7,827	39,135	61,262	6,659	25
	7,000	12,874	90,118	165,740	7,654	49
	7,000	13,229	92,603	175,006	7,724	49
	10,000	19,300	193,000	372,490	8,920	100
	10,000	17,400	174,000	302,760	8,546	100
Сумма	69,000	90,503	694,811	1175,987	12,720	523
Среднее значение	6,900	9,050	69,481	117,599		52,300
a=	0,197082761		b=	5,116342		



δ_x=	10,52134365
δ_y=	2,165640783
r_{xy}=	0,95748818

Заключение

На этапе выполнения данной работы были анализированы собранные данные, построен график статических данных, а также был найден коэффициент связи между переменными **x** и **y**. Для получения критерия оценки r_{xy} были использованы формулы для определения уравнения регрессий [6]-[7].

В конечном расчете мы получаем, что связь r_{xy} примерно равна 0,957 и также она является очень тесной. Из этого следует, что данное уравнение можно использовать для примерного расчёта зависимости предела разрушения цементных блоков от их состава.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системный анализ климатических факторов по характеру и уровню агрессивности к технологическим процессам в строительстве // Федосенко В.Б., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л.// Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2010. Т. 1. № 4. С. 125-131.

2. Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

3. Задача оптимизации технологического процесса строительства в климатических условиях хабаровского края // Федосенко В.Б., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2010. Т. 1. № 3. С. 122-126.

4. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

5. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли // Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.

6. Информатика и математика (Учебное пособие) // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Успехи современного естествознания. 2010. № 9. С. 76-77.

7. Поверхность нагружения, связанная с линиями уровня поверхности деформаций несжимаемого жесткопластического тела // Хромов А.И., Кочеров Е.П., Григорьева А.Л. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2006. № 43. С. 88-91.

УДК 69:004:37:378
Шумилов Константин Августович, кандидат технических наук, доцент кафедры Информационных технологий; Shumilov Konstantin Avgustovich
Гурьева Юлиана Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры Информационных технологий; Guryeva Yuliana Aleksandrovna
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

О КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ ПАКЕТОВ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ BIM СТУДЕНТАМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И АРХИТЕКТУРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

ABOUT THE MASTERING OF PACKAGES VISUAL PROGRAMMINGS FOR BIM BY STUDENTS IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURAL SPECIALTIES

Аннотация. В работе кратко описаны возможности основных программ для визуального (параметрического) программирования (PARAM-O и Rhino-Grasshopper для Graphisoft ArchiCAD), которые успешно осваиваются студентами Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ). Представлены некоторые примеры выполненных моделей с помощью указанных инструментов.
Abstract. The paper briefly describes the capabilities of the main programs for visual (parametric) programming (PARAM-O and Rhino-Grasshopper for Graphisoft ArchiCAD), which are successfully mastered by students of Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Some examples of models performed using the specified tools are presented.
Ключевые слова: BIM, параметрическое программирование, PARAM-O, Rhinoceros, Grasshopper, ArchiCAD.
Keywords: BIM, parametric programming, PARAM-O, Rhinoceros, Grasshopper, ArchiCAD.

Стремительное развитие возможностей компьютерных средств и программного обеспечения заставляет развиваться и рабочие программы обучения студентов, в том числе адаптироваться под новые возможности современных графических пакетов.

Одним из актуальных направлений развития информационного моделирования в строительстве является использование возможностей визуального (параметрического) программирования [1–5]. Дополнение PARAM-O и связка Rhino-Grasshopper для Graphisoft ArchiCAD, а также Dynamo для Autodesk Revit позволяют расширять функционал этих пакетов BIM, оперативно и в удобном интерактивном режиме моделировать сложные архитектурные и строительные объекты, особенно с большим количеством повторяющихся элементов – этажей, архитектурных деталей и т.п.

PARAM-O – базирующееся на работе с узлами (нодами) дополнение (окружение) для создания параметрических объектов Archicad. Оно позволяет создавать свои объекты в удобном графическом интерфейсе. Затем PARAM-O сохраняет их как обычный объект Archicad во вложенной библиотеке. Скрипты PARAM-O хранятся как часть библиотеки. Созданные объекты будут работать в любой версии Archicad, даже если PARAM-O в ней не установлен. Типичная цепочка узлов визуального программирования представлена на рисунке 1.

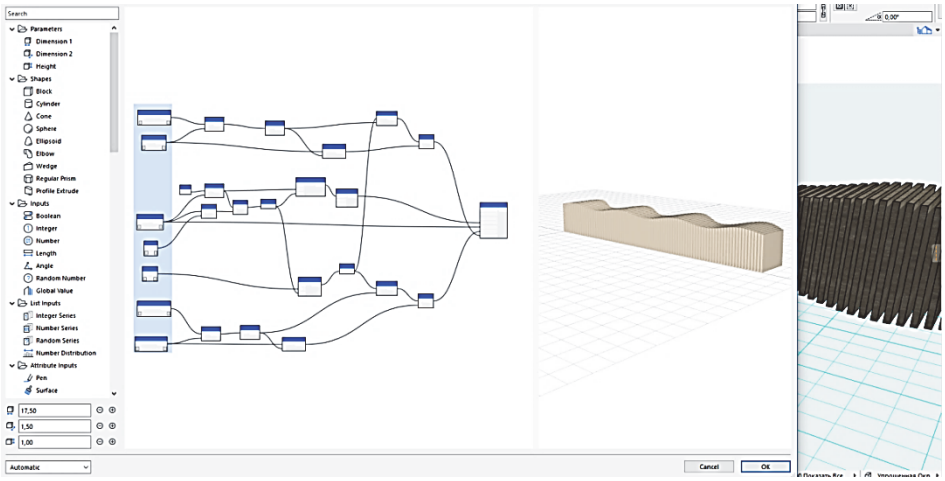


Рисунок 1 – Параметрическая скамья, созданная с помощью PARAM-O

Связка Rhino-Grasshopper (v. 6, 7) гораздо функциональнее и разнообразнее других представителей параметрического программирования по компонентам, работе с деревьями и полигональной сеткой.

Визуальный стиль Grasshopper «plug-and-play» предоставляет различные возможности для сочетания творческих решениий с инновационными системами правил посредством использования потокового графического интерфейса (рисунок 2).

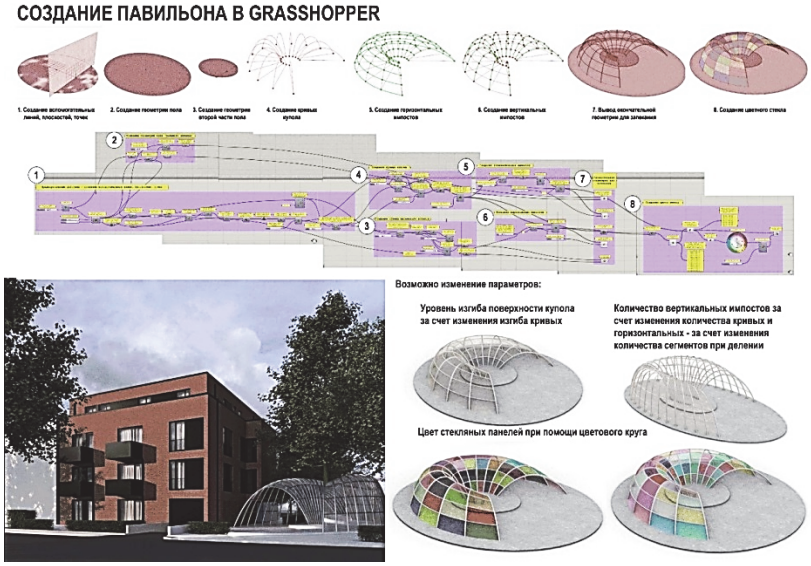


Рисунок 2 – Моделирование павильона в Grasshopper

Визуальное программирование практически не требует наличия какого-либо опыта программирования и позволяет студентам технических специальностей с аналитическим складом ума после короткого обучения успешно разрабатывать пользовательские скрипты. Визуальное программирование позволяет путем манипулирования графическими объектами создавать программы без непосредственного написания кода.

Студенты строительных и архитектурных специальностей Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ) активно осваивают описанные выше инструменты для параметрического моделирования и успешно применяют их в дальнейшей практической деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Манойленко А.Ю., Литовка В.В. Применение информационного моделирования при исследовании уникальных объектов параметрической архитектуры // Инженерный вестник Дона. №1 (52). Ростов-на-дону, 2019. С. 128-134.

2. Гоголкина А.В. Особенности формирования конструкций в параметрической архитектуре // Архитектура и современные информационные технологии. №1(42). Москва, 2018. С. 355-363.

3. Liu Hongming, Jiang Yu. The parametric modeling of one heterotypic building basing on Rhino and Grasshopper // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции Фад Тогу. Т. 2. Хабаровск, 2017. С. 202-207.

4. Попова Е.Е., Шегай Р.А. реализация метода «form-finding» в программном комплексе Rhinoceros // Строительство уникальных зданий и сооружений. №5(80). Санкт-Петербург, 2019. С. 17-21.

5. Чеснаков И.Э. Применение средств параметрического моделирования для решения задач оптимизации несущих конструкций // Сборник статей магистрантов и аспирантов Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство». Санкт-Петербург, 2020. С. 183-191.

СЕКЦИЯ 7. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИИ

УДК 51-7
Волков Максим Сергеевич, студент; Volkov Maxim Sergeevich
Репп Владислав Алексеевич, студент; Repp Vladislav Alekseevich
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой; Grivorieva Anna Leonidovna
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ПОПУЛЯЦИИ АМУРСКОГО ТИГРА В ХАБАРОВСКОМ И ПРИМОРСКОМ КРАЯХ ОТ ЧИСЛЕННОСТИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

MATHEMATICAL MODEL OF THE DEPENDENCE OF THE AMUR TIGER POPULATION IN THE KHABAROVSK AND PRIMORSKY TERRITORIES ON THE RURAL POPULATION

Аннотация. Целью данной работы является исследование зависимости популяции Амурского тигра в Хабаровском и Приморском краях от сельского населения с помощью аналитических данных, полученных путём наблюдения, и также используя регрессионный анализ. В основе данного анализа лежит обработка данных и получение аналитических уравнений, описывающих эти данные.
Abstract. The aim of this work is to study the dependence of the Amur tiger population in the Khabarovsk and Primorsky Territories on the rural population using analytical data obtained by observation, and also using regression analysis. This analysis is based on data processing and obtaining analytical equations that describe this data.
Ключевые слова: популяция, регрессионная модель, зависимость, окружающая среда, фактор роста.
Keywords: population, regression model, dependency, environment, growth factor.

В России живет самая крупная и северная в мире хищная кошка − Амурский тигр. В народе животное окрестили по названию тайги − уссурийским или по названию региона − дальневосточным, а иностранцы называют животное сибирским тигром. На латыни подвид обозначают panthera tigris altaica.

В наше время огромной проблемой является сокращение популяции Амурского тигра. Но почему же она падает? На это влияют несколько причин. Люди истребляют для собственных нужд или же для продажи копытных из дикой природы, основной вид жертв для тигров. Масштабная вырубка лесов в результате промышленного освоения территорий, из-за ко-

торой всем животным приходится не легко. Во всех этих случая виноваты сами люди. Но в настоящее время проводится программа по сохранению тигров. Урон он него возмещается государством, и месть людей за причинённые неудобства пресекается [1]-[3].

Исследование в данной области актуально, так как многие жители дальнего востока и организации по сохранению вымирающих видов животных заинтересованы в сохранении популяции амурского тигра.

Целью данной работы является исследование зависимости популяции Амурского тигра в Хабаровском и Приморском краях от сельского населения с помощью аналитических данных, полученных путём наблюдения, и также используя регрессионный анализ. В основе данного анализа лежит обработка данных и получение аналитических уравнений, описывающих эти данные [4]-[5].

Почему амурский тигр занесен в красную книгу

Рисунок 1

Рисунок 2

Были собраны статистические данные по количеству сельского населения в Хабаровском и Приморском областях и так же собраны данные о популяции Амурского тигра в период с 1951 года по 2020.

год	% сельского населения в Хабаровском и Приморском краях, x	Численность амурских тигров в Хабаровском и Приморском краях, y
1951	34,19	60
1959	29,73	90
1960	27,22	100
1968	25,18	140
1970	24,58	150
1980	22,02	340
1985	21,42	440
1990	21,53	400
1995	21,48	420
2000	21,12	450
2004	20,65	480
2005	22,24	502
2013	21,44	520
2014	21,26	523
2015	21,09	530
2016	20,95	540
2019	20,71	580
2020	20,3	600

Рисунок 3

С помощью регрессионного анализа составим математическую модель зависимости полученных данных [6]-[7].
Вычисляем значения всех переменных.

$$a = -43,48522003 \qquad b = 1389,895563 \qquad r_{xy} = -0,872921751$$

$$\delta_x = 3,639576907 \qquad \delta_y = 180,8772263$$

Получаем уравнение

$$y = -43,38187353a + 180,8772263$$

Получили уравнение математическое модели линейной регрессии, которое описывает зависимость численности амурского тигра от процента сельского населения. Из данной модели видно, что влияние сельского населения напрямую связано с количеством особей амурского тигра.

год	% сельского населения в Хабаровском и Приморском краях, x	Численность амурских тигров в Хабаровском и Приморском краях, y	xy	x^2	y^2
1951	34,19	60	2051,4	1168,9561	3600
1959	29,73	90	2675,7	883,8729	8100
1960	27,22	100	2722	740,9284	10000
1968	25,18	140	3525,2	634,0324	19600
1970	24,58	150	3687	604,1764	22500
1980	22,02	340	7486,8	484,8804	115600
1985	21,42	440	9424,8	458,8164	193600
1990	21,53	400	8612	463,5409	160000
1995	21,48	420	9021,6	461,3904	176400
2000	21,12	450	9504	446,0544	202500
2004	20,65	480	9912	426,4225	230400
2005	22,24	502	11164,48	494,6176	252004
2013	21,44	520	11148,8	459,6736	270400
2014	21,26	523	11118,98	451,9876	273529
2015	21,09	530	11177,7	444,7881	280900
2016	20,95	540	11313	438,9025	291600
2019	20,71	580	12011,8	428,9041	336400
2020	20,3	600	12180	412,09	360000
Сумма	417,11	6865	148737,26	9904,0347	3207133
Среднее арифметическое	23,17277778	381,3888889	8263,181111	550,22415	178174,1

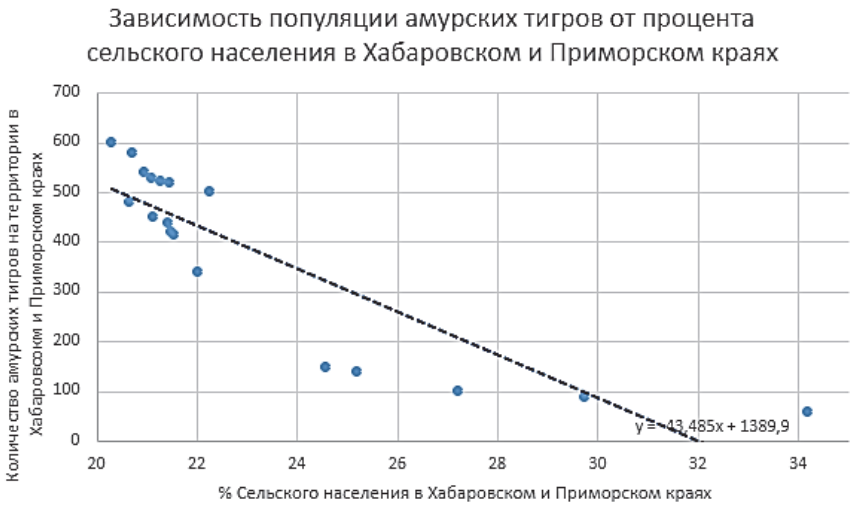


Рисунок 4

Заключение

На этапе выполнения данной работы были анализированы собранные данные, построен график статических данных, а также был найден коэффициент связи между переменными x и y. Для получения критерия оценки r_{xy} были использованы формулы для определения уравнения регрессий.

В конечном расчете мы получаем, что связь r_{xy} примерно равна -0,872, и также она является очень тесной. Из этого следует, что данное уравнение можно использовать для расчёта зависимости популяции амурского тигра в Хабаровском и Приморском краях от численности сельского населения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Математический анализ в экономико-экологической деятельности// Скрипник В.С., Григорьева А.Л. // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях. Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. 2020. С. 382-385.

2. Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

3. Surface state detection // Zharikova E.P., Grigoriev Ya.Yu., Grigoryeva A.L.// В сборнике: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. 2019. С. 8934205.

4. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

5. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли // Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.
6. Информатика и математика (Учебное пособие) // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Успехи современного естествознания. 2010. № 9. С. 76-77.
7. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера// Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.
8. Разработка информационной системы университета. создание единого информационного пространства // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Максимов С.Б., Трещев И.А. // Мир науки. 2014. № 2. С. 1.

УДК 628.3
Газизова Алсу Филусовна; Gazizova Alsu Filusovna
Мингазетдинов Идгай Хасанович, доцент, к.х.н.
Mingazetdinov Idgay Khasanovich, doctor of Chemical Sciences
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н Туполева – КАИ
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КОМБИНИРОВАННОМ УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ ЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ МНОГОФАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES IN A COMBINED DEVICE FOR CLEANING INDUSTRIAL WASTEWATER FROM MULTIPHASE POLLUTANTS

Аннотация. Разработано комбинированное устройство для очистки загрязненных сточных вод технологии машиностроения. Загрязняющие вещества содержат взвешенные вещества: масло и нефтепродукты, растворённые компоненты. Для очистки многофазных компонентов предложено комбинированное устройство и разработаны математические модели процессов сепарации.
Abstract. A combined device has been developed for the purification of contaminated wastewater in mechanical engineering technology. Pollutants contain suspended substances: oil and oil products, dissolved components. A combined device is proposed for cleaning multiphase components and mathematical models of separation processes are developed.

Ключевые слова: сточные воды, виды загрязнителей, центробежное разделение, флотация, сорбция, регулирование.
Keywords: waste water, types of pollutants, centrifugal separation, flotation, sorption, regulation.

Перспективным направлением снижения техногенной нагрузки на поверхностные сточные воды является организация замкнутых оборотных систем водоснабжения. Для решения этого вопроса требуется разработка локальных систем водоочистки в каждом цеху, с учётом особенности технологических процессов и видов загрязняющих веществ. Разработано комбинированное устройство очистки сточных вод в машиностроении, где основные загрязняющие компоненты представляют собой вещества различного агрегатного состояния.

- взвешенные вещества – частицы металлов, абразивные зерна, связка;
- лёгкие компоненты − масла, нефтепродукты, смазочно-охлаждающие жидкости;
- растворённые вещества - электролиты, тяжелые цветные металлы, поверхностно-активные вещества, цианистые соединения.

Предложенные устройство [1] представляет собой многоярусный аппарат, состоящий из каскада гидроциклонов, флотационный системы и вращающегося барабана с насыпными гранулами сорбента или ионита.

Каждый этап очистки в предложенном аппарате базируется на следующих соотношениях:

В гидроциклонах определяется скорость движения частиц под действием центробежных сил по формуле:

$$V_x = \frac{C^{0,385} d^m \rho_c^{\frac{(m-2)}{3}} \Delta\rho^{\frac{(m+1)}{3}} I^{\frac{(m+1)}{3}}}{\mu^{\frac{(2m-1)}{3}}}$$

производительность по формуле:

$$Q = 0{,}785 q D^2$$

Процесс Флотация определяется скоростью выделения частиц и описывается уравнением:

$$\frac{dc_ч}{d\tau} = -kc_ч$$

Процесс сорбции, в зависимости от особенностей процессов, описываются или уравнением Ленгмюра по формуле:

$$a = K_{адс} C_{равн}$$

Или исходя из уравнения Фрейндлиха:

$$a = K_{адс} C_{равн}^{\frac{1}{n}}$$

Модель расчёта состоит из последовательных расчётов каждого процесса, протекающего в устройстве, причём, результаты расчёта первого

этапа является исходным для расчёта следующего. Последовательность расчётов соответствует процессам очистки жидкости в устройстве в следующих этапах: центробежное разделение – флотация – сорбция – регенерация сорбента. На основе приведённых соотношений разработана программа для 3D модели. Предложенное устройство и разработанные модели позволяют рационально проектировать устройство очистки производственных сточных вод машиностроения и организовывать замкнутые оборотные системы водоснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мингазетдинов И.Х., Лисин Р.А., Газизова А.Ф., Ткачев Д.О. Центробежно-флотационный сепаратор. Заявка на полезную модель №30241-3839 от 19.11.
2. Д.А.Кривошейн, П.П.Кукин, В.П.Лапин. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Учебное пособие.//«Высшая школа»,2003. С.344
3. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды.
4. Учебное пособие для вузов «Химия», 1989. С.512

УДК 51

Емельянов Илья Евгеньевич, студент; Emelyanov Ilya Evgenyevich
Крупина Алина Владиславовна, студент; Krupina Alina Vladislavovna
Абросимов Владимир Алексеевич, студент; Abrosimov Vladimir Alekseevich
Лариков Роман Дмитриевич, студент; Roman Dmitrievich Larikov
Решетов Александр Дмитриевич, студент; Reshetov Alexander Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

К ВОПРОСУ ИНТЕГРАЦИИ СРЕДСТВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

ON THE ISSUE OF INTEGRATION OF MATHEMATICAL MODELING TOOLS FOR MONITORING AND FORECASTING NATURAL EMERGENCIES

Аннотация. Представленная работа посвящена вопросу интеграции и применения средств математического моделирования с целью мониторинга чрезвычайных ситуаций природного характера. В статье рассмотрены теоретические вопросы, касающиеся математического моделирования в целом, а также математического моделирования применительно к чрезвычайным ситуациям природного характера. Авторами предпринимается попытка доказательства высокой актуальности и роли математического моделирования в мониторинге чрезвычайных ситуаций.
Abstract. The presented work is devoted to the integration and application of

mathematical modeling tools for monitoring natural emergencies. The article deals with theoretical issues related to mathematical modeling in general, as well as mathematical modeling in relation to natural emergencies. The authors attempt to prove the high relevance and role of mathematical modeling in emergency monitoring.
Ключевые слова: математическое моделирование, чрезвычайная ситуация, мониторинг.
Keywords: mathematical modeling, emergency situation, monitoring.

Под мониторингом понимается система непрерывного наблюдения явлений и процессов, происходящих в природе и техносфере, предназначенная с целью предвидения потенциальных угроз для людей и их окружающей среды.

Основной целью мониторинга рисков и процессов математического моделирование чрезвычайных ситуаций в природе является повышение точности и достоверности прогнозирования путем объединения интеллектуальных, информационных и технологических возможностей различных ведомств и организаций, участвующих в мониторинге отдельных видов рисков.

Полученные в результате мониторинга природных процессов или явлений данные являются базой в дальнейшем прогнозировании и математическом моделировании ожидаемых природных явлений. В обобщенном варианте прогнозирование заключается в последовательном исследовательском процессе, который в конечном итоге способен привести к гипотетическим данным относительно будущего состояния природного объекта, процесса или явления.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций - это отражение вероятности возникновения и развития чрезвычайных ситуаций на основе анализа причин возникновения, а также их источника в настоящее время и в прошлом.

Математическое моделирование представляется в использовании имеющихся данных о тех или иных характеристиках ожидаемого объекта, обработке их с помощью математических методов, а также получении итоговой зависимости, которая объединяет эти характеристики со временем, и вычислениями найденных характеристик объекта в настоящий момент времени. Математические методы включают применение моделирования или же экстраполяции. Математическое моделирование имеет безграничные возможности, направленные на исследование экономических процессов.

Математическое моделирование предоставляет широкие возможности для прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, изучения их физической природы и разработки защитных мероприятий. К настоящему времени разработаны универсальные методы и технологии моделирования, позволяющие получить наиболее полезную математическую модель для широкого класса явлений и процессов.

Современные математические модели предъявляют высокие требования: модель должна быть имитационного уровня, чтобы можно было увидеть развитие моделируемого объекта на экране компьютера и визу-

ально проанализировать его особенности. Кроме того, модель должна всесторонне описывать объект или процесс, она должна иметь высокую детализацию, высокие пространственные и количественные показатели. Модель должна обеспечивать широкий спектр возможностей для ее исследования и возможность моделировать не только сам объект, но и различные его варианты, а также объекты, сходные по физической природе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кеденов А.Г., Потапова С.О. К вопросу о математическом моделировании чрезвычайных ситуаций // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018.
2. Латкин М.А., Степанова М.Н. Этапы моделирования чрезвычайных ситуаций // Символ науки. 2016.
3. Павленко А.В., Ковалева Е.Г., Радоуцкий В.Ю. Анализ подходов к оценке риска. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015.

УДК 004.932.2
Жарикова Евгения Павловна, аспирант; Zharikova Evgenia Pavlovna
Григорьев Ян Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент;
Grigoriev Yan Yurevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK FOR ENVIRONMENTAL CONTROL

Аннотация. В статье рассматриваются подходы, берущие за основу ранее известные методы анализа состояния растительности, являющиеся соотношением спектральных каналов. В работе показано, что такой подход обладает рядом недостатков, которые можно устранить путем создания нейронной сети, принимающей на вход любое количество световых каналов.
Abstract. The article discusses approaches based on previously known methods for analyzing the state of vegetation, which are the ratio of spectral channels. The work shows that this approach has a number of disadvantages that can be eliminated by creating a neural network that accepts any number of light channels as input.
Ключевые слова: нейронная сеть, компьютерное зрение, экология, вегетационный индекс, дистанционное зондирование.
Keywords: neural network, computer vision, ecology, vegetation index, remote sensing.

Одним из способов экологического контроля является дистанционное зондирование земли (ДЗЗ). Обработка мультиспектральных потоков информации позволяет оценить состояние лесов, сельскохозяйственных угодий, водоемов и прочих сред. Современные методы ДЗЗ основаны на расчете индексов, представляющих собой соотношения значений спектральных диапозонов. Почти все известные индексы получены империческим путем.

Для анализа состояния растительности применяются вегетационные индексы, большая часть из которых представляет собой соотношение значений красного и ближнего инфракрасного каналов.

Выбор индекса обусловлен задачами и условиями сьемки. Основные ВИ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Вегетационные индексы

Обозначение	Минимальная плотность растительного покрова(%)	Устойчивость к почве	Устойчивость к атмосфере
NDVI	30	Умеренная	Умеренная
IPVI	30	Умеренная	Умеренная
SAVI	15	Сильная	Слабая
PVI	15	Сильная	Слабая
GVI	15	Сильная	Сильная
WDVI	15	Сильная	Слабая

Использование вегетационных индексов описаны авторами в трудах [1], [2], [3].

Помимо вегетационных индексов применяются индексы для контроля состояния водных обектов [4], водные индексы, использующие значения ближнего инфракрасного (NIR), коротковолнового ближнего инфракрасного(SWIR), среднего инфракрасного (MIR) и зеленого спектральных диапазонов.

Для детектирования: железистых и глинистых минералов, оксида железа применяются геологические индексы, использующие все вышеописанные спектральные каналы и все каналы видимого диапазона.

Для определения выгоревших областей, застройки используются ландшафтные индексы.

Большое разнообразие индексов и сложность выбора подходящего индекса определяет необходимость создания классификатора на основе всех входных потоков спектральных данных.

Так как все индексы представляют собой соотношения спектральных диапазонов, предлагается создание нейронной сети (Рисунок 1), классифицирующей текущее состояние поверхности.

Нейронная сеть обладает одним скрытым слоем и не является сверточной, так как задача состоит в оценке входного вектора значений спектральных каналов отдельно для каждого пискеля. Количество входных каналов изменяется в соответсвии с потоком данных с сенсоров.

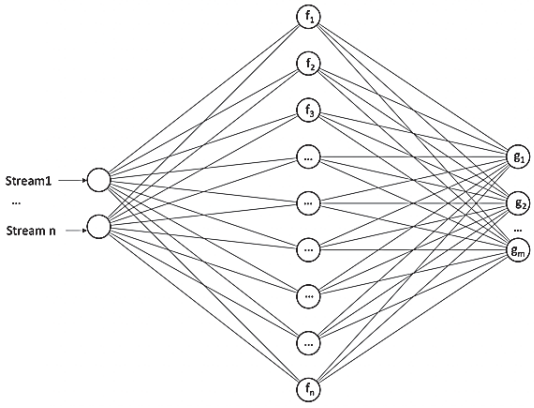


Рисунок 1 – Архитектура нейронной сети для оценки экологического состояния по спектральным данным

Ниже, на примере двух диапазонов, приводится схема реализации фрагмента нейронной сети. Нейронная сеть получает на вход 2 значения (NIR и RED). Функция активации – сигмойда. Для проверки обученности нейронной сети вводится функция потерь, представленная на формуле (1):

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x - x')^2, \quad (1)$$

где n – количество измерений;
x – истиное значение;
x'– предсказанное значение.

Таким образом задача сводится к минимизации функции потерь.

Представленная нейронная сеть обучалась на выборке из космических и лабораторных снимков. При данном подходе количество снимков может составлять 1 или 2, так как обучающая выборка, состоит из пикселей и даже одно изображение низкого разрешения, например снимки, полученные при помощи kinect (640 x 480), несет в себе более 300 тысяч входных векторов.

Первое испытание включало в себя задачу нахождения растения: **4?** входных канала и один выход (растение/ не растение). Результаты, полученные в ходе экспериментов предсталены на рисунке 2.

(а) Вегетационный индекс (б) Нейронная сеть

Рисунок 2 – Детектирование растений при помощи:
(а) Вегетационного индекса, (б) Нейронной сети

Обученная нейронная сеть показывает хорошие результаты, позволяет существенно снизить зашумленность, присутствующую при применении вегетационного индекса для поиска растительности. Эффективность нейронной сети зависит от условий, в которых она обучалась, поэтому новые виды растительности и внешние условия требуют своевременного переобучения последней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жарикова, Е. П. Модели расчёта и фильтрации вегетационных индексов / Е. П. Жарикова, Я. Ю. Григорьев // Сборник материалов 48-ой науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Научно-техническое творчество аспирантов и студентов». – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – С. 162-164.

2. Жарикова, Е. П. Сравнение вегетационных индексов в задачах оценки поверхностей / Е. П. Жарикова, Я. Ю. Григорьев // Сборник материалов 48-ой науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Научно- техническое творчество аспирантов и студентов». – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – С. 165-167.

3. Жарикова, Е. П. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования / Е. П. Жарикова, Я. Ю. Григорьев, А. Л. Григорьева // Постулат. Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема. – Биробиджан, 2018. – No 4(30).

4. Титоренко, А. В. Разработка системы автоматизированного анализа состояния водных объектов с применением технологий дистанционного зондирования / А. В. Титоренко, Я.Ю. Григорьев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаменталь- ных и прикладных исследований: материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Комсомольск-на-Амуре, 2019г. – С.480 – 482.

УДК 004.9

Жарикова Евгения Павловна, аспирант; Zharikova Evgeniya Pavlovna
Лосев Роман Александрович, студент; Losev Roman Aleksandrovich
Григорьев Ян Юрьевич, кандидат физико-математических наук, декан; Grigoriev Yan Yurievich
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ В ПРОЦЕССАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

EMERGENCY CONTROL METHODS FOR TRANSPORTATION AND REFINING OF PETROLEUM PRODUCTS

Аннотация. Целью работы является описание подхода к разработке автоматизированной системы, позволяющей на основе потоков данных с сенсоров в режиме реального времени выявлять области, в которых возможно загрязнение различных сред нефтепродуктами.

Abstract. The aim of the work is to describe an approach to the development of an automated system that allows, on the basis of streaming data from sensors, in real time to identify areas where contamination is possible various environments of petroleum products.
Ключевые слова: компьютерное зрение, экология, дистанционное зондирование.
Keywords: computer vision, ecology, remote sensing.

В настоящее время остро стоит проблема, связанная с утечками нефтепродуктов, которые приводят к существенным экономическим потерям в результате загрязнения окружающей среды, потере ресурсов и сбоев в производственном цикле.

Ежегодное количество разливающейся нефти в России в среднем 19-20 млн. тонн в год, что составляет около 7% добычи. Важно своевременно выявлять даже небольшие утечки нефтепродуктов, не зависимо от того в какой среде они происходят (вода, почва, техногенные объекты). Это позволяет предотвращать наступление существенных потерь, до момента появления весомых экологических и техногенных проблем.

Для понимания реального состояния по нештатным ситуациям на объектах транспортировки, переработки и использования нефтепродуктов можно привести следующие примеры. В мае 2020 года произошла авария в Норильске, в следствии чего произошел разлив двадцати одной тонны нефти, большая часть попала в водоемы. Ущерб для экологии оценен в 150 млрд. рублей. В следствии несанкционированной врезки в трубопровод в Новгородской области произошел разлив дизельного топлива. В октябре 2020 года большой объем нефтепродуктов попал в акваторию г. Находки.

Крупный разлив нефтепродуктов 22 октября 2020 года в акватории Находки. Разлив нефти в Томской области. 17 октября Загрязнение нефтью реки Колвы. Авария на нефтепроводе в Республике Коми. Разлив нефти в Химкинском водохранилище в Московской области, на реке Сайма в Сургуте, в Пермском крае.

В работе рассматривается подход к разработке программного обеспечения, позволяющего в режиме реального времени обеспечивать выявление нештатных ситуаций, возникающих при добыче, транспортировке и переработке нефти. Разрабатываемая система позволит выявлять загрязнения земной поверхности, водных ресурсов нефтепродуктами, своевременно информировать пользователя о возможности возникновения техногенных катастроф. Инновационность разработки заключается в применении спектрального анализа, основанного на адаптации вегетационных индексов к решению широкого спектра задач. Проект системы предполагает ее гибкость, возможность встраивания новых модулей, позволяющих проводить оценку новых характеристик исследуемых поверхностей. В общем виде система может быть применена к решению множества межотраслевых задач.

Основные технические характеристики разработки: 1. автономность, 2. адаптивность под задачи потребителя, 3. автономность администрирова-

ния пользователем, 4. работа в режиме реального времени, 5. Решение межотраслевых задач, 7. Работа со снимками с небольших расстояний (работа с потоками данных, полученных с БПЛА), 6. возможность одновременного решения различных классов задач,8. гибкость системы.

В качестве сравнения можно привести следующие аналоги предлагаемой разработки: 1. Система ИСЗ. 2. Совзонд БПЛА. 3. Ракурс БПЛА.

Система ИСЗ, работающая с космическими снимками, обеспечивает периодичность съемки в 15-18 суток, оценку состояния растительность только на больших участках поверхности, детектирование возгораний на больших площадях, не позволяет решать задачи на производстве, не имеет гибкой настройки, подвержена влиянию атмосферы. Система Совзонд БПЛА обеспечивает съемку по заказу потребителя, оценку состояния растительность, не позволяет детектировать возгорания, позволяет решать некоторые задачи на производстве, не имеет гибкой настройки. Система Ракурс БПЛА обеспечивает съемку по заказу потребителя, не позволяет оценить состояние растительности, детектировать возгорания, позволяет решать некоторые задачи на производстве, не имеет гибкой настройки. Во всех представленных аналогах результаты обрабатываются специалистом.

Разрабатываемая система позволит производить съемку по заказу потребителя, обеспечит оценку состояния растительности, детектирование возгорания, в том числе локальные, решать задачи на производстве. Модули системы должны обеспечить возможность гибкой настройки и автоматическую обработку полученных результатов в режиме реального времени.

В результате работы должно быть разработано программное обеспечение позволяющее производить автоматизированный поиск областей загрязнения нефтепродуктами различных видов подстилающих поверхностей: водоемов, биомассы различной структуры, антропогенных объектов. В результатах исследований могут быть заинтересованы потребители в виде предприятий, занимающихся добычей, транспортировкой и переработкой нефти и газа, а также лесные хозяйства, природоохранные ведомства и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обеспечение информационной безопасности при решении задач мониторинга подстилающей поверхности с помощью беспилотных летательных аппаратов // Жарикова Е.П., Трещев И.А., Григорьев Ян.Ю., Григорьева А.Л. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. Т. 1. № 1 (41). С. 4-8.

2. Methods of remote sensing in forest fund assessment problems // Zharikova E.P., Grigoryev J.U., Grigoryeva A.L. // В сборнике: 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019. 2019. С. 8725343.

3. Surface state detection // Zharikova E.P., Grigoriev Ya.Yu., Grigoryeva A.L. // В сборнике: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. 2019. С. 8934205.

4. Разработка системы автоматизированного анализа состояния водных объектов с применением технологий дистанционного зондирования // Титоренко А.В., Григорьев Ян.Ю. // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 480-482.

5. Детектирование состояния поверхности // Жарикова Е.П., Трещев И.А., Григорьев Ян.Ю., Григорьева А.Л. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2019. Т. 1. № 3 (39). С. 58-63.

6. The neural network method for detection and recognition of moving objects in trajectory tracking tasks according to the video stream // Amosov, O., Amosova, S. // In 26th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation System, 2019, Saint Petersburg, Russia, pp. 1-4. DOI: 10.23919/ICINS.2019.8769340

7. Using image analysis for quantitative assessment of needle bladder rust disease of norway spruce // Ganthaler, A., Losso, A., Mayr, S. // Plant Pathology, 67(5), p. 1122-1130.

УДК 51

Шелопугина Ева Олеговна, студент; Shelopugina Eva Olegovna
Проскурова Екатерина Алексеевна, студент; Proskurova Ekaterina Alekseevna
Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой; Grivorieva Anna Leonidovna
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ВОЗДУХЕ ОТ ВЫРУБКИ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

MATHEMATICAL MODEL OF THE DEPENDENCE OF THE CONCENTRATION OF CARBON DIOXIDE IN THE AIR ON DEFORESTATION IN RUSSIA

Аннотация. Экологические проблемы в современном мире стали возникать как следствие нерационального отношения человека к природе, стремительного роста технологии, размаха индустриализации и роста населения. Выработка природных ресурсов с каждым днём становится насколько велика, что встаёт вопрос об их использовании в будущем. В наше время значительную экологическую роль в поддержании равновесной концентрации углекислого газа в атмосфере и стабилизации глобального климата играют лесные и болотные экосистемы, прежде всего тем, что они поглощают углекислый газ из атмосферы и выделяют углерод.

Abstract. Environmental problems in the modern world began to arise as a result of the irrational attitude of man to nature, the rapid growth of technology,

the scale of industrialization and population growth. The production of natural resources is becoming so great every day that the question arises about their use in the future. In our time, forest and swamp ecosystems play a significant ecological role in maintaining the equilibrium concentration of carbon dioxide in the atmosphere and stabilizing the global climate, primarily by absorbing carbon dioxide from the atmosphere and releasing carbon.
Ключевые слова: природное сообщество, математическая модель, регрессионный анализ, линейная зависимость, экология, природа.
Keywords: natural community, mathematical model, regression analysis, linear dependence, ecology, nature.

Лесные просторы России масштабны, но люди всё равно наносят урон по экосистемам, будь то вырубка лесов или хозяйственная деятельность. Разрушение лесных массивов путём вырубки лесов приводит к исчезновению уникальной флоры и фауны, снижается видовое разнообразие, возникают почвенные эрозии, которые приводят к образованию пустынь, а также значительно ухудшает экологическую обстановку. Основными причинами сокращения лесов является использование древесины в качестве строительного материала, использование земли под сельскохозяйственные угодья и создание пастбищ для животных. Это всё приводит к экологическому кризису.

Исследования на этот счёт важны, так как вырубка лесов может влиять на уровень парниковых газов в атмосфере и приводить к резким изменениям в глобальном климате.

Целью данной работы является определение зависимости концентрации углекислого газа в воздухе от вырубки лесов на территории России с помощью аналитических данных, полученных путём наблюдения, и также используя регрессионный анализ. В основе данного анализа лежит обработка данных и получение аналитических уравнений, описывающих эти данные.

Анализ работы

Были собраны статистические данные по концентрации углекислого газа в воздухе от вырубки лесов.

С помощью регрессионного анализа составим математическую модель зависимости полученных данных

$$y = a * x + b \quad (1)$$

Данное уравнение используется в анализе и называется линейным уравнением регрессии, где:

$$a = \frac{\left(\underline{xy} - \underline{x} * \underline{y}\right)}{(\underline{x^2} - (\underline{x})^2)} \quad (2)$$

$$b = \underline{y} - a * \underline{x} \quad (3)$$

Коэффициент связи между переменными x и y называется коэффициентом корреляции и вычисляется по формуле:

$$r_{xy} = a * \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad (4)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\underline{x^2} - (\underline{x})^2} \quad (5)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\underline{y^2} - (\underline{y})^2} \quad (6)$$

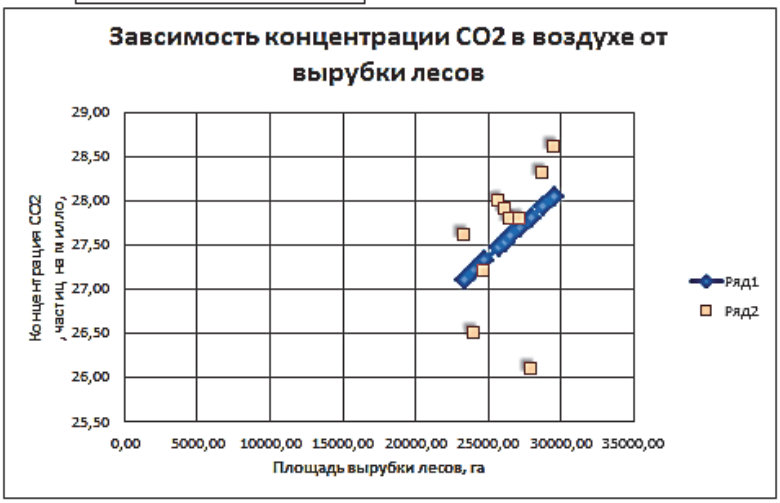
Находим a и b, подставляя значения в формулы (2) и (3). После этого, можно найти $y_т$ по формуле (1).

$y = 0{,}00015 * x + 23{,}56237$ – линейное уравнение.

С помощью формул (5) и (6) находим значения σ_x и σ_y , после подставляем в формулу (4). Получим, что: $r_{xy} = 0{,}395609963$

Концентрация CO2, частиц на миллион. (y)	Площадь вырубки лесов, га. (x)	x*y	x*x	y*y	yт
26,10	27900,00	728190,00	778410000,00	681,21	27,81
26,50	24000,00	636000,00	576000000,00	702,25	27,22
27,20	24700,00	671840,00	610090000,00	739,84	27,33
27,60	23300,00	643080,00	542890000,00	761,76	27,11
28,00	25700,00	719600,00	660490000,00	784,00	27,48
27,90	26100,00	728190,00	681210000,00	778,41	27,54
27,80	26500,00	736700,00	702250000,00	772,84	27,60
27,80	27200,00	756160,00	739840000,00	772,84	27,71
28,30	28700,00	812210,00	823690000,00	800,89	27,94
28,60	29500,00	843700,00	870250000,00	817,96	28,06
сумма	275,80	263600,00	7275670,00	6985120000,00	7612,00	
ср.знач.	27,58	26360,00	727567,00	698512000,00	761,20	

a=	0,000152414
в=	23,5623744



r_{xy}=	0,395609963

δ_x=	1913,739794
δ_y=	0,737292344

Заключение

На этапе выполнения данной работы были проанализированы собранные данные, построен график статических данных, а также был найден коэффициент связи между переменными **x** и **y**. Для получения критерия оценки r_{xy} были использованы формулы для определения уравнения регрессий.

В конечном расчете мы получаем, что связь r_{xy} примерно равна 0,3956, и также она является средней. Из этого следует, что данное уравне-

ние можно использовать для примерного расчёта зависимости концентрации углекислого газа в воздухе от вырубки лесов на территории России. По полученной модели видно, что через определенное количество времени концентрация углекислого газа может достигнуть критического значения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эконометрика для экономистов // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 7. С. 134-135.

2. Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли// Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л.// Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.

3. Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

4. Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

5. Математическая модель связи лазерного дальномера с типом лазерного излучателя // Курдюмова Т.И., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 46.

6. Построение информационной системы "умный дом" // Куликов А.А., Васильев Г.В., Белоусов С.А., Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 55.

7. Информатика и математика (Учебное пособие) // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Успехи современного естествознания. 2010. № 9. С. 76-77.

СЕКЦИЯ 8. ИНФОРМАТИКА И РОБОТОТЕХНИКА

УДК 620.97
Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Vladimir Chelukhin
Васильев Александр Владимирович, аспирант;
Wasiliev Aleksandr Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC REGULATION OF THE ENERGY CONVERTER OF THE AMBIENT TEMPERATURE DIFFERENCE

Аннотация. Предложена система автоматического регулирования управлением преобразователя энергии суточного перепада температур окружающей среды. Причем генерация электроэнергии в этом случае получается экологически чистыми способами за счет изменения значений ёмкости устройства.
Abstract. A system of automatic control of the daily temperature difference of the environment by the control of the energy converter is proposed. Moreover, the generation of electricity in this case is obtained in environmentally friendly ways by changing the values of the device's capacity.
Ключевые слова: перепад температур, преобразователь энергии, алгоритм, диэлектрик.
Keywords: the temperature difference, the energy Converter, algorithm, dielectric.

Нынешнее внимание к проблемам окружающей среды вызывает серьезную тревогу и имеет место в крупных исследовательских и медийных пространствах по всему миру [1]. Фактически, главная опасность для человечества — это глобальное потепление, вызванное накоплением парниковых газов (ПГ), в основном двуокиси углерода (CO2). Предполагается, что одной из основных причин этого явления является замедление экономического роста и, как следствие, ухудшение состояния окружающей среды [2]. Стремясь к быстрому экономическому росту, люди по-прежнему надеются эффективно защитить окружающую среду и ожидают, что экономика будет быстро расти, если будет обеспечена экологическая безопасность [3].

Можно разработать устройство, которое может генерировать электроэнергию на основе использования изменения ёмкости при изменении расстояния между обкладками диэлектрика за счет суточного перепада температур.

Изменение этого расстояния должно быть в очень небольших пределах. Предел этих изменений устанавливается значением изменения линейной длины брусок активного диэлектрика в течение суток. Поэтому задачей системы автоматического управления преобразователя является установка и подержание этого расстояния постоянным как в течение суток, так и в течений месяца, и года вне зависимости от сезонного изменения температур окружающей среды. Схема поддержания расстояния между обкладками конденсатора представлена на рисунке 1.

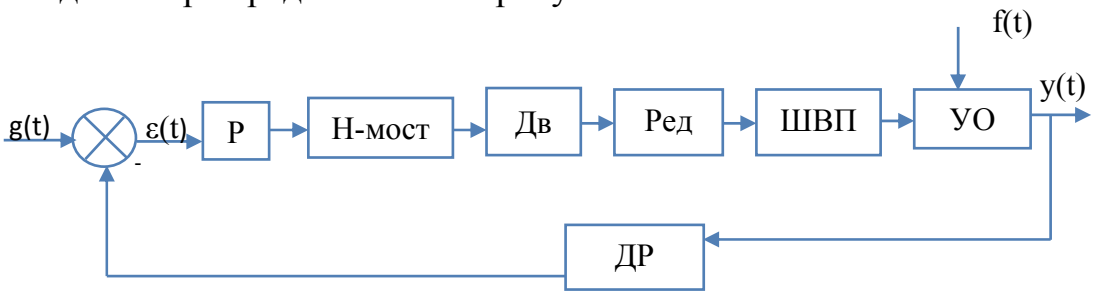


Рисунок 1 – Схема поддержания расстояния

Здесь, УО − это управляемый объект, который представляет собой конденсатор с подвижными обкладками. Одна из этих обкладок перемещается с помощью активного диэлектрика, который изменяет свой линейный размер при изменении температуры. Изменении температуры отображено на схеме как возмущающие воздействие f(t). Положение другой обкладки можно корректировать с помощью шарико-винтовой передачи или ШВП.

ШВП − это механический линейный привод, который преобразует вращательное движение в линейное движение с небольшим трением. Вал с резьбой обеспечивает спиральную дорожку качения для шарикоподшипников, которые действуют как прецизионные винты. Они могут не только прикладывать или выдерживать высокие осевые нагрузки, но и с минимальным внутренним трением. Они изготавливаются с жесткими допусками и поэтому подходят для использования в ситуациях, когда необходима высокая точность. Шариковый узел действует как гайка, а резьбовой вал - как винт.

Ред − это Редуктор, назначение которого состоит в уменьшении крутящего момента.

Дв − это двигатель постоянного тока.

Н-мост − представляет собой электронную схему, которая переключает полярность напряжения, приложенного к нагрузке. Эти схемы часто используются в робототехнике и других приложениях, чтобы двигатели постоянного тока могли работать в прямом или обратном направлении.

Р − Регулятор, он преобразует ошибку регулирования ε(t) в управляющее воздействие, поступающее на объект управления.

Задающее воздействие g(t) − определяет требуемый закон регулирования выходной величины.

ДР − датчик расстояния нужен для создания обратной связи, он передает текущее расстояние между обкладками конденсатора y(t) на сумматор, для вычисления ошибки регулирования.

Ошибка регулирования ε(t) = g(t) − y(t), разность между требуемым значением регулируемой величины и текущим её значением. Если ε(t) отлична от нуля, то этот сигнал поступает на вход регулятора, который формирует такое регулирующее воздействие, чтобы в итоге с течением времени ε(t) = 0.

Для поддержания, требуемого расстояние регулятор снимает показания с датчика расстояния и сравнивает их с задающим воздействием, далее ошибка подается на регулятор, где он в свою очередь вырабатывает управляющий сигнал, который подается на Н-мост в виде ШИМ.

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ или PWM) является наиболее простым и эффективным методом регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока. Суть этого метода заключается в том, что напряжение питания подается на двигатель в виде импульсов. При этом частота следования импульсов остается постоянной, а их длительность может меняться.

Для генерации управляющего воздействия данной системы подходит пропорциональный регулятор. Его выходная мощность прямопропорциональна ошибке регулирования. Чем больше коэффициент пропорциональности, тем меньше выходная мощность при одной и той же ошибке регулирования. Пропорциональное регулирование можно рекомендовать для малоинерционных систем с большим коэффициентом передачи. Для настройки пропорционального регулятора следует сначала установить коэффициент пропорциональности максимальным, при этом выходная мощность регулятора уменьшится до нуля. После стабилизации измеренного значения, следует установить заданное значение и постепенно уменьшать коэффициент пропорциональности, при этом ошибка регулирования будет уменьшаться. Когда в системе возникнут периодические колебания, коэффициент пропорциональности следует увеличить так, чтобы ошибка регулирования была минимальной, а периодические колебания максимально уменьшились.

Промоделируем данную систему в программной среде Matlab Simulink.

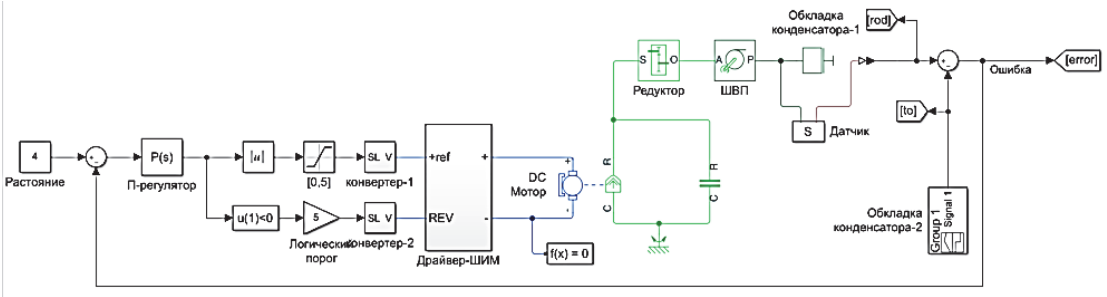
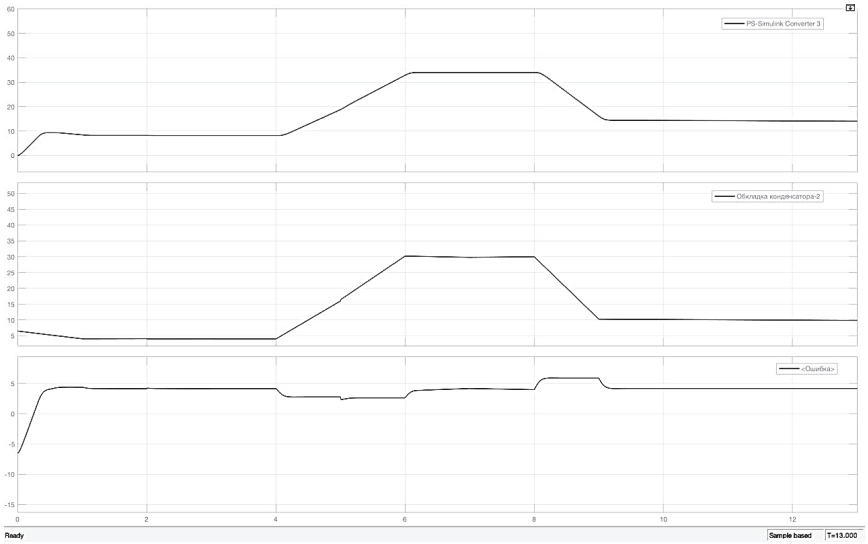


Рисунок 2 – Модель в Matlab Simulink

Результаты моделирования:



1

2

3

1 - позиция штока или первой обкладки конденсатора;
2 - позиция второй обкладки конденсатора; 3 - ошибка

Рисунок 3 – Результаты моделирования

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. References1.Alkhathlan, K.; Javid, M. Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Saudi Arabia: An aggregate anddisaggregate analysis.Energy Policy2013,62, 1525–1532.

2. Alagidede, P.; Adu, G.; Frimpong, P.B. The effect of climate change on economic growth: Evidence from Sub-Saharan Africa.Environ. Econ. Policy Stud.2016,18, 417–436

3. Rao, C.; Yan, B. Study on the interactive influence between economic growth and environmental pollution.Environ. Sci. Pollut. Res.2020,27, 39442–39465.

4. Челухин В. А., Абрамсон Е. В. Электротепловой преобразователь низкопотенциальной энергии перепада температур. Электротехника. Вестник ТОГУ. 2014.№ 4(35). С.93 – 98.

5. В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон. М.С. Кружаев. Оценка эффективности использования перепада температур день-ночь для целей энергетики. Промышленная энергетика, №6 (2018) с.45-49.

СЕКЦИЯ 9. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 303.725.3
Васильев Гордей Владимирович, аспирант; Vasilev Gordey Vladimirovich
Бердоносов Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
Berdonosov Victor Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПОТОКОВ ЭНЕРГИЙ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ANALYSIS OF MODELS OF ENERGY FLOWS OF HYBRID POWER SYSTEMS

Аннотация. Авторами был проведен сбор данных в области моделирования потоков энергии гибридных энергетических систем. Используя морфологический подход Цвикки, авторы проанализировали собранные литературные источники и выделили ряд перспективных моделей потоков энергий гибридных энергетических систем.
Abstract. The authors have collected data in the field of energy flow modelling of hybrid energy systems. Using Zwicky's morphological approach, the authors analysed the collected literature and identified a number of promising energy flow models for hybrid energy systems.
Ключевые слова: анализ, модели, ТРИЗ, энергетика.
Keywords: analysis, models, TRIZ, energy.

Мировая возобновляемая энергетика перешла на более развивающий темп. Сегодня национальные планы по развитию возобновляемой энергетики разрабатывают и активно осуществляют более 40 стран. 23 января 2008 года была принята Брюссельская директива «О стимулировании использования энергии возобновляемых источников», которая поставила перед Евросоюзом следующие цели: развитие технологий в области энергосбережения; уменьшить выброс парниковых газов на 20%; уменьшить часть использования биотоплива до 10% от общего потребления энергии [1].

Ассоциация ветроэнергетики Канады в 2008 году опубликовала прогноз развития ветроэнергетики до 2025 года, в котором изложено, что к 2025 году часть электроэнергии, производимой ветроэлектростанциями, должна составить 20% от всей генерируемой в стране энергии [1].

Китай последние 15 лет переживает большой рост в направлении возобновляемой энергетики. Было принят план, согласно которому к 2020 году 10% потребностей страны в электроэнергии будет обеспечено за счет альтернативных источников энергии [1].

Для того, чтобы разработать актуальную гибридную энергетическую систему с точки зрения современных технологий нужно воспользоваться теорий решения изобретательских задач (ТРИЗ).

ТРИЗ – содержит набор методов для решения технических задач и улучшения технических систем. Результаты исследования подчеркивают успешное внедрение ТРИЗ, среди прочего, в биомиметику и обработку информации. Традиционные границы машиностроения и промышленного машиностроения часто пересекались, так как использование ТРИЗ также наблюдается в сфере бизнеса и услуг. В то же время компьютеризированные платформы представляют собой рассеянные попытки повысить распространение и применимость ТРИЗ [2]. Один из методов предшествующих ТРИЗ, это морфологический анализ. Метод систематизации перебора вариантов всех теоретически возможных решений, основанный на анализе структуры объекта. В результате использования данного метода строится морфологическая таблица. Такая таблица является одним из способов демонстрации модели морфологического множества уровня идентификации и является наиболее естественным представлением морфологического ящика Ф. Цвикки. Морфологическая таблица содержит признаки, по которым классифицируются структурные решения объектов рассматриваемого класса, а также значения классификационных признаков.

Сбор данных по моделированию потоков энергий гибридных энергетических систем происходил в следующих наукометрических баз данных: РИНЦ, Web of Science, Scopus. В ходе сбора данных было проанализировано около 306 литературных материалов. Результат анализа записывался в реестр. На рисунке 1 представлена часть реестра.

320	303	A local AFOS MOS program (LAMP) and its application to wind prediction.	1986	level; pressure; sea
321	304	Short-term wind speed forecasting using artificial neural networks for Tehran, Iran	2016	Adaptive neuro-fuzzy inference system; Artificial neural network-genetic algorithm; Artificial neural network-particle swarm optimization hybrid; Artificial neural networks with radial basis function; Wind energy; Wind speed forecasting

Рисунок 1 – Реестр источников

Следующим этапом было построение морфологической таблицы. Часть морфологической таблицы представлена на рисунке 2, цифры в ячейках морфологической таблицы это номера источников литературы в реестре.

Связь с единой энергосистемой	Связи нет (автономная) 72, 87, 191, 223, 259, 263, 273, 284, 313, 320	Связь есть 75, 88, 89, 90, 102, 134, 179, 259, 275,			
Оборудование ГЭС	Солнечные генераторы 81,	Ветро-генераторы 151, 321	Накопители 4, 72, 78, 223, 273, 279,		
Потоки моделирования	Солнечной энергии 24, 28, 34, 35, 42, 45, 55, 58, 72, 88, 96, 97, 102, 133, 158, 159, 164, 176, 188, 193, 196, 211, 222, 245, 247, 252, 254, 262, 265, 266, 269, 270, 281, 277, 284, 285, 288, 298, 299, 303, 319	Ветровой энергии 20, 23, 31, 33, 36, 47, 52, 53, 242, 61, 76, 83, 99, 106, 117, 123, 126, 127, 137, 165, 178, 182, 183, 184, 185, 204, 205, 207, 212, 242, 243, 260, 261, 266, 267, 276, 280, 301, 324,	Потребления 9, 21, 37, 38, 54, 69, 92, 110, 124, 134, 139, 153, 172, 192, 199, 217, 218, 241, 258, 269, 275, 278,	Солнечное и ветровой 1, 5, 29, 87, 300,	Солнечной и потребления 279,
AI (искусственный интелект)	ML (машинное обучение) 71, 190, 205, 233, 239, 261, 265, 269, 284, 288,	LSSVR (регрессию вектора поддержки наименьших квадратов) 71, 200	DBM (глубокая машина большая) 83	Дерево решений/XGBoost 54, 180, 188, 262,	ELM (машины экстремального обучения) 37, 51, 52, 64, 97, 183, 195, 228
Data science	Big data 109, 244,				
Данные	Спутники 22, 55, 65, 70, 74, 174, 316	Сайты 42, 65, 70, 75, 122, 123, 128, 154, 160, 316	БД (база данных) 23, 113, 248,		

Рисунок 2 – Морфологическая таблица

В данной работе анализ сконцентрирован на потоках моделирования, а именно потоки солнечной, ветровой энергии и потребления. В категории «солнечной энергии» было выявлено 41 источник, в «ветровой энергии» 39 источников, «потребления» 22 источника. Таким образом, в ходе морфологического анализа было выявлено несколько перспективных моделей потоков. На рисунке 3 представлена, из 254 источника реестра, архитектура модели прогнозирования потока солнечной энергии [3].

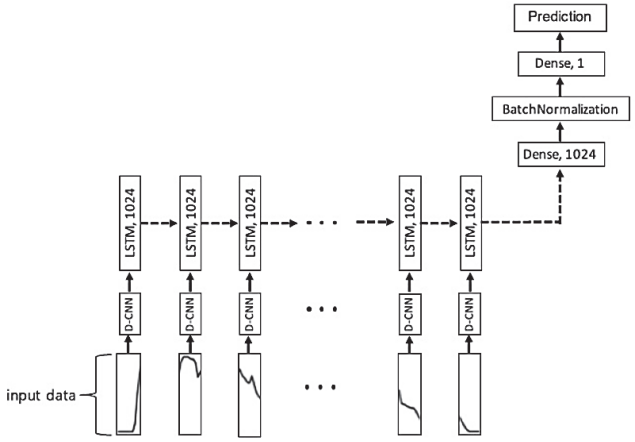


Рисунок 3 – Модель потока солнечной энергии

Модели оцениваются на тренировочных и тестовых данных. Одни из показателей являются среднеквадратическая ошибка и корреляция.

На рисунке 4, из 137 источника реестра, представлены результаты моделей потока ветровой энергии [4].

Model	MSE (test)	MSE (train)	R^2 (test)	R^2 (train)	RMSE (test)	RMSE (train)
ANN-RBF	0.3619	1.453	0.86	0.85	0.6016	1.205
ANFIS	0.3088	1.431	0.88	0.86	0.5559	1.196
ANN-GA|	0.0022	0.004	0.95	0.91	0.0469	0.0632
ANN-PSO	0.1127	0.1315	0.89	0.87	0.3626	0.73

Рисунок 4 – Результаты моделей потока ветровой энергии

На рисунке 5, из 278 источника реестра, представлен график прогнозируемых и реальных значений потока потребления тепла [5].

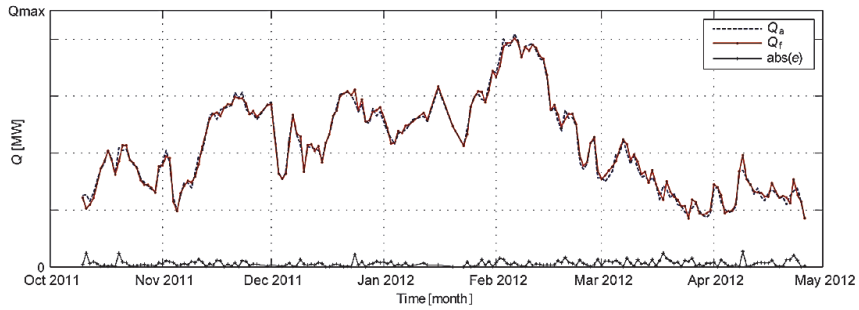


Рисунок 5 – Фактическое (Q_a) и прогнозируемое (Q_f) потребление тепла по модели NNLLSR.

Выбранные модели позволяют оценить уровень разработки моделей потоков энергий гибридных энергетических систем, их достоинства и недостатки, определить направления совершенствования таких моделей. Более совершенные модели, в свою очередь, позволят спроектировать более эффективные автономные гибридные энергетические системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бондарев С.А., Гибридная ветродизельная система электроснабжения: диссертация магистра// Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск. 2016.

2 Chechurin L., Borgianni Y. Understanding TRIZ through the review of top cited publications// Computers in Industry. 2016. № 82. С. 119-134.

3 Lee W., Kim K., Park J., Kim J., Kim Y. Forecasting solar power using long-short term memory and convolutional neural networks// IEEE Access. 2018. № 8543793 С. 73068-73080.

4 Fazelpour F., Tarashkar N., Rosen M. A. Short-term wind speed forecasting using artificial neural networks for Tehran, Iran// Springer-verlag berlin. Heidelberg. 2016.

5 Potočnik P., Strmčnik E., Govekar E. Linear and neural network-based models for short-term heat load forecasting// Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering. 2015. С. 543-550.

УДК 004.9

Васильев Гордей Владимирович, аспирант; Vasilev Gordey Vladimirovich
Бердоносов Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент; Berdonosov Victor Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭФФЕКТИВНАЯ МЕТОДИКА ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ В НАУКОМЕТРИЧЕСКИХ БАЗАХ ДАННЫХ

EFFECTIVE METHODOLOGY OF SEARCHING FOR SOURCES IN SCIENTOMETRIC DATABASES

Аннотация. В данной работе авторами был проведён анализ функциональных особенностей платформ наукометрических баз данных. Сформирована методика поиска источников для РИНЦ, Web of Science и Scopus. Разработан скрипт для экспорта данных из РИНЦ для заполнения реестра.

Abstract. In this work, the authors provided an analysis of the functional ability of the tool of scientometric databases. A search method has been created for RSCI, Web of Science and Scopus. A script has been developed for exporting data from the RSCI to fill in the register.

Ключевые слова: наукометрические базы данных, литература, поиск, скрипт.

Keywords: scientometric databases, literature, search, script.

Научно-исследовательская работа студентов является одним из важнейших средств повышения качества подготовки и воспитания специалистов с высшим профессиональным образованием.

Характерными чертами ускоренного, интенсивного развития науки считаются: открытие нетронутых ранее научной мыслью полей исследования, единство созидания нового и сохранение ранее достигнутого, «освещение» старого новым пониманием, создание нового на основе использования «переработанного до конца» старого. Это привело к непрерывному накоплению знаний, в результате чего их масса, находящаяся в распоряжении ученых последующего поколения, значительно превышает массу знаний предшествующего поколения. В условиях бурного роста науки возникает ряд острых проблем. Одна из них – задача ориентировки в огромной массе научного материала, в колоссальном количестве научных публикаций. Сегодня в этом огромную пользу оказывает ИНТЕРНЕТ, другие высокотехнологичные технические средства поиска и обработки научно-технической информации. Сегодня существуют немалое количество наукометрических баз данных, в которых можно проводить изучение и анализ множество работ со всего мира [1].

Для поиска источников наукометрических базах, в первую очередь, необходимо сформировать поисковые запросы для этих баз. От качества формирования запросов в значительной степени зависит эффективность поиска. Очевидно, что в результате поиска желательно получить максимальное число источников, максимально коррелирующих с направлением исследования, причём затратив при этом минимальную величину ресурсов, например, времени.

Итак, рассмотрим некоторые правила, позволяющие сформировать эффективные запросы. Если есть общие слова в запросах, то объединить их с помощью логических операций. Если слова имеют разные окончания, то их можно обобщить с помощью маски. Выбрать тематики, в которых будет производиться поиск. Выбрать, по каким рубрикам будет производиться поисковой запрос, например по теме, аннотации, ключевым словам и так далее. Выбрать поисковый временной промежуток (годы). Выбрать выдачу результатов поиска только в отрытых источниках, если нет ресурсов, чтобы платить за просмотр и скачивание источников. Экспортировать данные об источниках для заполнения реестра, если такая функция реализована на платформе.

Рассмотрим применение методики относительно темы исследований «Разработка моделей потоков входной и выходной энергии автономных гибридных энергетических систем, предназначенных для поселений Крайнего Севера, изолированных от сетевых энергосистем» [2]. Результат обычного запроса «Создание модели солнечных входных данных» представлен ниже (см. рисунок 1).

ВСЕГО НАЙДЕНО ПУБЛИКАЦИЙ: 8 из 35550838

№	Публикация	Цит.
1	**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ** *Серебряков Р.А., Доржиев С.С., Базарова Е.Г.* Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 10-1. С. 95-102.	5
2	**АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРАЗМЕРНОГО РЯДА СИНХРОННЫХ МАШИН КАК ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ 75- 300 -** *Антипов В.Н., Данилевич Я.Б.* Электротехника. 2009. № 1. С. 27-33.	11
3	**КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ГИБРИДНОГО ВЕТРО-СОЛНЕЧНОГО ЭНЕРГОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВОЛНОВОГО ТИПА** *Стрекалов С.Д., Стрекалова Л.П., Гришин С.С.* Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. № 1 (78). С. 322-328.	0
4	**ГАЗОВЕТРОЭНЕРГОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ** *Бирюк В.В., Серебряков Р.А., Цыбизов Ю.И., Шелудько Л.П.* Вестник аграрной науки Дона. 2015. № 1 (29). С. 92-97	0

Рисунок 1 – Выдача источников обычного поискового запроса «Создание модели солнечных входных данных»

В то время как составной запрос позволил получить 3907236 источников. Также все результаты были представлены только от одного запроса, что позволит их обрабатывать более эффективно. Следует отметить, что полученное количество результатов слишком большое, оптимальное количество лежит в диапазоне от единиц до десятков тысяч. Таким образом, можно определить критерии успешного поиска, это оптимальное количество источников и близость содержания источников к теме исследований. Далее будет рассмотрены способы, как добиться оптимального количества результатов, и найти валидные источники по теме в РИНЦ, Web of Science и Scopus.

В eLibrary.ru необходимо выбрать наиболее важные пункты поиска. Например, отметить пункты поиска «в названии публикации», «в аннотации», «в ключевых словах», в разделе «Тип публикации» следует установить все галочки. Затем выбрать интересующие временные рамки, сортировку установить по релевантности, порядок по убыванию. Для того чтобы исключить ненужные источники можно выбрать определенные тематики, например, энергетика, математика, информатика. Все поисковые запросы можно сохранять на сайте. После этого можно выбрать наиболее подходящий запрос по выделенным критериям. Наиболее подходящим запрос по первому критерию (количество выдачи источников) являются тот, который приближен к более реальному физическому просмотру всех выданных источников (±2000). Второй критерий является не таким точным, больше субъективным. На рисунке 2 представлен частичный результат, а именно первая страница выдачи, запроса «Модел* (солн* | ветро*) & поток*». Авторами было выделено 9 источников, которые подходили по теме НИР.

15	**ВЕТРО-ДИЗЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ РАЙОНОВ УДАЛЕННЫХ ОТ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ** *Грибков С.В.* Энергетическая политика. 2008. № 3. С. 37-39.	0
16	**ВЕТРО-ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ПОДМОСКОВЬЯ** *Стребков Д.С., Сокольский А.К., Джайлани А.Т.А.* Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2010. № 1 (40). С. 11-14.	0
17	**ПРОИЗВОДСТВО И АККУМУЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЕТРО-АЗОТНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ** *Николаев В.Г., Ганага С.В.* Энергия: экономика, техника, экология. 2012. № 5. С. 20а-24.	0
18	**МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ДЛЯ ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК** *Кашин Я.М., Кашин А.Я., Князев А.С., Копелевич Л.Е., Самородов А.В.* Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2017. № 1 (196). С. 95-106.	8

Рисунок 2 – Первая часть выдачи запроса «Модел* (солн* | ветро*) & поток*»

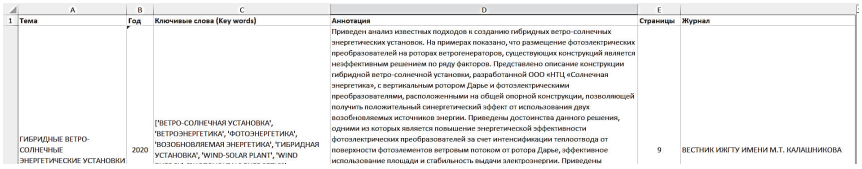
Таким образом, можно наблюдать, что второй критерий уже имеет больший показатель по сравнению с обычными запросами. Далее выбрав интересующие источники, можно сохранить их в подборке. Подборка, это набор источников, которые были выбраны из всех выдавших поисковым запросом источников.

На сайте Webofknowledge.com необходимо перейти по вкладке «Расширенный поиск». Далее составить запрос по методике. В Web of Science большинство настроек происходят в самом запросе: поиск в заголовке, поиск в аннотации, выбор тематике и др. В итоге запрос выглядит следующим образом: «TS=((build* OR develop*) AND model AND (solar* OR wind) AND input AND (flow OR data)) OR TI=((build* OR develop*) AND model AND (solar* OR wind) AND input AND (flow OR data)) OR AB=((build* OR develop*) AND model AND (solar* OR wind) AND input AND (flow OR da-ta)) OR AK=((build* OR develop*) AND model AND (solar* OR wind) AND in-put AND (flow OR data)) AND SU=(Computer Science OR Energy & Fuels) AND WC=(Agricultural Economics & Policy OR Agricultural Engineering OR Agriculture, Multidisciplinary OR Computer Science, Artificial Intelligence OR Computer Science, Information Systems OR Computer Science, Theory & Meth-ods OR Energy & Fuels OR Mathematics OR Mathematics, Applied)». Настройки, в случае необходимости, можно сохранить на самом сайте, если вы авторизированный пользователь, если нет, то в файл. Также реализовано функция экспорта данных об источниках. Такие данные позволяют существенно помочь заполнить реестр. Для экспорта необходимо установить галочку на интересующих источниках и, далее, нажать на кнопку «Экспорт…», после этого выбрать удобный вариант экспорта файлов.

На сайте Scopus.com все настройки производятся в самом запросе: поиск по заголовкам, аннотациям, по ключевым словам, и др. Таким образом, запрос будет составлен следующим образом: «TITLE-ABS-KEY ((build* OR develop*) AND model AND (solar* OR wind) AND input AND (flow OR data)) AND (LIMIT-TO (FREETOREAD, "all"))». Далее можно уточнить поисковый запрос, например, установив источники с открытым доступом. Аналогично, как и в Web of Science есть функция экспорта данных об источниках, для реализации этой функции необходимо нажать на ссылку «Экспорт». Далее следует установить настройки экспорта.

На сайте eLibrary.ru не реализована функция экспорта данных об источниках. Для облегчения заполнения реестра источников РИНЦ на языке программирования Python был написан скрипт. Для работы скрипта нужно вести SCookieID своего аккаунта, url подборке, путь до выходного файла. Данный скрипт находится еще в разработке, так как сайт eLibrary.ru фрагментально разработан неоднозначно. Процесс запуска скрипта и результат его выполнения представлены на рисунках 3-4.

Рисунок 3 – Запуск крипта



	A	B	C	D	E	F
1	Тема	Год	Ключевые слова (Key words)	Аннотация	Страницы	Журнал
	ГИБРИДНЫЕ ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ	2020	['ВЕТРО-СОЛНЕЧНАЯ УСТАНОВКА', 'ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА', 'ФОТОЭНЕРГЕТИКА', 'ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА', 'ГИБРИДНАЯ УСТАНОВКА', 'WIND-SOLAR PLANT', 'WIND	Приведен анализ известных подходов к созданию гибридных ветро-солнечных энергетических установок. На примерах показано, что размещение фотоэлектрических преобразователей на роторах ветрогенераторов, существующих конструкций является неэффективным решением по ряду факторов. Представлено описание конструкции гибридной ветро-солнечной установки, разработанной ООО «НПЦ «Солнечная энергетика», с вертикальным ротором Дарье и фотоэлектрическими преобразователями, расположенными на общей опорной конструкции, позволяющей получить положительный синергетический эффект от использования двух возобновляемых источников энергии. Приведены достоинства данного решения, одними из которых является повышение энергетической эффективности фотоэлектрических преобразователей за счет интенсификации теплоотвода от поверхности фотоэлементов ветровым потоком от ротора Дарье, эффективное использование площади и стабильность выдачи электроэнергии. Приведены	9	ВЕСТНИК ИЖГТУ ИМЕНИ М.Т. КАЛАШНИКОВА

Рисунок 4 – Результат работы скрипта

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Яшин Л. А. Основы научных исследований// учеб. пособие. 2004. С. 71.

2 Berdonosov V.D., Shamak V.A., Zivotova A.A., Zheltov M.V. Hybrid Power Systems Optimization for Regions of the Far North// in 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – Vladivostok, Russia, 2019. – Pp.1-6.

УДК 004.4'6

Дружин Дмитрий Сергеевич, студент; Druzhin Dmitry Sergeevich
Штырова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент;
Shtyrova Irina Anatolyevna
Балаковский инженерно-технологический институт − филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Balakovo Institute of Engineering and Technology of the National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ДЕМОНСТРАЦИИ ЭКРАНА

ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR DEVELOPING A SCREEN SHARING PROGRAM

Аннотация. В данной статье проводится анализ требований, выдвигаемых для разработки программы, предназначенной для демонстрации экрана. Рассматриваются возможные пути соблюдения данных требований при разработке на объектно-ориентированном языке программирования.
Abstract. This article analyzes the requirements for developing a program for screen sharing. Possible ways of meeting these requirements when developing in an object-oriented programming language are considered.
Ключевые слова: программирование, разработка, анализ требований, демонстрация экрана, ООП.
Keywords: programming, development, requirements analysis, screen sharing, OOP.

Получение четких требований, необходимых для разработки программного обеспечения, является достаточно сложным процессом при разработке крупных коммерческих проектов и систем. Большая часть сложностей основана на разногласиях разработчика и заказчика, возникающих при согласовании требований заказчика и возможностей разработчика [1].

Следует отметить, что данные проблемы затрагивают по большей части крупные команды разработчиков, нацеленные на осуществление деятельности по разработки продуктов под заказ, и в меньшей степени оказывают влияние на маленькие команды по типу стартапов или индивидуальных разработчиков. Однако, уменьшение масштаба разрабатываемого продукта или уменьшение размера команды разработчиков не позволяют полностью уйти от проблем, связанных с требованиями к продукту, так как из-за отсутствия прописанных требований возможно ситуация, в результате которой проект может переписываться с нуля множество раз.

Для исключения таких ситуаций и удобства дальнейшей разработки необходимо грамотно систематизировать имеющуюся информацию о будущем продукте, для этого необходимо провести процесс обработки требований, который можно разделить на четыре этапа:

- получение концепции программного продукта;
- сбор имеющихся требований;
- анализ полученных требований;
- проектирование программного продукта.

На этапе получения концепции программного продукта, необходимо определить видение будущей программы или, иными словами, общие требования к функционалу. Рассматривая программу для демонстрации экрана, можно отметить, что общий функционал является довольно простым и заключается в транслировании изображение экрана компьютера другим пользователям в режиме реального времени в рамках локальной сети.

На втором этапе происходит выделение конкретных требований путем общения с будущими пользователями, данный этап позволяет выделить наиболее приоритетные и необходимые функции путем анализа ответов респондентов. Для программы, осуществляющей демонстрацию экрана, такими требованиями со стороны транслирующего экран являются: осуществление контроля за списком подключенных, ведение журнала подключений и возможность приостановить показ на время.

На следующем этапе происходит структуризация требований, полученных на предыдущем этапе. Процесс структуризации состоит в выделении четких действий из требований, предъявленных на предыдущем этапе. При разработке программного продукта благодаря данному списку можно четко выделить методы класса, которые необходимо реализовать [2]. При структуризации требований, выдвинутых на предыдущем этапе для программы демонстрации экрана, можно вынести следующий список базовых действий: начать трансляцию, закончить трансляцию, остановить трансляцию, возобновить трансляцию, добавить пользователя, удалить пользователя.

На финальном этапе происходит обобщение материалов, полученных на предыдущем этапе, принимаются решения о конкретной реализации определенного функционала, иными словами, определяется программно-аппаратная платформа, макет будущего интерфейса и все решения, принятые на данном этапе, переносятся в формат документа, наиболее часто

этим документом является техническое задание. На данном этапе для реализации программы для демонстрации экрана был выбран объектно-ориентированный язык программирования C# и разработан макет интерфейса Windows Form, приведённый на рисунке 1.

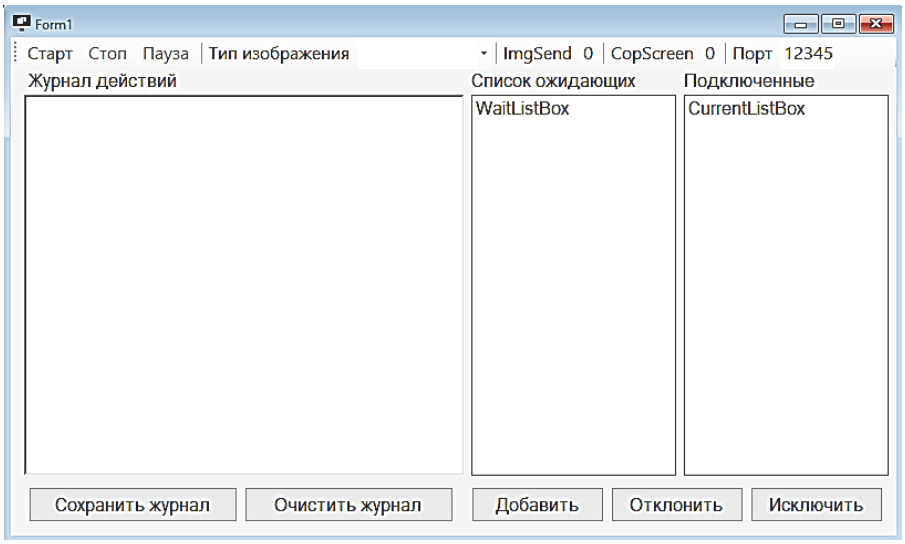


Рисунок 1 – Интерфейс программы

Если коснуться фазы разработки, то очевидным становится, что для реализации программы для демонстрации экрана нужен объектно-ориентированный подход. Данный вывод можно сделать на основании сетевых взаимодействий, необходимых для функционирования программы [3]. Так как количество программ приемников трансляции превышает одну, то справедливо будет предположить, что на стороне программы, осуществляющей трансляцию, удобно будет представить каждое подключение как отдельный экземпляр класса, а сам функционал по взаимодействию с подключениями вынести в главный класс программы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Зубкова, Т. М. Технология разработки программного обеспечения: учебное пособие / Т. М. Зубкова. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 324 с.

2 Затулин, А. Г. Требования к разработке информационных ресурсов центров дополнительного образования / А. Г. Затулин, Н. М. Виштак // Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании: сборник трудов I Международной научно-практической конференции (Балаково, 20 декабря 2018 г.). – Москва, 2019. – С. 169-173.

3 Михеев, И. В. Анализ производительности объектно-ориентированных языков программирования / И.В. Михеев, А. П. Карпов // Проблемы развития предприятий энергетической отрасли в условиях модернизации российской экономики и общества: сборник статей. – Балаково, 2016. – С. 81-83.

УДК 004.4:519.6
Еремеев Артем Александрович, студент; Eremeev Artem Aleksandrovich
Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент;
Petrova Anna Nikolaevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ИГРЫ "ШКОЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА"

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE SOFTWARE FOR THE EDUCATIONAL GAME "SCHOOL LIBRARY"

Аннотация. В данной статье описывается разработка программного обеспечения обучающей игры для операционной системы Android, а именно формулируется актуальность разработки, цели и математическая модель программного обеспечения.
Abstract. This article describes the development of software for an educational game for the Android operating system, namely, the relevance of development, goals and the mathematical model of the software are formulated.
Ключевые слова: математическое моделирование, проектирование программного обеспечения, обучающее программное обеспечение, обучающие игры, программирование в Unity.
Keywords: mathematical modeling, software design, teaching software, learning games, programming in Unity.

Актуальность разработки рассматриваемого программного обеспечения (ПО) обусловлена потерей у детской аудитории интереса к чтению книг и падением посещаемости библиотек. В современном мире все меньше людей увлечены чтением книг, все больше детей заменяют чтение книг на просмотр кинофильмов и мультсериалов, чаще играют в мало развивающие компьютерные игры. Решением данной проблемы может послужить обучающая игровая деятельность. Для начала необходимо рассмотреть понятие игрового обучения.

Игровое обучение - это форма учебного процесса в условных ситуациях, направленная на воссоздание и усвоение общественного опыта во всех его проявлениях: знаниях, навыках, умениях, эмоционально-оценочной деятельности. В настоящее время обучение в форме игры часто называют эдьютейментом (англ. edutainment), которым обозначают всевозможные формы образования без принуждения, образовательные развлечения (включая образование посредством развлечения). Благодаря возможности образования без принуждения, использование разрабатываемого ПО поможет решить проблемы, связанные с потерей интереса к книгам, а

также разбавит «сухое» чтение интерактивными взаимодействиями в игровой форме.

Исходя из этого можно определить основные цели разработки данного ПО: увеличение заинтересованности детской и подростковой аудитории к чтению книг, реализация возможности чтения книг в дополнении с игровой деятельностью, увеличение аудитории библиотек и книжных магазинов.

По результатам анализа предметной области была создана математическая модель, базовую структуру которой можно представить в виде совокупности множеств (1):

Игра:

$$G = \langle Games, Players, Users \rangle, \quad (1)$$

где $Games = \{games_i\},\ i = \overline{1,I}$ – множество игровых миров (2);

$Players = \{players_j\},\ j = \overline{1,J}$ – множество игроков (3);

$Users = \{users_k\},\ k = \overline{1,K}$ – множество пользователей (4).

Множество игровых миров:

$$games_i = \{Levels, name_i, Types\}, \quad (2)$$

где $Levels = \{levels_a\},\ a = \overline{1,A}$ – множество уровней (5);

$name_i$ – название игрового мира;

$Types = \{types_m\},\ m = \overline{1,M}$ – множество типов заданий (6).

Множество уровней:

$$levels_a = \langle Act, lname \rangle, \quad (5)$$

где $Act = \{act_c\},\ c = \overline{1,C}$ – множество заданий (7);

$lname_a$ – название уровня.

Множество заданий:

$$act_c = \langle actlevel_c, type_c, answer_c \rangle, \quad (7)$$

где $actlevel_c$ – текст задания;

$type_c$ – тип задания;

$Answers = \{answers_n\}, n = \overline{1,N}$ – множество правильных ответов (8).

Множество правильных ответов:

$$answers_n = \langle answertype_n, answer_n \rangle, \quad (8)$$

где $answertype_n$ – тип ответа;

$answer_n$ – ответ на задание.

Множество типов заданий:

$$types_m = \langle typeact_m, typeansw_m \rangle, \quad (6)$$

где $typeact_m$ – тип задания;

$typeansw_m$ – тип ответа.

Множество игроков:

$$players_j = \langle login_j, score_j, LevelsP \rangle, \quad (3)$$

где $login_j$ – имя игрока;

$score_j$ – общий счет игрока;

$LevelsP = \{levelscompl_a\},\ a = \overline{1,A}$ – множество пройденных уровней.

Множество пользователей:

$$users_k = \langle ulogin_k, pass_k, UType \rangle, \quad (4)$$

где $ulogin_k$ – логин пользователя;

$pass_k$ – пароль пользователя;

$UTypes = \{utypes_e\},\ e = \overline{1,3}$ – множество ролей пользователей (9).

Множество ролей пользователей:

$$utypes = \{player, admin, moderator\}, \quad (9)$$

где $player$ – роль «игрок»;

$admin$ – роль «администратор»;

$moderator$ – роль «модератор».

В разрабатываемом ПО предусмотрено три роли пользователей с различным функционалом. Администратор по разработанной математической модели имеет возможность работать со множеством пользователей, то есть редактировать состав пользователей приложения, а также назначать роли пользователей. Модератор по описанной выше модели может работать со множеством игровых миров, уровней, заданий, и множеством правильных ответов, то есть имеет возможность редактировать состав игровых миров, заданий и уровней. Игроку же доступны все множества на правах чтения, кроме множества пройденных уровней, то есть после прохождения определенного уровня он будет добавляться в данное множество.

Программное обеспечение разрабатывается для телефонов под управлением операционной системой Android, полагаясь на опыт разработки игр [1-3]. Игра будет представлять собой карту, на которой расположены различные задания, для прохождения которых необходимо прочитать ту, или иную часть какой-либо книги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Лобец, С. А. Разработка игровой программы в среде Android / С. А. Лобец, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 341-343.

2 Воронин С.В. Разработка сетевой игры на C# в UNITY/ С.В. Воронин, М.Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студен-тов : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 09-12 апреля 2018 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 147-149.

3 Штырков, Г. О. разработка компьютерной игры в среде C++ с использованием графической библиотеки / Г. О. Штырков, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 484-487.

УДК 331.452
Ждакаева Мария Васильевна, старший преподаватель
Zhdakaeva Maria Vasilevna
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN TECHNOSPHERE SAFETY

Аннотация. В публикации дан обзор информационно-коммуникационным технологиям в сфере охраны труда и промышленной безопасности.
Abstract. The publication provides an overview of information and communication technologies in the field of labor protection and industrial safety.
Ключевые слова: безопасность, технологии, контроль, риск, меры, труд.
Keywords: security, technology, control, risk, measures, labor.

На сегодняшний день в сфере техносферной безопасности остро стоит проблема мгновенного оповещения об опасностях. Цифровизация в современном мире ставит новые задачи: обмен информацией между участниками производственного процесса должен обладать рядом характеристик. В первую очередь, скорость обмена сообщений-в эпоху социальных сетей узнать о травмировании персонала заинтересованным сторонам можно незамедлительно. Также защита информации требует достижения должного уровня. [1]

Технологический прогресс ежеминутно предлагает новые возможности для реализации целей, заложенных в основу стандартов безопасности. Прежде всего, речь идет о различных мобильных приложениях. Инициаторами их разработки являются как частные компании, так и государство.

Приложение «Я-инспектор», реализуемое под эгидой деятельности Министерства труда, способно фиксировать нарушение в виде фотографии и мгновенно передавать на сервер государственной инспекции труда. Защита данных обуславливается методом авторизации через портал Госуслуг.

Локальные приложения крупных корпораций используют внутренние скрипты безопасности. Сущность же функционала такая же: выявить нарушение или нарушителя, сообщить письменно или при помощи фотосъемки в службу охраны труда и промышленной безопасности.

Платформой для разработчиков в наши дни также является приложение «Телеграм» и так называемые «боты». Бот – специальная программа с удобным интерфейсом. Перевести в такой формат сейчас можно как развлекательный контент, так и образовательный. Поэтому Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору сформировала бота-экзаменатора: текущую проверку знаний персонала возможно произвести просто и быстро. [2]

Формирование комплекса программ с целью оценки профессиональных рисков является неотъемлемой частью научных исследований. Контроль за производством при помощи ПО (программного обеспечения) на базе планшетов или смартфонов комфортен в использовании. Поэтому материально-техническое оснащение персонала сегодня является ключевой задачей руководителей предприятия. [3]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1 Алгоритм автоматизированного расчета категории риска предприятия в сфере трудовых отношений / Гаврилова М.В. Материалы 16-ой международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности «Дальневосточная весна - 2018». - Комсомольск- на-Амуре: ФБГОУ ВО «КнАГУ», 2018. – С. 180-184

2 Телеграм-бот от Ростехнадзора [Электронный ресурс]. 2020. 18 сентября. // URL: https://ohranatruda.ru/news/901/588924/ (дата обращения: 18.02.2021).

3 Работы на высоте: предупреждение производственного травматизма / Евин А.М., Гаврилова М.В. Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», часть 3. - Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г., ФБГОУ ВО «КнАГУ», 2019 г. - с.217-218.

УДК 004.4:519.6

Иванчихина Александра Андреевна, студент; Ivanchikhina Alexandra Andreevna
Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент;
Petrova Anna Nikolaevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ ЗАДАНИЙ ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ ПО ТЕМЕ «КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ» И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ANALYSIS OF UNIFIED STATE EXAM TASKS ON INFORMATICS ON THE TOPIC "CODING OF INFORMATION" AND MODELING OF LEARNING SOFTWARE

Аннотация. В работе проводится анализ заданий ЕГЭ по информатике по теме «Кодирование информации». Формулируется цель разработки, и моделируется обучающее программное обеспечение.

Abstract. The work analyzes the tasks of the Unified State Exam in informatics on the topic "Information coding" The development goal is formulated and the training software is modeled.

Ключевые слова: математическое моделирование, проектирование про-

граммного обеспечения, обучающее программное обеспечение, обучающие игры, программирование в Unity.
Keywords: mathematical modeling, software design, teaching software, educational games, programming in Unity.

Проникновение IT-технологий во все сферы требует и наличия специалистов отвечающим этим требованиям. Жизнь без мобильных приложений, сайтов и бытовых технологий сейчас сложно представить. Тенденции современного мира запрашивают от каждой компании, как минимум, наличие сайта с информацией об учреждении.

При всём выше сказанном, сдача ЕГЭ по информатике, необходимая для поступления в вуз, с целью получения технического образования и работы в IT-сфере, не пользуется популярностью среди выпускников школ, поскольку материал для подготовки сложен к пониманию и усвоению.

Решением данной проблемы может стать обучающее программное обеспечение, в котором будет использоваться игровой подход для изучения, в частности темы кодирования информации. Такое программное обеспечение (ПО) поможет решить проблемы, связанные с трудностью изучения кодирования и со сложностью восприятия информации.

Исходя из этого можно определить основные цели разработки данного ПО: повышение интереса школьников к подготовке и сдаче экзаменов по информатике, а также решение проблемы низкого уровня усвоения информации при помощи игры по кодированию информации. Использование разрабатываемого ПО будет способствовать повышению интереса к теме изучения кодирования и в следствие увеличению количества учеников, сдающих ЕГЭ по информатике, а также активизации и развитию мышления.

В результате анализа предметной области было установлено, что по теме «Кодирование», выносятся на единый государственный экзамене по информатике четыре задания, каждое из которых имеет свои наборы вариантов заданий:

1) задание «Кодирование и декодирование информации» имеется четыре варианта заданий:

a) Выбор кода при неиспользуемых сигналах.

b) Шифрование по известному коду и перевод в различные системы счисления (СС).

c) Расшифровка сообщений.

d) Передача информации. Выбор кода.

2) задание «Анализ и построение алгоритмов для исполнителей» имеется два варианта заданий, подходящих под тему кодирования:

a) Посимвольное двоичное преобразование.

b) Посимвольное десятичное преобразование.

3) задание «Передача информации» имеется восемь вариантов заданий:

a) Передача звуковых файлов;

b) Передача изображений;

c) Передача текстовых файлов;
d) Хранение звуковых файлов;
e) Сравнение двух способов передачи данных;
f) Определение времени передачи файла;
g) Хранение изображений;
h) Определение размера записанного файла.

4) задание «Кодирование чисел. Системы счисления» имеется два варианта заданий, подходящих под тему кодирования:

a) Прямое сложение в СС
b) Определение основания.

Рассмотрим пример решения задания по теме «Кодирование чисел. Системы счисления. Прямое сложение в СС»:

Сколько единиц содержится в двоичной записи значения выражения: $4^{2020} + 2^{2017} – 15$?

Решение.

Преобразуем выражение:

$4^{2020} + 2^{2017} - 15 = (2^{2020})^2 + 2^{2017} - 15 = 2^{4040} + 2^{2017} - 2^4 + 2^0$.

Число 2^{4040} в двоичной записи записывается как единица и 4040 нулей. Добавив число 2^{2017}, получаем 100...00100...000 (единица, 2022 нулей, единица, 2017 нулей, всего 4041 разрядных цифр). Если вычесть из этого числа 2^4 = 100002 и прибавить 2^0, то число примет вид 100...001...10001. В полученном числе единица, 2023 нуля, 2013 единиц, три нуля и одна единица. Значит, всего в числе 2015 единиц.

Рассмотрим также пример задания по той же теме, но другого варианта Кодирование чисел. Системы счисления. Определение основания»:

В системе счисления с некоторым основанием десятичное число 18 записывается в виде 30. Укажите это основание.

Решение.

Составим уравнение: $30_n = 3 * n^1 + 0$ умножить на n в степени 0 =18_{10}, где n — основание этой системы счисления. Исходя из уравнения, n=6.

Анализируя примеры, приведённые выше, можно понять, что каждый из этих вариантов заданий решается по-разному и невозможно придумать один алгоритм решения для всех вариантов задания. Поэтому для каждого варианта задания необходимо разработать свою мини-игру, с помощью которой можно отработать навык решения именно этого варианта данного задания.

По результатам анализа предметной области была создана математическая модель, базовую структуру которой можно представить в виде совокупности множеств (1):

Игра:

$$G = \langle Games, Players, Users \rangle, \quad (1)$$

где $Games = \{games_i\},\ i = \overline{1, I}$ – множество тем заданий (2);

$Players = \{players_j\},\ j = \overline{1, J}$ – множество игроков (3);

$Users = \{users_k\},\ k = \overline{1, K}$ – множество пользователей (4).

Множество тем заданий:

$$games_i = \{Tname_i, TLevels, Types\}, \quad (2)$$

где $Tname_i$ – название темы;

$TLevels = \{tlevels_a\}, \ a = \overline{1, A}$ – множество мини-игр (5);

$Types = \{types_m\}, \ m = \overline{1, M}$ – множество типов – мини-игр(6).

Множество мини-игр по определённой теме:

$$mini - game_a = \langle mgame, lname, ltime \rangle, \quad (5)$$

где $mgame = \{act_c\}, \ c = \overline{1, C}$ – множество мини-игр(7);

$lname_a$ – название мини-игры;

$ltime_a$ – время прохождения.

В разрабатываемом приложении предусмотрено три роли пользователей с различным функционалом:

1) Администратор по разработанной математической модели имеет возможность работать со множеством пользователей, а именно назначать роли пользователей; также у него имеется возможность добавлять новые мини-игры по заданным темам.

2) Учитель по описанной выше модели может работать со множеством игровых заданий, и множеством правильных ответов, то есть имеет возможность редактировать состав мини-игр, меняя задания и ответы.

3) Игроку же доступны все множества на правах чтения, кроме множества пройденных мини-игр, то есть после прохождения определенной мини-игры она будет добавляться в данное множество.

Программное обеспечение разрабатывается для телефонов под управлением операционной системой Android, исходя из анализа средств разработки, а также опыта разработки игр [1-3].

Игра представляет собой меню с темами заданий, для прохождения задания нужно выиграть мини-игру, для прохождения которой необходимо ознакомиться с теорией. Игры идут на время, которое отражается в общем рейтинге, тем самым создавая игровую конкуренцию и побуждая игрока проходить больше уровней, что способствует лучшему закреплению материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Лобец, С. А. Разработка игровой программы в среде Android / С. А. Лобец, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 341-343.

2 Воронин С.В. Разработка сетевой игры на C# в UNITY/ С.В. Воронин, М.Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студен-тов : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 09-12 апреля 2018 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 147-149.

3 Штырков, Г. О. разработка компьютерной игры в среде C++ с использованием графической библиотеки / Г. О. Штырков, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 484-487.

УДК 004.4
Карамышев Максим Дмитриевич, студент; Karamyshev Maxim Dmitrievich
Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент;
Petrova Anna Nikolaevna
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ИГРЫ ПО ИНФОРМАТИКЕ НА ТЕМУ «ЛОГИКА»

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE SOFTWARE OF THE INFORMATICS LEARNING GAME ON THE TOPIC "LOGIC"

Аннотация. В данной статье описано моделирование приложения для подготовки школьников к единому государственному экзамену по дисциплине «Информатика» в игровой форме. Определены основные навыки необходимые для успешного освоения темы «Логика» дисциплины «Информатика». Спроектирована математическая модель будущего приложения и определены основные программные средства необходимые для разработки.
Abstract. This article describes the modeling of an application for preparing schoolchildren in playful way for the unified state exam in the discipline «Informatics». The basic skills necessary for the successful mastering of the topic «Logic» of the discipline «Informatics» have been determined. A mathematical model of the future application has been designed and the main software tools necessary for development have been determined.
Ключевые слова: математическое моделирование, проектирование программного обеспечения, обучающее программное обеспечение, обучающие игры, программирование в Unity.
Keywords: mathematical modeling, software design, teaching software, learning games, programming in Unity.

Актуальность данной работы связана тем, что эффективность традиционных методов обучения школьников заметно снижается. Современные школьники не ощущают интереса к учебе, находят ее сложной и скучной, они никак не мотивированы. Существуют различные способы повышения мотивации школьников, и один из наиболее перспективных подходов – это

использование в обучении компьютерных игр. Обучающие игры позволяют получать новые знания в игровом процессе – привычным для молодых людей способом. Особенно эффективно применение обучающих игр в областях, где требуется приобретение и развитие навыков.

Целью работы является увеличение эффективности подготовки школьников к единому государственному экзамену по информатике, привлечение внимания школьников к изучению дисциплины «Информатика».

Игровой процесс разрабатываемого приложения заключается в следующем: игрок (после регистрации/авторизации) появляется на процедурно сгенерированном уровне и для продвижения по уровню ему необходимо сражаться с противниками. Сражение с противниками происходит в форме выполнения заданий, связанных с освоением темы «Логика» дисциплины «Информатика».

Задания, которые может создавать учитель на данный момент связаны только с темой «Логика» дисциплины «Информатика». Для успешного освоения темы и соответственно для выполнения заданий из единого государственного экзамена по данной теме современному школьнику необходимо овладеть:

1 знанием основных понятий и законов математической логики;

2 умением строить таблицы истинности и логические схемы;

3 умением строить и преобразовывать логические выражения.

Базовую математическую модель приложения можно представить в следующем виде (1):

$W = \langle Players, Enems, Word \rangle$, (1)

где W – игровой мир;

Play$ers = \{player_h\}, h = \overline{1,H}$ – множество данных об игроке и его характеристиках (2);

$Enems = \{enem_j\},\ j = \overline{1,J}$ – множество данных о противниках (3);

$Word$ – множество данных об игровом мире (4).

Информация об игроке задается в виде:

$player = \langle Name, Hp, Ts, CTs, InvP, Stasks \rangle$, (2)

где $Name$ – имя игрока;

Hp – количество очков здоровья;

Ts – общее число попыток решения заданий (сражений с противниками);

CTs – число успешных попыток решения заданий;

$InvP = \{invP_k\},\ k = \overline{1,K}$ – множество данных об инвентаре игрока (5);

$Stasks = \{stask_l\}, l = \overline{1,L}$ – множество заданий, выданных игроку (список противников, с которыми он встречался) (6).

Множество данных о противнике:

$enem_j = \langle name_j, Tasks_j, type_j \rangle$, (3)

где $name_j$ – тип работы;

$Tasks_j = \{task_{jt}\},\ t = \overline{1,T}$ – множество данных о заданиях (7);

$type_j$ – тип противника.

Множество данных об игровом мире:

$Word = \langle dif, tdetails \rangle$, (4)

где dif – уровень сложности;

$tdetails$ – степень детализации подсказок.

Множество данных об инвентаре игрока:

$invP_k = \langle inameP_k, icount_k \rangle$, (5)

где $inameP_k$– имя ресурса, имеющегося у игрока, (8);

$icount_k$ – количество ресурса в инвентаре игрока;

Задание, выданное игроку, представляет собой:

$Stasks = \langle task, rezult, countBattle \rangle$, (6)

где *task* – элемент множества заданий (противников) (3);

$rezult$ – результат выполнения задания, набранный балл;

$countBattle$ – количество попыток выполнения задания;

Элемент множества данных о заданиях это:

$task_{jt} = \langle tstype_{jt}, tssrc_{jt}, anws_{jt}, tstime_{jt} \rangle$, (7)

где $tstype_{jt}$ – тип задания, элемент множества типов заданий *Type*;

$tssrc_{jt}$ – текст задания;

$anws_{jt}$ – правильный ответ;

$tstime_{jt}$ – время на выполнение задания.

Элементы множества инвентаря игрока являются элементами множества инвентаря игры (8):

$Inv = \langle iname, icount \rangle$, (8)

где $iname$ – имя ресурса;

$icount$ – максимальное количество ресурса, которое может быть выдано игроку.

Приведенная математическая модель положена в основу приложения «Логика». На основе анализа программных средств для разработки обучающих игр и опыта разработчиков [1-3], для реализации были выбраны язык Visual C#, платформа Unity.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Воронин С.В. Разработка сетевой игры на C# в UNITY/ С.В. Воронин, М.Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-20 апреля 2018 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 147-149.

2 Лобец С.А. Разработка игровой программы в среде ANDROID/ С.А. Лобец, М.Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 147-149.

3 Штырков, Г. О. разработка компьютерной игры в среде c++ с использованием графической библиотеки / Г. О. Штырков, М. Е. Щелкунова

// Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 484-487.

УДК 004.4
Мухин Николай Петрович, студент; Mukhin Nikolai Petrovich
Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;
Shchelkunova Marina Evgenievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЗАДАЧА ПРОГРАММНОЙ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА КАНАЛА СОЕДИНЕНИЯ КЛИЕНТ/СЕРВЕР

THE TASK OF PROGRAMMATIC CHANNEL QUALITY CONTROL CLIENT CONNECTIONS/SERVER

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципа работы программы проверки качества соединения между клиентом и сервером.
Abstract. This work is devoted to the study of the principle of operation of the software for checking the quality of the connection between the client and the server.
Ключевые слова: проверка качества, клиет/сервер, сеть, ip, интернет, анализ соединения.
Keywords: quality control, client / server, network, ip, internet, connection analysis.

У большенства компаний по всему миру растёт потребность в создании филиалов в других насёлённых пунктах. Для взаимодействия с ними создаётся канал связи, по типу соединения клиент/сервер. Примерный вид соединения клиент/сервер показан на рисунке 1. Для постоянного наблюдения за сетью и своевременного обнаружения ошибок в сети нужно способствующее этому приложение.

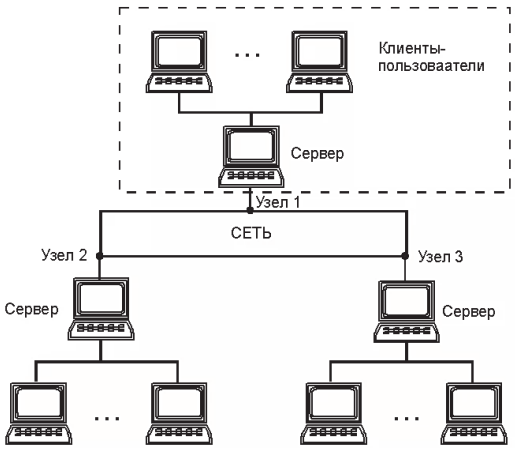


Рисунок 1 – Схема соединения клиент/сервер

Актуальность проверки качества канала соединения клиент/сервер обусловлена несколькими факторами. Первый из них – это географическое местоположение. Так как сервер и компьютер может находиться в разных городах. Второй фактор – это большие временные затраты на работу. Выполнение этих процессов самостоятельно может занять много времени. Третий фактор состоит в высокой вероятности ошибки, при проверке качества соединения. Это человеческий фактор, так как при работе с удалённо установленными серверами работник часто может ошибаться при проверке качества соединения.

Для проверки соединения клиент/сервер нужна программа с несколькими особенностями. Во-первых, программа должна быть простая и лёгкая в освоении, а значит не придётся компаниям тратить ресурсы на обучения персонала. Во-вторых, информация о соединении между компьютером и сервером должна будет анализироваться по нескольким критериям, по которым можно будет сделать выводы о работе сети. В-третьих, должна будет обеспечена быстрая проверка скорости работы соединения между клиентом/сервером.

В работах авторов [1, 2] были рассмотрены сетевые атаки на разные сети. Таким образом, можно предположить, что сеть необходимо постоянно проверять. Поэтому программа должна анализировать качество соединения и показывать пользователю информацию о том, что появилась ошибка.

Для более удобной работы с информацией, она считывается из сети и записывается в файл. В работе [3] авторами рассматривается процесс получения информации из локальной вычислительной сети предприятия.

При разработке программного обеспечения для проверки качества канала соединения клиент/сервер следует учесть основные возможности программного обеспечения: определение названия сети; предоставление IP-адреса; определение скорости соединения; анализ качества соединения; визуализация информации; ведение документации; предоставление интерфейса на русском языке. Основываясь на этой информации, в сравнении с аналогами, только разрабатываемый программный продукт будет лучше всего удовлетворять необходимым требованиям для предприятий, в которых настроена сеть и компьютеры подключены к серверам. Также стоит учитывать сложность использования некоторых аналогов, что может не подходить для некоторых предприятий, которые не хотят тратить средства на обучения персонала или открытия специализирующейся на этой сфере вакансии.

Разрабатываемый программный продукт будет удовлетворять многим требованиям – удобство в использовании, надёжность, а также будет доступным и требовательным к безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Реут, А. Д. Моделирование сетевых атак / А. Д. Реут, Н. А. Сальникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов,

аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 418-421.

2 Левичев, А. Анализ защиты беспроводных сетей на устойчивость к атакам / А. Левичев, И. А. Трещёв // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 302-305.

3 Вавиличев, И. Е. Исследование возможностей и организация снятия информации из реальной локальной вычислительной сети предприятия / И. Е. Вавиличев, Г. Ф. Вильдяйкин // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 237-238.

УДК 519.85

Тимофеев Михаил Николаевич, аспирант; Timofeev Mikhail Nikolaevich
Суслин Андрей Алексеевич, студент; Suslin Andrey Alekseevich
Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
Tambov state university of G. R. Derzhavin
Ковалева Ольга Александровна[1,2], профессор; Kovaleva Olga Aleksandrovna[1,2]
[1]Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
Tambov state university of G. R. Derzhavin
[2]Тамбовский государственный технический университет
Tambov State Technical University

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ GOOGLEAPPS И OFFICE 365 КАК НАИБОЛЕЕ ПОПУЛЯРНЫХ СЕРВИСОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ SAAS

COMPARATIVE ANALYSIS OF GOOGLEAPPS AND OFFICE 365 AS THE MOST POPULAR SERVICES BASED ON SAAS MODELS

Аннотация. В статье представлено сравнение облачных сервисов GoogleApps и Office 365 по следующим характеристикам: почтовый сервис; размер хранилища; программное обеспечение онлайн; хранилище документов; работа с мобильных устройств; видеоконференция; «облачный» внешний доступ к документам и совместная работа с ними.

Abstract. The article presents a comparison of cloud services GoogleApps and Office 365 for the following characteristics: the postal service; storage size; online software; storage of documents; work from mobile devices; videoconference; "Cloud" external access to documents and collaboration with them.

Ключевые слова: информационные технологии, облачный сервис, Software as a Service (SAAS).
Keywords: information technology, cloud service, Software as a Service (SAAS).

В настоящее время существует большое количество облачных технологий на основе таких систем как IAAS, PAAS и SAAS

Software as a Service (SAAS) - программное обеспечение как сервис. Основная и самая распространенная услуга, предоставляемая в рамках облачных технологий, обеспечивающая доступ и возможность использования программных продуктов без их установки и настройки на используемой клиентом машине. К основным достоинствам SAAS систем следует отнести техническую сторону, обслуживание и поддержку которой обеспечивает компания, которая предоставляет услуги и контроль процессов - возможность получения удаленного доступа без территориальных ограничений [1].

Не смотря на то, что имеется целый класс приложений, который всеми причисляется к SaaS (например, онлайн-версии офисного ПО, онлайновые CRM-системы, и др.), точного определения что такое SaaS нет. Сложно понять, где именно находится та граница, которая отделяет динамический веб-сайт от полноценного SaaS-приложения, если такая граница вообще существует.

Примером модели обслуживания SAAS является GoogleApps, SalesForce.Com, Webex, Office 365; для почты пользователей - Gmail, Hotmail; для пользовательских изображений - Flickr, Picasa [2]. Сравнительная характеристика самых известных сервисов представлена в таблице 1

Таблица 1 - Сравнение самых известных моделей SAAS (Составлено по данным [3-4])

	GoogleApps	Офис 365
Стоимость, $ / пользователя / мес	5,10	5
Почтовый сервис, ГБ	Gmail, 30	Обмен, 50
Размер хранилища, ГБ	20	7
Программное обеспечение онлайн	DOCX ,. XLSX ,. PPTX	Документы, Таблицы, Презентации
Хранилище документов	Google Drive	SkyDrivePro
Работа с мобильных устройств	отличная	Средняя
Видеоконференция	до 15 участников	до 250 участников
«Облачный» внешний доступ к документам и совместная работа с ними	GoogleGroups, не требует предварительной настройки и более простой в использовании	SharePoint Online позволяет создавать полнофункциональные программы для совместной работы, требует предварительной настройки

К тому же, следует подчеркнуть, что модель SAAS по большей части используется для организаций, ведущих работу в одной области и различаются определенными классами информационных потоков и данных, или

включающих в свой состав большое количество территориально-распределенных структурных единиц. К таким организациям относятся министерства или ведомства, например Министерство просвещения РФ, Министерство внутренних дел РФ, высшие учебные заведения и другие.

Таким образом, из-за востребованности и простоты использования технология SaaS стала очень популярной, и количество таких сервисов только продолжает неуклонно расти. Также продолжается развитие в технологическом плане. SaaS становится все лучше и лучше, предлагая более совершенные и интересные идеи, учитывающие индивидуальные потребности каждого.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Papadopoulos A., Katsaros D. A-Tree: Distributed Indexing of Multi-dimensional Data for Cloud Computing Environments. Third IEEE Intl Conf. on Cloud Computing Technology and Science, 2011, pp. 407-414.
2. Chen J., Xu Y., Li Y. Research about spam page identification based on cloud computing in search service // 4th IEEE Intl Conf. on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, 2012, pp. 77–80.
3. Корнеев Н.В., Гончаров В.А. Система продаж CRM и сравнение SAAS-моделей // Техника машиностроения. - 2014. - Т. 21. - № 3 (91). - С. 60-63.
4. Фокин Д.Н. Сравнение ON-PREMIS и SAAS решения при интеграции корпоративной почты в SMB-Секторе // Новое слово в науке и практике. - 2014. - С. 156-160.

УДК 004.4

Простотина Олеся Александровна, студент; Prostotina Olesya Aleksandrovna
Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент;
Abarnikova Elena Borisovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ СТУДЕНТА»

DEVELOPMENT OF THE MOBILE APPLICATION «STUDENT'S PERSONAL ACCOUNT»

Аннотация. С развитием сферы информационных технологий появились новые возможности в плане обучения. Теперь многие студенты могут войти на образовательный ресурс, в свой личный кабинет, просмотреть учебный план, оценки, расписание и многое другое. Однако не у всех студентов может быть под рукой компьютер, чтобы получить быстрый доступ к нужной информации. Решить эту проблему позволит разработка мобильного личного кабинета.

Abstract. With the development of the field of information technology, new opportunities in terms of learning have appeared. Today, many students can log

in to the educational resource, their personal account, view the curriculum, grades, schedule, and much more. However, not all students may have a computer at hand to quickly access the information they need. The development of a mobile personal account will allow to solve this problem.
Ключевые слова: мобильное приложение, личный кабинет студента.
Key words: mobile application, student's personal account.

Понятие «Личный кабинет» уже достаточно прочно вошло в повседневную жизнь. Сейчас у многих интернет-ресурсов имеется личный кабинет, в том числе и у образовательных учреждений. Личный кабинет студента может решать множество задач, суть которых сводится к автоматизации процессов обучения, оптимизации взаимодействия студентов и преподавателей.

Однако не всегда студент имеет под рукой компьютер, чтобы зайти на образовательный ресурс, а мобильная версия сайта бывает неудобна. Решить эту проблему позволяет мобильный личный кабинет.

Решение создать мобильное приложение, а не мобильную версию сайта было выбрано поскольку мобильное приложение – это мощный инструмент, позволяющий присылать push-уведомления, работать без подключения к интернету, работать в фоне для отображения актуальной информации, не использовать браузер, нагружающий систему мобильного телефона, настроить приложение (выбрать необходимые уведомления, изменить цветовую схему, изменить шрифт и так далее), добавлять функционал, отсутствующий на сайте (например, записная книжка).

Рассмотрим данную проблему в рамках личного кабинета студента Комсомольского-на-Амуре государственного университета (КнАГУ).

Исследование двенадцати аналогов (Личный кабинет студента БГМУ, Личный кабинет студента БГУ, Личный кабинет студента СВФУ, Мой Университет, ГУТ.Расписание, Мехмат ЮФУ БРС/Расписание, УрФУ. Учеба, RTSU.STUDENTS, UrFU Guide, Расписание занятий СПбГЭУ, TMO.STUDENTS, TSU.InTime) показало, прямые аналоги отсутствуют, но несмотря на это у них были функции, которые будут полезны, поэтому эти аналоги можно использовать в качестве прототипов (аналоги под номером 9, 10, 11) (таблица 1).

Таблица 1 – Обзор аналогов

Характеристика / номер аналога	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Общая информация о студенте	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Карта университета	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Записная книжка	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Информация о дополнительных курсах	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Учебный план	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
Сообщения из личного кабинета	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Новости университета	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
Расписание занятий	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Настройки приложения	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-
Обратная связь	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-
Помощь начинающему пользователю	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Используется как прототип	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-

Таким образом, было принято решение о разработке собственного приложения, использующего двухуровневую архитектуру по типу «Клиент сервер» (рисунок 1). Сервер отвечает на клиентские запросы напрямую.

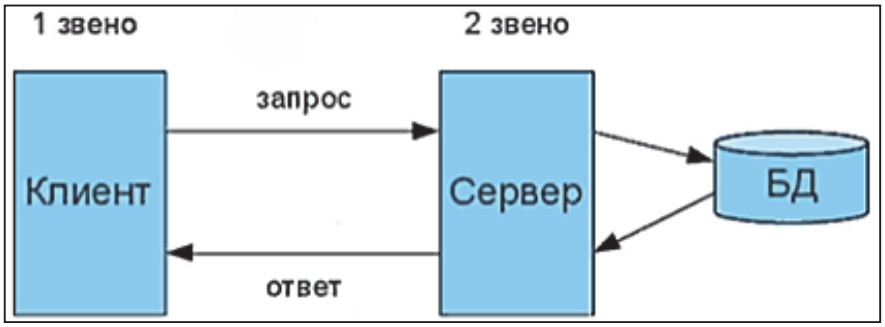


Рисунок 1 – Архитектура «Клиент-сервер»

При разработке интерфейса была выбрана модель, представленная на рисунке 2. В окне входа студент вводит логин и пароль, нажимает кнопку Войти. Если войти не удалось, будет выведено сообщение об ошибке. Если вход успешно выполнен, то открывается следующее окно, которое меняет фрагменты в зависимости от функций, выбранных в выдвижной панели («Обо мне», «Карта университета», «Мои курсы», «Записная книжка», «Учебный план», «Расписание занятий», «Новости», «Объявления», «УМ обеспечение», «Настройки», «Помощь», «Выход»). Если пользователь выбрал пункт из выдвижного меню «Обо мне», то откроется фрагмент с заголовком «Обо мне» с информацией о студенте. Если пользователь выбрал пункт из выдвижного меню «Объявления», то откроется фрагмент с заголовком «Объявления» с текущими объявлениями, разделенными по группам с помощью выпадающего списка («Для группы», «Для факультета», «Для всех»).

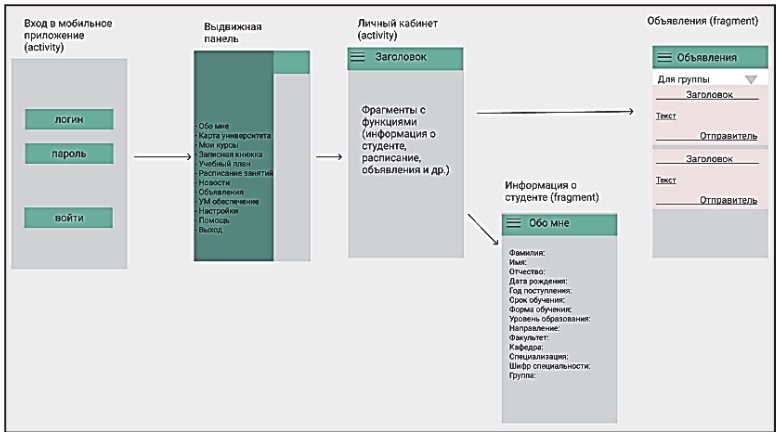


Рисунок 2 – Интерфейс приложения

Для разработки мобильного приложения будет использоваться Android Studio и SQLite.

Приложение будет использоваться студентами КнАГУ для просмотра информации из личного кабинета. Студент сможет просмотреть общие сведения, карту университета с метками корпусов, рабочий учебный план,

расписание группы, успеваемость по дистанционным курсам, воспользоваться записной книжкой, прочитать объявления, новости, скачать учебно-методическое обеспечение, настроить внешний вид приложения, обратиться в поддержку, изучить руководство по работе с приложением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Клиент-серверная архитектура.
URL: https://habr.com/ru/post/495698/ (Дата обращения: 14.03.2021).
2 Как создать приложение для Android самому.
URL: https://geekbrains.ru/posts/kak-sozdat-prilozhenie-dlya-android-samomu (Дата обращения: 14.03.2021).
3 Архитектура мобильного клиент-серверного приложения.
URL: https://habr.com/ru/post/246877/ (Дата обращения: 14.03.2021).

УДК 004.272.42
Скрипко Анастасия Андреевна, студент; Anastasia Skripko
Кутузов Денис Валерьевич, канд. техн. наук, доцент; Denis Kutuzov
Осовский Алексей Викторович, канд. техн. наук, доцент; Alexey Osovsky
Астраханский государственный технический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ «СЕТЬ-НА-КРИСТАЛЛЕ» ДЛЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ 5G/6G

PROSPECTS OF NETWORK-ON-CHIP TECHNOLOGY FOR 5G / 6G COMMUNICATIONS

Аннотация. Работа посвящена исследованию перспектив применения технологии «сеть-на-кристалле» (Network-on-Chip, NoC) для применения в сетях связи будущих поколений 5G/6G. В статье отмечены важные достоинства технологии NoC.
Abstract. Our article is devoted to the study of the prospects for the application of Network-on-Chip (NoC) technology for use in communication networks of future generations 5G / 6G. We have described the important advantages of NoC technology.
Ключевые слова: сеть на кристалле, коммутатор, 5G/6G.
Keywords: NoC, Switch Fabric, 5G/6G.

Сети 6G проектируются в целях интеграции телекоммуникационных, навигационных, мультимедийных сетей, которые требуют высокоскоростного подключения. Сети следующего поколения, включая 6G и IoT, были предложены для предоставления неограниченных сетевых возможностей клиентам в пределах города [1]. В настоящее время количество умных устройств IoT стремится к пятидесяти миллиардам. Поэтому можно перечислить тенденции [2] , определяющие технологию 6G:

1) увеличение объема информации, расширение спектра, увеличение надежности;

2) она требует эффективности использования спектра не только на единицу площади, но и на единицу объёма, а также учёта эффективности использования энергии;

3) широкое использование активных интеллектуальных поверхностей и сред: стены, дороги и целые здания;

4) переход от централизованной обработки «больших» данных к децентрализованной обработки «небольших» данных;

5) переход от самоорганизующихся сетей (SON) к самоподдерживающимся сетям (SSN);

6) конвергенция коммуникаций, вычислений, управления, локализации и зондирования (3CLS);

7) расширение состава абонентских устройств за счет устройств расширенной реальности (XR, extended reality) и интерфейсов мозг-компьютер (brain–computer interface, BCI), а также умных имплантов, чьи сенсоры могут принимать прямые сигналы от органов чувств человека;

8) расширение использования искусственного интеллекта как для обработки данных пользователей, так и для управления самой сетью 6G.

Таблица 1 – Сравнение технологий 5G/6G

Характеристика	**5G**	**6G**
Тип приложений	eMBB, URLLC, mMTC	Приложения 5G и новые MBRLLC, mURLLC, HCS, MPS
Тип устройств	Смартфоны, Сенсоры, Дроны	Sensors and DLT devices CRAS; XR and BCI equipment; Smart implants
Скорость	1 Гбит/с	1 Тбит/с
Задержка end-to-end	5 мс	<1 мс
Время отклика	100 нс	10 нс

На наш взгляд, эти тенденции развития 6G могут быть реализованы на технологической платформе «сеть-на-кристалле» NoC. Уже сейчас имеется позитивный опыт использования технологии NoC для обработки данных. Так в работе [3] обсуждается проблема построения коммуникационных средств центров обработки данных. В ней сделан вывод о хороших перспективах внедрения NoC в коммуникационные средства дата-центров. В исследовании [4] также отмечается, что технологии «система-на-кристалле» (SoC), широко использующейся в современной аппаратуре, и имеющая топологию шины, не всегда справляется с быстрой обработкой данных. К ее недостаткам можно отнести то, что она не обладают высокой пропускной способностью, управление в SoC обычно централизованное, топология шины плохо масштабируется. Мы также отдаем предпочтение распараллеливанию и децентрализации процесса установления соединений в коммутационных системах, так в [Kutuzov-C004-2009] определены возможности параллельной коммутации, проведена верификация работы посредством классической и иерархической раскрашенной сети Петри (CPN) [5].

Децентрализация процесса установления соединений в коммутационных системах обладает следующими преимуществами [6]: позволяет гибко распределять входной трафик; выполнять распределенный арбитраж; гибко масштабировать коммутационную систему; позволяет повысить надежность, давая возможность реконфигурировать коммутационную матрицу в случае неисправностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ghorbani, M. S. Mohammadzadeh and M. H. Ahmadzadegan, "Modeling for Malicious Traffic Detection in 6G Next Generation Networks," 2020 International Conference on Technology and Entrepreneurship - Virtual (ICTE-V), San Jose, CA, USA, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICTE-V50708.2020.9113777. url: https://ieeexplore.ieee.org/document/9113777

2 W. Saad, M. Bennis and M. Chen, "A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems," in IEEE Network, vol. 34, no. 3, pp. 134-142, May/June 2020, doi: 10.1109/MNET.001.1900287. https://ieeexplore.ieee.org/document/8869705

3 F. Hassen, L. Mhamdi, “A New Paradigm to Build Scalable Packet-Switches for Data Center Networks”, 2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), doi: 10.1109/GLOCOM.2018.8647295 https://ieeexplore.ieee.org/document/8647295.

4 B. K. Monika, S. K. Amaresha and S. S. Yellampalli, "ASIC implementation of switch architecture used in NoC," 2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon), Bangalore, 2017, pp. 758-761, doi: 10.1109/SmartTechCon.2017.8358473. https://ieeexplore.ieee.org/document/8358473

5 Kutuzov D., Osovsky A., Stukach O., Starov D. “CPN-based model of parallel matrix switchboard” Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies, MWENT 2018. doi: 10.1109/MWENT.2018.8337180. https://ieeexplore.ieee.org/document/8337180.

6 D. Kutuzov, O. Stukach, D. Starov and A. Osovsky, "Decentralized Control of Switching Elements in the Intra-Chip Network-on-Chip Routers," 2020 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT), Moscow, Russia, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/MWENT47943.2020.9067467.
https://ieeexplore.ieee.org/document/9067467

УДК 004.4
Соколов Михаил Витальевич, студент; Sokolov Mikhail Vitalievich
Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;
Shchelkunova Marina Evgenievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ПО ВЕДЕНИЮ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ

DEVELOPMENT OF AN ONLINE STORE FOR A HEALTHY LIFESTYLE

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципа создания интернет-магазина и его публикации в интернете.
Abstract. This work is devoted to the study of the principle of creating an online store and its publication on the Internet.
Ключевые слова: разработка, спроектировать, сайт, интернет-магазин, HTML, Java Script.
Keywords: development, design, website, internet-shop, HTML, Java Script.

В последние несколько лет все больше и больше людей начинают придерживаться здорового образа жизни. Но многие столкнулись с проблемой большого разнообразия предложений со стороны производителей продуктов питания, из-за чего нельзя точно знать, чем можно питаться наиболее эффективно для поддержания здорового образа жизни.

Поэтому является актуальной разработка сайта интернет-магазина по продаже рекомендаций по питанию, рецептов, хитростей жизни, привычек для ведения здорового образа жизни, плана тренировок. На данном сайте пользователь сможет узнать, как необходимо питаться и какие привычки привить, чтобы можно было контролировать свое тело в необходимом состоянии.

Для повышения продаж продукции магазина востребовано создание интернет-магазина здорового образа жизни.

Целью работы является повышение осведомленности клиентов о продукции магазина, путем создания интернет-магазина.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить аналоги интернет-магазинов ведения здорового образа жизни;
- провести обзор и выбрать платформу для построения интернет-сайта;
- спроектировать интернет-магазин, посвященный здоровому образу жизни человека;
- протестировать интернет-магазин.

Для решения поставленной цели был проведен анализ существующих разновидностей интернет-магазинов посвященных здоровью человека, в поис-

ке популярного оформления интерфейса, функционала, дизайна. Подобными сайтами являются сайты lifesum.com (рисунок 1) и yazio.com (рисунок 2).

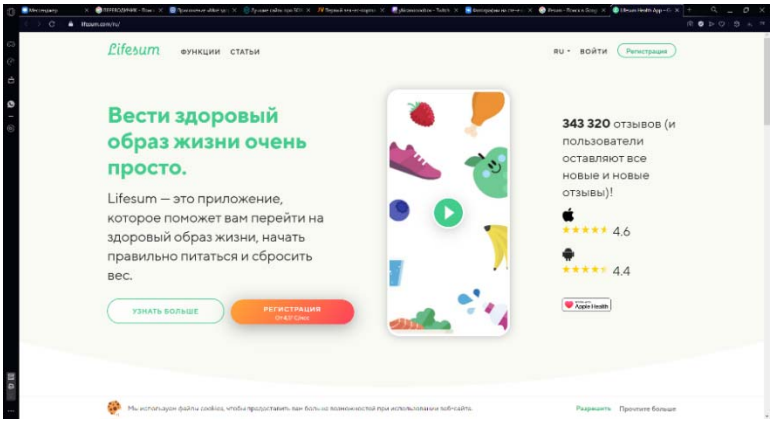


Рисунок 1 – Сайт lifesum.com

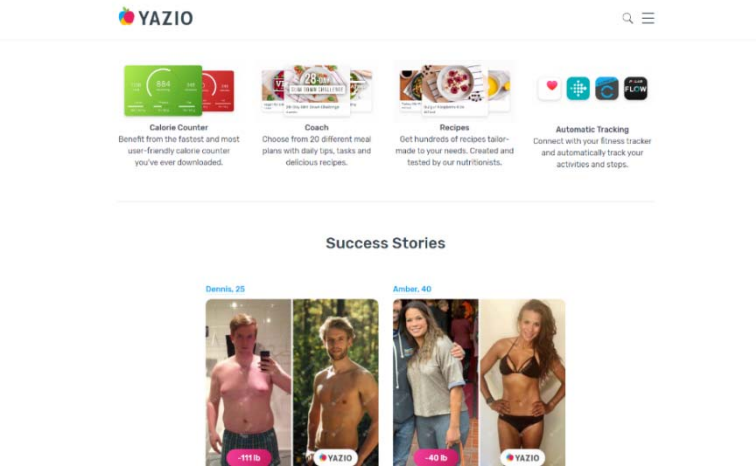


Рисунок 2 – Сайт yazio.com

Сравнение аналогичных сайтов с разрабатываемым сайтом интернет-магазина приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик

Сравнительные характеристики	YAZIO	Lifesum	Свое решение
Современный дизайн	-	+	+
Рецепты	-	+	+
Диеты	+	+	+
Рекомендации	+	+	+
Напоминания	+	+	+
Детское меню	-	-	+
Количество калорий	-	-	+

Сайт будет разработан с помощью языков HTML, CSS, Java Script. При выборе технологий и средств разработки сайта был учтен опыт авторов [1, 3, 5, 6].

HTML – стандартизированный язык разметки веб-страниц во Всемирной паутине. При разработке сайта с его помощью будет разработана разметка и содержание страниц веб-приложения.

CSS – формальный язык описания внешнего вида веб-страницы, написанного с использованием языка разметки, чаще всего HTML или XHTML. В рассматриваемой разработке с его помощью будет задан дизайн страниц веб-приложения, а именно шрифт, размер текста, цвет текста, фона, форм, отступ между элементами страниц.

Java Script обычно используется как встраиваемый язык для программного доступа к объектам приложений [2, 4]. С его помощью будет разработана анимация элементов управления сайта ведения здорового образа жизни, которая улучшит визуальное восприятие сайта потенциальным клиентом.

Платежи на сайте будут осуществляться при помощи сервиса онлайн-платежей Fondy, который позволяет принимать оплату с банковских карт и других платежных систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ли, Шучжань Разработка сайта для мебельного салона / Шучжань Ли, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 305-307.

2 Баранова, С. В. Разработка сервиса получения онлайн-услуг по технологическому присоединению к инженерным сетям регионального сегмента / С. В. Баранова, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 221-224.

3 Ходжазода, Н. Н. Разработка сайта туристической компании / Н. Н. Ходжазода, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 405-407.

4 Яминский, И. А. Разработка Web – приложения для товарищества собственников недвижимости / И. А. Яминский, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 425-428.

5 Неверов, Р. Н. Разработка информационного сайта для спортивной организации / Р. Н. Неверов, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Ком-

сомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 366-368.

6 Буянов, А. В. Разработка Web – приложения для агентства недвижимости / А. В. Буянов, А. Н. Петрова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской науч.-техн. конф., Комсомольск-на-Амуре, 09-20 апреля 2018 г. : в 2 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – Ч. 2. – С. 144-146.

УДК 004.942

Тихомиров Владимир Александрович, кандидат технических наук, профессор;
Tikhomirov Vladimir Aleksandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА

MATHEMATICAL MODELING WHEN DEVELOPING THE SOFTWARE COMPLEX FOR CONTROL OF A FREE INERTIAL NAVIGATION SYSTEM OF AIRCRAFT

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению вопроса математического моделирования входного потока данных при проверке и тестировании бортовой навигационной системы самолета.
Abstract. This work is devoted to the consideration of the issue of mathematical modeling of the input data stream when checking and testing the onboard navigation system of an aircraft.
Ключевые слова: траектория полета, программные функции, математическая модель.
Keywords: flight path, program functions, mathematical model.

Существует специальное программное обеспечение (ПО), называемое «имитатор бесплатформенной инерциальной навигационной системы самолета (БИНС)», позволяющее проводить начальное тестирование работоспособности бортового навигационного комплекса самолета в ангаре – без подъема самолета в воздух.

Для функционирования названного ПО требуется разработка набора математических моделей, закладываемых в БИНС для выработки потока данных, моделирующих полет самолета.

Ниже приводится полная математическая модель расчета динамики полета самолета, закладываемая в имитатор БИНС, при моделировании задачи «возврат на аэродром».

Модель задачи «возврат на аэродром»

Исходными данными для задачи «возврат на аэродром» является массив точек траектории возврата, которую система получает из геометрического построителя траекторий. Геометрический построитель, на основе заданной точки начала режима «возврат» (точка задается как широта-долгота точки) и заданной скорости в этой точке, производит расчет траектории возврата, исходя из правил полета и организации маневра захода на посадку на аэродром Заказчика. Траектория возврата формируется из двух видов отрезков: прямолинейных и дугообразных, связанных между собой точками фиксации, в которых задается расчетная скорость (по траектории) самолета (рис.1):

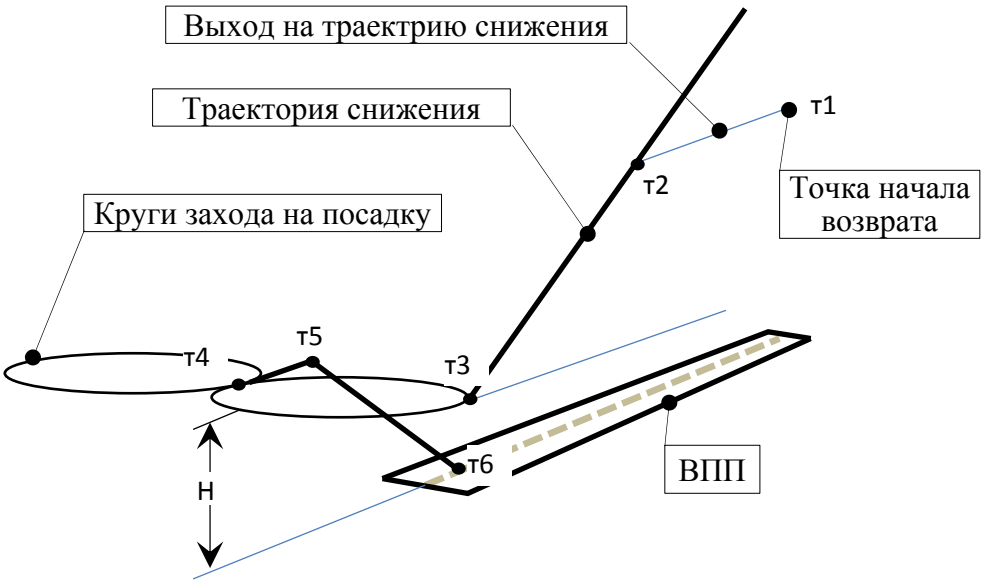


Рисунок 1 – Состав кривых и фиксированных точек, входящих в задачу «возврат на аэродром»

Перечисленные кривые и фиксированные точки подаются в виде связного списка, по которому можно рассчитать координаты любой точки траектории, траекторную скорость в ней и кривизну траектории. Рассчитанные величины подаются на вход модели динамики полета самолета по траектории в виде массива данных, примерный вид которого представлен в таблице

Таблица 1 – Входные данные для модели расчета динамики полета самолета при возврате на аэродром

Промежуток времени между точками t (сек)	Север	Высота	Восток	Скорость, м/с	Кривизна траектории (1/м)
	X (м)	Y (м)	Z (м)		
10	40000,00	5000,00	62000,00	222,00	0
10	38515,48	5000,00	60349,37	222,00	0
10	37030,96	5000,00	58698,73	222,00	0
10	35546,44	5000,00	57048,10	222,00	0
…	…	…	…	…	…

В таблице, координаты точек заданы в системе координат с началом в центре ВПП аэродрома возврата. Ось X направлена на север, ось Y – высота полета, а ось Z – направлена на восток.

Математическая модель расчета параметров при движении ЛА по траектории

По условиям задачи известна траектория движения ЛА относительно стартовой (нормальной) системы координат (рис. 2), состоящая из пяти, практически самостоятельных участков:

1. Движение по прямой в горизонтальной плоскости на высоте H=5000.0 м. с постоянной скоростью V= const;

2. Снижение самолета по прямой под постоянным углом траектории полета к горизонту θ=const от скорости V=222 м/с на начальном участке до V= 114.35 м/с на конечном участке;

3. Разворот ЛА в горизонтальной плоскости при θ=0 с постоянным радиусом кривизны (1/R=0.00025 1/м)| на переменный угол Ψа практически на 180° градусов со снижением скорости от V=114,35 м/с до V=100,11 м/с;

4. Движение по прямой в горизонтальной плоскости на высоте H=650.0 м. с переменной скоростью от V=100.11м/с вначале отрезка пути доV=83.0 м/с в конце отрезка пути;

5. Дальнейшее снижение самолета с уменьшением скорости от V=83.0 м/с до V=70,75 м/с по прямолинейной траектории (Ψ=const, θ= const) до начала касания взлетно-посадочной полосы.

На рис. 2 траектория полета представлена в проекциях на плоскости OXgZg и OYgZg. При этом ось OYg для наглядности траектории условно сопряжена с осью OXg.

Требуется определить следующие параметры движения:

Ускорение вдоль продольной оси;

1. Ускорение вдоль боковой оси;
2. Ускорение вдоль вертикальной оси;
3. Угловая скорость вокруг продольной оси;
4. Угловая скорость вокруг боковой оси;
5. Угловая скорость вокруг вертикальной оси;
6. Крен инерциальный;
7. Тангаж инерциальный;
8. Приращение квазиугла по продольной оси БИНС
9. Приращение квазиугла по вертикальной оси БИНС
10. Приращение квазиугла по боковой оси БИНС
11. Приращение квазискорости по продольной оси БИНС
12. Приращение квазискорости по вертикальной оси БИНС
13. Приращение квазискорости по боковой оси БИНС
14. Ускорение вертикальное

Решение задачи будет осуществляться с использованием уравнений движения ЛА, которые могут быть составлены только на основе определенной системы отсчета (системы координат).

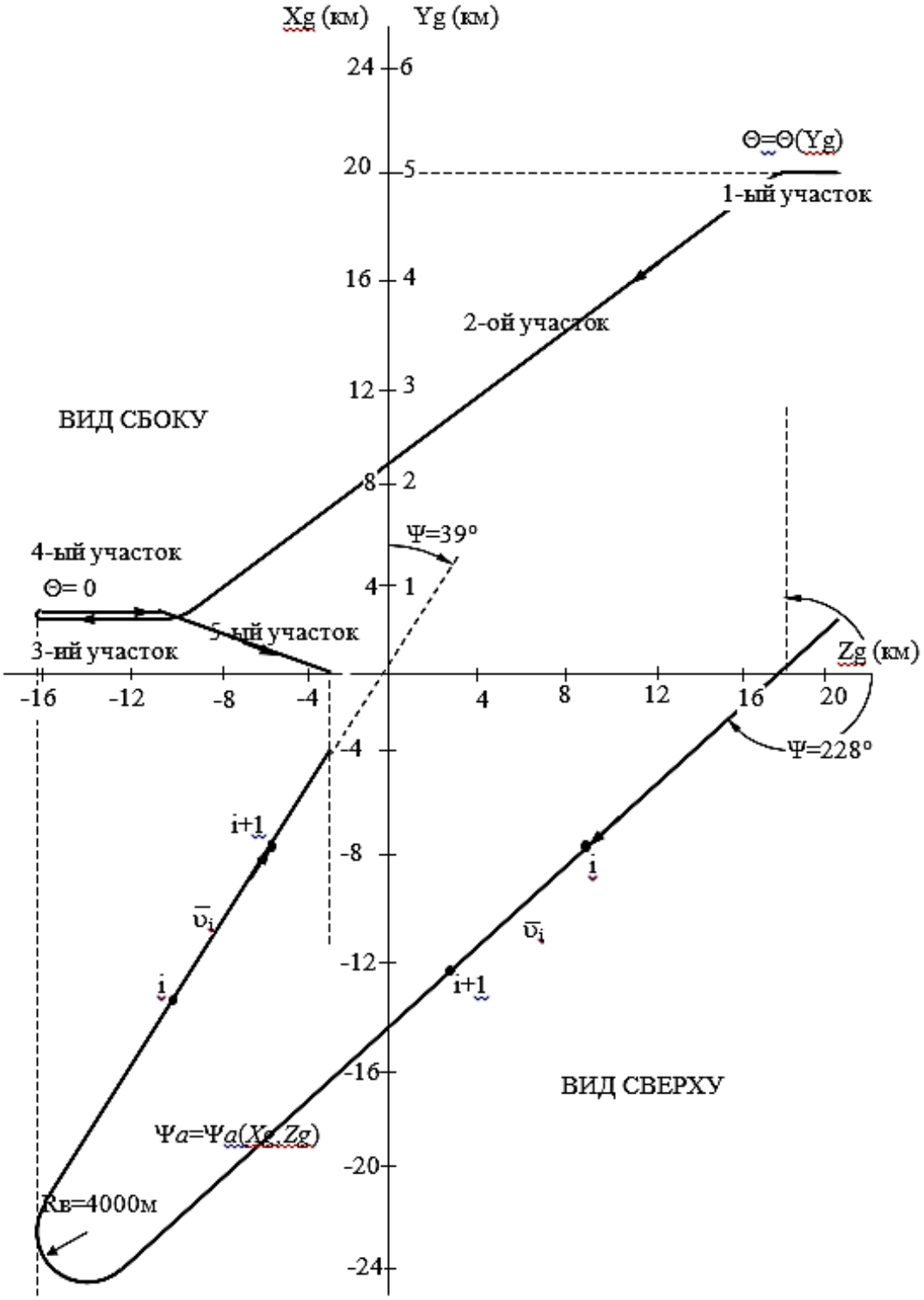


Рисунок 2 - Траектория захода на посадку

Выбор систем координат является произвольным и диктуется соображением простоты записи уравнений для решения конкретных задач.

Все системы координат, используемые нами в соответствии с ГОСТом 20058-80 являются правыми.

При задании уравнений движения и определения ускорений, скоростей и перемещений, систему координат, используемую в качестве системы отсчета, будем связывать с Землей.

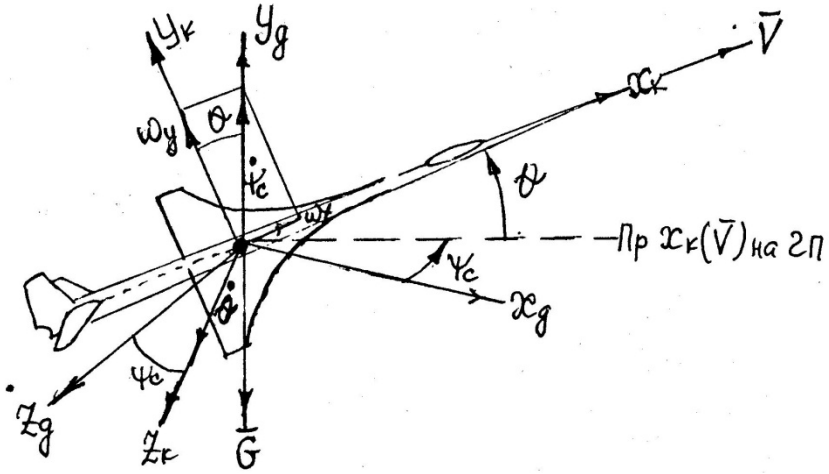
Для характеристики системы координат (отсчета) необходимо задать положение начала координат, некоторое опорное направление и основную плоскость.

В общем случае при движении ЛА с большими скоростями M>5…6, при определении ускорений, скоростей и перемещений систему координат, используемую в качестве системы отсчета удобно связывать с Землей с учетом ее вращения или инерциальной системой отсчета. Такая система отсчета называется траекторной.

В этой системе, в дальнейшем, будут записываться уравнения движения ЛА. Оси координат будут обозначаться через индекс к: Oxkykzk

Ось Oxk траекторной системы координат (рис. 3) направлена вперед по вектору скорости самолета относительно Земли (земной скорости - $\vec{V}$). Земная скорость связана с воздушной соотношением $\vec{V}k = \vec{V}_{возд} + \vec{W}$, где $\vec{W}$ - вектор скорости ветра. В дальнейшем будем предполагать, что $\vec{W}$=0. В этом случае земная и воздушная скорости совпадают $\vec{V}k = \vec{V}_{возд}$, соответственно.

$\Psi_a = \Psi$. Ось Oyк лежит в вертикальной плоскости и направлена вверх от поверхности Земли. Ось Ozк образует правую систему координат. По отношению к нормальной или стартовой траекторная система повернута на углы $\Psi_a = \Psi_c$ и θ. В дальнейшем, при расчетах индексы «с» и «а» у Ψ опустим.

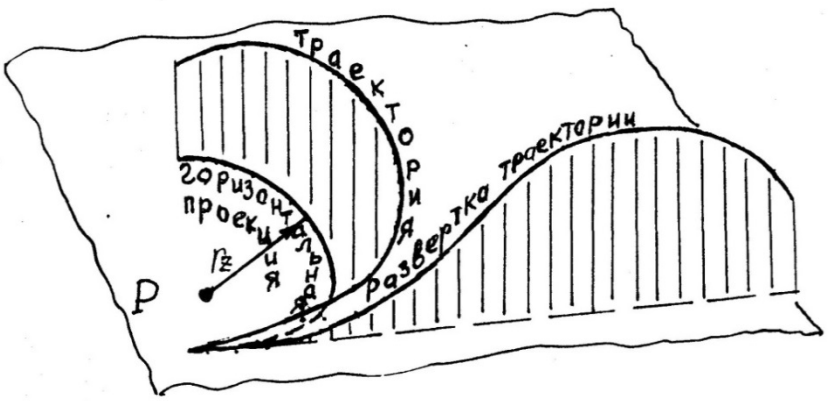


Oxgzg - местная горизонтальная плоскость;

Oxkyk - вертикальная плоскость, содержащая вектор скорости $\vec{V}$.

Рисунок 3 - Ориентация траекторной системы координат Oxyz (Oxkykzk) относительно нормальной подвижной Oxgygzg

Выбранная система координат позволяет однозначно определять форму и положение любой пространственной траектории относительно Земли путем задания только двух ее проекций - горизонтальной и видом траектории в плоскости развертки (см. рис. 4) [6].



P - горизонтальная плоскость.

Рисунок 4 - Траекторная система координат

Действительно, изобразим траекторию в плоскости развертки (рис.8), а затем эту плоскость расположим в виде вертикальной цилиндрической поверхности, имеющей в качестве направляющей горизонтальную проекцию траектории, в итоге получим пространственную траекторию движения.

Если в качестве подвижной системы координат принять траекторную (Oxkykzk), то в этом случае вектор скорости $\vec{V}$, в силу того, что его направление совпадает с направлением оси Oxk (Oxa), имеет проекции $\vec{V}$ (Vxk,0,0).

Соответственно и производная от вектора скорости имеет проекции

$$\dot{V} = \dot{V}(\dot{V}\text{xk},0,0).$$

При движении центра масс траекторная система координат вращается относительно нормальной с угловой скоростью $\vec{\omega}$, проекции которой на оси Oxkykzk записываются в виде:

$$\omega_{xk} = \dot{\psi}_a \cdot Sin\,\theta;$$

$$\omega_{yk} = \dot{\psi}_a \cdot Cos\,\theta;$$

$$\omega_{zk} = \dot{\theta}$$

По аналогии проекции силы веса на эти оси запишутся в форме

$$G_{xk} = -G \cdot Sin\,\theta$$

$$G_{yk} = -G \cdot Cos\,\theta$$

$$G_{zk} = 0$$

Угол пути $\Psi_c = \Psi_a$ –это угол между проекцией $\vec{V}$k на местную горизонтальную плоскость и направлением Oxg, угол наклона траектории θ - это угол между вектором $\vec{V}$k и местной горизонтальной плоскостью Oxgzg.

Траекторная система координат используется при расчете движения самолета относительно стартовой (земной) системы координат.

Для расчета параметров движения ЛА используем систему уравнений, записанную в траекторной системе координат [1, 2] в предположении, что угол β и боковая перегрузка nz равны нулю (нет скольжения и отсутствуют органы непосредственного управления боковой силой - ОНУБС)

$$\frac{1}{g}\frac{dV}{dt}=n_{xa}-Sin\theta \quad (1)$$

$$\frac{V}{g}\frac{d\theta}{dt}=n_{ya}\cdot Cos\gamma a-Cos\theta \quad (2)$$

$$-\frac{V\cdot Cos\theta}{g}\frac{d\Psi}{dt}=nya\cdot Sin\gamma a \quad (3)$$

Эти уравнения записаны в предположении, что не учитываются, как уже отмечено выше, суточное вращение Земли и ее кривизна.

Здесь

$$n_{xa}=\frac{1}{mg}\cdot(P\cdot Cos\alpha - Xa) \quad (4)$$

$$n_{ya}=\frac{1}{mg}\cdot(P\cdot Sin\alpha + Ya) \quad (5)$$

$$n_{za}=\frac{1}{mg}\cdot(-P\cdot Cos\alpha\cdot \sin\beta + Za) =0 \quad (6)$$

Сила сопротивления и подъемная сила определяются из выражений

$$Xa=0{,}5\cdot Cxa\cdot \rho V^2\cdot S \quad (7)$$

$$Ya=0{,}5\cdot Cya\cdot \rho V^2\cdot S \quad (8)$$

$$Za=0{,}5\cdot Cza\cdot \rho V^2\cdot S =0$$

В уравнениях движения перегрузки и составляющие аэродинамических сил представлены в скоростной системе координат.

Соответственно,

$$\omega_{xk}=\frac{d\Psi}{dt}\cdot Sin\theta$$

$$\omega_{yk}=\frac{d\Psi}{dt}\cdot Cos\theta$$

$$\omega_{zk}=\frac{d\theta}{dt}$$

Обозначим ускорение в направлении оси Xk траекторной системы координат, как $\vec{a}$ xk

$$\vec{a}_{xk}=\frac{d\vec{V}}{dt} \quad (9)$$

По условиям задачи известными (заданными) относительно стартовой (нормальной) системы координат в конкретные моменты времени являются отрезки путей (определяют направление векторов скорости на каждом отрезке), углы θ и Ψ, а также время прохождения отрезков пути равного t=10 сек.

Величины отрезков пути dl определяем по значениям координат траектории в стартовой (земной) системе координат в виде

$$\Delta li=\sqrt{[(Xg(i+1)-Xgi)]^2+(Yg(i+1)-Ygi)^2+(Zg(i+1)-Zgi)^2}$$

Величину ускорения $\vec{a}$xk определим по соотношению

$$a_{xk}=\frac{dv}{dt}=\frac{dv}{dl}\cdot\frac{dl}{dt}=v\cdot\frac{dv}{dl}=0{,}5\cdot\frac{dv^2}{dl}=0{,}5\cdot\frac{V_{i+1}^2-V_i^2}{\Delta li} \quad (10)$$

Так как по условию задачи известно время прохождения каждого отрезка пути (10 сек.), то ускорение axki может быть определено в виде

$$a_{xki}=\frac{V_{i=1}-V_i}{\Delta t_i} \quad (11)$$

здесь: $\Delta t_i = 10$ сек.

Результаты вычислений по формулам (10) и (11) дают достаточно близкие значения. В дальнейшем расчет ускорения axki будет производиться по формуле (11).

По такому же принципу определяем значения $\dot{\theta}$ и $\dot{\Psi}$

$$\dot{\theta}=\omega_{zk}=\frac{\theta_{i+1}-\theta_{i}}{\Delta t_i}$$

Аналогично:

$$\dot{\Psi}=\frac{\Psi_{i+1}-\Psi_{i}}{\Delta t_i}$$

Углы θ и Ψ на каждом отрезке определяем по значениям точек траектории полета Xg,Yg,Zg через соответствующие тригонометрические функции

$$\mathrm{Sin}\theta_{\mathrm{i}}=\frac{(\mathrm{Y_{g(i+1)}}-\mathrm{Y_{gi}})}{\Delta \mathrm{l}_{\ \mathrm{i}}}$$

Отсюда:

$$\theta_{\mathrm{i}}(\text{рад.})=\mathrm{arcSin}\left(\frac{(\mathrm{y_{g(i+1)}}-\mathrm{y_{gi}})}{\Delta \mathrm{l_i}}\right)$$

Соответственно:

$$\mathrm{Cos}\Psi\mathrm{i}=\frac{(x_{g(i+1)}-x_{gi})}{\Delta l_i\cdot\cos\theta_i}$$

Отсюда:

$$\Psi(\text{рад.})=\mathrm{arcCos}(\mathrm{Cos}\Psi\mathrm{i}) \qquad (12)$$

Расчет угла пути Ψ осуществляется при помощи двух соотношений в зависимости от способа ведения отсчета угла пути относительно оси X_g, если смотреть с конца оси Y_g.

Если положительными значениями угла Ψ считать его значения при повороте против часовой стрелки (вариант-1) от оси X_g вокруг оси Y_g, то расчет ведется по формуле

$$\Psi(\text{рад.})=2\cdot\pi\cdot n+(-1)^n\cdot arcCos(\mathrm{Cos}\Psi\mathrm{i}) \qquad (13)$$

Значения n ограничены следующими условиями:

если $(z_{g(i+1)}-z_{gi})$<0, то n=0,

если $(z_{g(i+1)}-z_{gi})$ >0, то n=1,

и последняя формула (13), соответственно, приобретает вид

$$\Psi(\text{рад.})=arcCos(\mathrm{Cos}\Psi\mathrm{i}) \qquad n=0$$

$$\Psi(\text{рад.})=2\cdot\pi-arcCos(\mathrm{Cos}\Psi\mathrm{i}) \quad n=1$$

В случае, если положительными значениями угла Ψ (12) считать их значения при повороте по часовой стрелке от оси X_g вокруг оси Y_g(рис. 1), то расчет ведется по формуле (вариант-2)

$$\Psi(\text{рад.})=2\cdot\pi\cdot(1-n)-(-1)^n\cdot arcCos(\mathrm{Cos}\Psi\mathrm{i})$$

с теми же ограничениями по коэффициенту n.

В последующих расчетах в качестве углов Ψа будут использоваться углы, полученные по варианту-2.

В этом случае во всех зависимостях и в таблице направляющих косинусов знак угла пути Ψ и его производной $\dot{\Psi}$ меняются на противоположные, а изменение угла Ψ будет отсчитываться по часовой стрелке от оси X_{gi}, если смотреть с конца оси y_{gi}.

Определим величины углов крена γ_a, а также тяги P. Для этого воспользуемся системой уравнений (1-3).

Для определения угла крена γ_a поделим выражение (3) на выражение (2) предварительно перенеся в формуле (2) $\cos\theta$ в левую часть

$$\text{tg}\,\gamma_a=\frac{\dot{\Psi}\cdot\cos\theta}{\dot{\theta}+\frac{g}{V}\cdot\cos\theta}$$

Отсюда:

$$\gamma_a=\text{arctg}\left(\frac{\dot{\Psi}\cdot\cos\theta}{\dot{\theta}+\frac{g}{V}\cdot\cos\theta}\right)\text{ (рад.)}$$

Для определения угла атаки α_a умножим соотношение (2) на $\cos\gamma_a$, а соотношение (3) на $\sin\gamma_a$ и, сложив их друг с другом, получим:

$$n_{ya}=\frac{V\cdot\cos\gamma_a}{g}\cdot\left[\left(\frac{V\cdot\dot{\theta}+g\cdot\cos\theta}{V}\right)+\dot{\Psi}\cdot\cos\theta\cdot tg\gamma_a\right] \quad (14)$$

С другой стороны, как видно из (5) величина перегрузки n_{ya} записывается в виде

$$n_{ya}=\frac{1}{m\cdot g}\cdot(P\cdot\sin\alpha+Y_a)=\frac{1}{m\cdot g}\cdot(P\cdot\sin\alpha+C_y^{\propto}\cdot\alpha\cdot 0{,}5\cdot\rho\cdot v^2\cdot S)$$

Так как $P\cdot\sin\alpha_a \ll Y_a$, то приближенно примем

$$n_{ya}=\frac{Y}{G}=\frac{C_y^{\propto}\cdot\alpha\cdot 0{,}5\cdot\rho\cdot V^2\cdot S}{m\cdot g} \quad (15)$$

Подставим последнюю формулу (15) в предыдущую (14) получаем

$$\alpha(\text{рад.})=\frac{G\cdot\cos\gamma_a\bullet\left[\left(\dot{\theta}+\frac{g}{V}\cdot\cos\theta\right)+\dot{\Psi}\cdot\cos\theta\bullet tg\gamma_a\right]}{g\cdot C_y^{\alpha}\cdot 0{,}5\cdot\rho\cdot V\cdot S} \quad (16)$$

Здесь вес G летательного аппарата определяется в ньютонах (Н), плотность ρ в кг/м^3.

Определим величину тяги по траектории полета. Для этого воспользуемся соотношением (1) и с учетом выражений (4) и (7) представим его в виде:

$$\left(\frac{a_{xk}}{g}+\sin\theta\right)=\frac{(P\cdot\text{Cos}\,\alpha-C_{xa}\cdot 0{,}5\cdot\rho\cdot V^2\cdot S)}{m\cdot g}$$

Отсюда:

$$P=\frac{G\cdot\left(\sin\theta+\frac{a_{xk}}{g}\right)+0{,}5\cdot C_{xa}\cdot\rho\cdot V^2\cdot S)}{\cos\alpha} \quad (17)$$

Из формулы видно, что для оценки значений тяги P по траектории необходимо знать величину C_{xa} которая определяется полярой

$$C_{xa}=C_{xo}+A\cdot C_{yi}^2, \quad (18)$$

Здесь А-коэффициент «отвала» поляры, зависит от скорости (дозвуковая, сверхзвуковая) и ряда геометрических характеристик.

Для оценки величины тяги в качестве примера рассмотрим ЛА со следующими характеристиками:

L= 14.7 м; Sкр=62 м^2; λ=3.483; η=3.442; χ=45° по САХ; G= 220000 Н;

g= 9.81($\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$); $\rho_{H=0}=23$ ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$);

Для оценки тяги ЛА необходимо знание зависимостей $C_y = C_y(C_x)$, то есть знание поляр для различных чисел Маха ($M = \frac{V}{a_H}$).

Так как в нашем примере M<0.75, то эффект волнового сопротивления проявляет себя достаточно слабо и в первом приближении им можно пренебречь. В этом случае достаточно использовать одну (дозвуковую) поляру (18)

$$C_{xa} = C_{x0} + A \cdot C_{yi}^2.$$

По графику $C_y = C_y(\alpha)$, представленному в рамках рассматриваемого ЛА, можно найти усредненное значение C_y^α, которое в первом приближении для принятого нами примера равно C_y^α=4.3.

Соответственно, суммарный коэффициент сопротивления Схо по совокупности сопротивлений основных элементов конструкции ЛА приближенно определится значением

$$C_{xo}=0{,}022$$

Величина коэффициента «отвала» поляры А

$$A=\frac{1}{\lambda_{эфф}},$$

где

$$\lambda_{эфф} = \frac{\lambda}{\left(1 + \frac{\pi\lambda}{100} \cdot Cos^2\,\chi\right)}$$

с учетом подстановок определится значением

$$A=0.1$$

Таким образом, подставляя все необходимые величины в формулу (18) для коэффициента сопротивления C_{xa} получим

$$C_{xa} = 0.022 + 85 \cdot \alpha^2 \qquad (19)$$

Для оценки тяги Р определим значение плотности воздуха ρ по высотам от H(y_{gi})=0 до H(y_{gi}) =20000 м.

Введем понятие относительной плотности

$$\Delta=\frac{\rho}{\rho_{H=0}}$$

Используя данные для плотности из таблиц Стандартной атмосферы [7] аппроксимируем график $\Delta = \Delta\,(y_{gi})$ на рассматриваемом интервале высот зависимостью в виде

$$\Delta=\frac{\rho_i}{\rho_{H=0}} = \left[\,0{,}002 * \left(Ygi/1000\right)^2 \;-\; 0{,}086 * Ygi/1000\right) + 0{,}988\right]$$

здесь

$$0 \le Ygi \le 20000,$$

$$\rho_{H=0}=1{,}23\frac{кг}{м^3}$$

Соответственно,

$$\rho_i = \rho_0\left[\,0{,}002 * \left(Ygi/1000\right)^2 \;-\; 0{,}086 * (Ygi/1000\right) + 0{,}988\right] \qquad (20)$$

Реальные значения ρ и значения, полученные по формуле (20) на

участке $0 \leq Ygi \leq 5000$ различаются не более, чем на 5%. В итоге, используя полученные соотношения (19), (20), исходные данные, по формуле (17) определяем величину тяги P по каждому отрезку пути.

Результаты расчетов по формуле (17) представлены в таблице 1.

Определим величину ускорения axk и угловых скоростей ω_{xk}, ω_{yk}, в функции изменения углов Ψ ,θ, α, γ_a в связанной и стартовой (нормальной) системах координат, для чего воспользуемся таблицами направляющих косинусов [2], [3].

Величина ускорения по траектории a_{xk} в проекциях на оси связанной системы координат OXYZ примет вид (в предположении β=0)

$$a_x = a_{xk} \cdot \cos\alpha$$
$$a_y = -a_{xk} \cdot \mathrm{Sin}\,\alpha \qquad (21)$$
$$a_z = 0$$

Эта же величина в осях стартовой (нормальной) системы координат OXgYgZg примет вид

$$a_{xg} = a_{xk} \cdot \cos\theta \cdot \cos\Psi$$
$$a_{yg} = a_{xk} \cdot \mathrm{Sin}\,\theta \qquad (22)$$
$$a_{zg} = +a_{xk} \cdot \mathrm{Sin}\,\Psi \cdot \cos\theta$$

Угловые скорости ω_{xk}, ω_{yk}, ω_{zk} на оси, соответственно, связанной и стартовой (нормальной) систем координат (при β=0) примут вид

$$\omega_x = \omega_{xk} \cdot \cos\alpha + \omega_{yk} \cdot \sin\alpha \cdot \cos\gamma_a + \omega_{zk} \cdot \sin\alpha \cdot \sin\gamma_a$$
$$\omega_y = -\omega_{xk} \cdot \mathrm{Sin}\,\alpha + \omega_{yk} \cdot \mathrm{Cos}\,\alpha \cdot \cos\gamma_a + \omega_{zk} \cdot \mathrm{Cos}\,\alpha \cdot \sin\gamma_a \qquad (23)$$
$$\omega_z = -\omega_{yk} \cdot \mathrm{Sin}\,\gamma_a + \omega_{zk} Cos\,\gamma_a$$

$$\omega_{xg} = \omega_{xk} \cdot \cos\Psi \cdot \cos\theta - \omega_{yk} \cdot \mathrm{Cos}\,\Psi \cdot \mathrm{Sin}\,\theta - \omega_{zk} \cdot \sin\Psi$$
$$\omega_{yg} = \omega_{xk} \cdot Sin\theta + \omega_{yk} \cdot Cos\theta \qquad (24)$$
$$\omega_{zg} = +\omega_{xk} \cdot \mathrm{Sin}\,\Psi \cdot \cos\theta - \omega_{yk} \cdot \mathrm{Sin}\,\Psi \cdot \mathrm{Sin}\,\theta + \omega_{zk} \cdot \mathrm{Cos}\,\Psi$$

Данные, полученные по формулам (21)-(24) представлены в табл.

Анализ заданной траектории снижения самолета показывает, что величины

$$\omega xk = \frac{d\Psi}{dt} \cdot \mathrm{Sin}\theta$$
$$\omega zk = \frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{dt}}$$

равны нулю на всей траектории снижения. Это обусловлено тем, что на прямолинейных участках траектории снижения $\frac{d\Psi}{dt}$ =0, а на развороте θ=0, то есть Sinθ=0. Что касается величины θ, то она на всех участках траектории поддерживается постоянной, а следовательно, всюду $\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{dt}}$ =0. Таким образом в приближенных расчетах можно принимать

$$\omega_x = \omega_{yk} \cdot \sin\alpha \cdot \cos\gamma_a$$
$$\omega_y = \omega_{yk} \cdot \mathrm{Cos}\,\alpha \cdot \cos\gamma_a \qquad (26)$$
$$\omega_z = -\omega_{yk} \cdot \mathrm{Sin}\,\gamma_a$$

На прямолинейных участках ω_z=0, так как $\gamma_a = 0$.

Для стартовой (земной) системы координат, соответственно,

$$\omega_{xg} = -\omega_{yk} \cdot \mathrm{Cos}\,\Psi \cdot \mathrm{Sin}\,\theta$$
$$\omega_{yg} = \omega_{yk} \cdot Cos\theta \qquad (27)$$
$$\omega_{zg} = -\omega_{yk} \cdot \mathrm{Sin}\,\Psi \cdot \mathrm{Sin}\,\theta$$

Что касается оценки угловых скоростей ω_x, ω_y, ω_z в связанной системе координат (26), то ее можно также оценить через составляющие угловых скоростей ω_{xg}, ω_{yg}, ω_{zg} в стартовой (земной) системы координат. В этом случае будем иметь

$$\omega_x = \omega_{yg} \cdot \sin\upsilon$$
$$\omega_y = \omega_{yg} \cdot \mathrm{Cos}\,\upsilon \cdot Cos\,\gamma_a \qquad (28)$$
$$\omega_z = -\omega_{yg} \cdot \mathrm{Cos}\,\upsilon \cdot \mathrm{Sin}\gamma_a$$

здесь $\omega_{yg} = \dot{\Psi} = \frac{d\Psi}{dt}$.

В этом случае, в силу специфики траектории снижения, зависимости для получения угловых скоростей в связанной системе координат через стартовую (земную) становятся более простыми и короткими по записи, как и соотношения (27) по сравнению с формулами (23).

Сопоставление результатов по формулам (28) с соответствующими результатами, получаемыми по выражениям (23) указывает на практическую их идентичность.

В качестве дополнительной, косвенной оценки правильности результатов расчетов, представленных в таблице 1 по ряду показателей, проведем упрощенный аналитический расчет наиболее сложного участка рассматриваемой траектории – разворот самолета в горизонтальной плоскости ($\theta = 0$), в предположении отсутствия скольжения (($\beta = 0$) и в предположении, что $n_{za} = 0$, что определено условиями задачи, с известным, заданным радиусом разворота Rв=4000.0м.

Наиболее значимыми показателями на рассматриваемом участке являются углы пути Ψ и производной $\dot{\Psi}$, а также угла крена γ_a.

Проведем качественную оценку изменения угла пути по времени $\dot{\Psi} = \frac{d\Psi}{dt}$.

Примем во внимание, что разворот самолета происходит в горизонтальной плоскости на угол Ψ° = 171° с радиусом разворота Rв=4000 м. (рис. 5).

Путь, проходимый ЛА на данном угле равен

$$\Delta l = \frac{2\pi * R_в * 171}{360} = \frac{2*3{,}141*4000*171}{360} = 11937{,}3\text{м}.$$

Так как скорость на участке разворота изменяется от V1=111м/с в начале пути до V2=100 м/с в конце пути, то в качестве расчетной величины возьмем среднее значение V=105,5м/с.

Определим время разворота - t.

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{V} = \frac{11937{,}3}{105{,}5} = 113{,}15\text{с}.$$

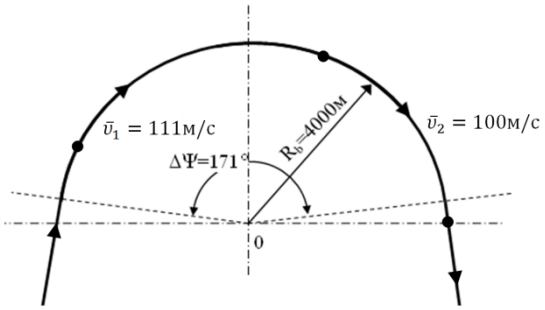


Рисунок 5 - Траектория разворота при заходе на посадку

Так как угол разворота Ψ° =171° составляет в радианах $\Psi(\text{рад.}) = 2{,}984(\text{рад.})$, то угловая скорость пути определится значением

$$\dot{\Psi}=\frac{d\Psi}{dt}=\frac{\Delta\Psi(\text{рад.})}{\Delta t}=\frac{2{,}984}{113{,}15}=0{,}02637(\text{ рад/с}).$$

Средняя величина, полученная по расчету, (табл.1) равна

$$\dot{\Psi}_{\text{ср.}}=0{,}02655\ (\text{рад./с}).$$

Таким образом, наблюдается практически полное совпадение табличных и полученных расчетных значений. Расхождение менее 0,5%.

Для оценки изменения угла крена γ_a воспользуемся дифференциальными уравнениями движения (2) и (3), которые с учетом принятых ограничений примут вид

$$n_{ya}=\frac{1}{\cos\gamma_a}$$

$$+\dot{\psi}=n_{ya}\cdot\frac{g\cdot\sin\gamma_a}{v}$$

Подставим первое выражение во второе и учтем, что разворот идет по часовой стрелке, то есть:

$$\dot{\psi}=\frac{V}{R_{\text{в}}}$$

получим:

$$\frac{v}{R_{\text{в}}}=\frac{g}{v}\cdot tg\gamma_a.$$

Отсюда:

$$tg\gamma_a=\frac{V^2}{g\cdot R_{\text{в}}}$$

Подставим значения величин для g=9.81м/c^2 и Rв=4000.0 м , получим расчетную формулу

$$tg\gamma_{\text{а}}=\frac{V^2}{39200} \qquad (29)$$

Скорость V определяется в м/с.

В качестве иллюстрации возьмем ряд скоростей, представленных в таблице1 на траектории разворота, проведем расчет γ_a по последней формуле (29), (таблица 2) и сопоставим с соответствующими углами, полученными в рамках экспериментальных данных.

Отклонение расчетных данных и полученных по формуле (25) составляет в среднем не более чем 5%.

Таким образом, решение задачи по оценке характеристик движения ЛА (см. таблицу 2) позволило определить все параметры движения, со-

гласно задания, по каждой точке траектории, а также рассчитать для конкретного прототипа ЛА такие характеристики, как углы атаки и тангажа, крена, а также величины потребной тяги.

Таблица 2 - Сравнительные данные по углу крена

Скорость V м/с	По формуле (25)		По экспериментальным данным	
	tgγa	γa(град.)	tgγa	γa (град.)
110	0.31431	17°30′	0.31917	17°45′
108.0	0.2972	16°35′	0.29641	16°35′
105.0	0.2809	15°40′	0.26588	14°55′
102.0	0.2651	14°50′	0.24974	14°05′
100.0	0.258	13°45′		

Так, расчеты показывают, что угол атаки α меняется от значения $\alpha=2{,}57^{\circ}$ на начальном, прямолинейном участке траектории до $\alpha=15{,}9^{\circ}$ на конечном участке снижения.

Угол наклона траектории полета θ на первом участке снижения равен $\theta=-7{,}0^{\circ}$, на конечном участке снижения $\theta=-3{,}5^{\circ}$.

Угол пути меняется от $\Psi=228{,}0^{\circ}$ на первом прямолинейном участке полета до $\Psi=39{,}0^{\circ}$ на последнем прямолинейном участке после разворота.

Угол крена γa на участке разворота меняется от значения $\gamma=17{,}7^{\circ}$ на начале разворота до $\gamma a=14{,}3^{\circ}$ в конце разворота.

Модификация интерфейса станции имитатора БИНС

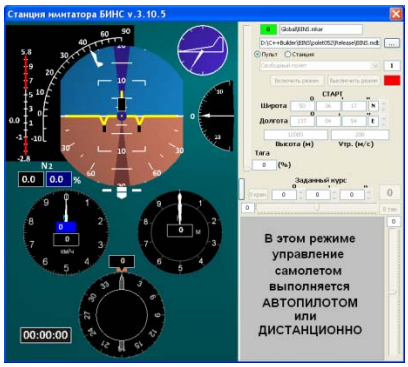
На настоящий момент интерфейс основного программного модуля – станции имитатора БИНС имеет вид, представленный на рис. 6.

Интерфейс состоит из трех панелей. Панель I содержит элементы управления станцией имитатора БИНС, обеспечивающие задание и изменение основных управляемых величин, моделирующих динамику полета самолета. Панель II – имитирует кабинный навигационно-пилотажный пульт (НПП) пилота с моделями основных приборов, отображающих, моделируемые станцией, величины динамики полета самолета. Панель III – содержит контрольные поля числовых данных динамики полета самолета, в которых, в отличии от НПП, величины динамики полета самолета отображаются в цифровом виде.

Рисунок 6 – Общий вид главного окна имитатора БИНС

На панели I имеется кнопка 1, нажатие на которую, сворачивает (убирает) панель III (рис. 6), что позволяет сэкономить место на экране компьютера, если используется аппаратура с ограниченными (малыми) размерами экрана.

а



б

а – станция имитатора БИНС;
б – дистанционный пульт управления станцией

Рисунок 7 – Интерфейс имитатора БИНС в режиме управления станцией от ручного (внешнего) пульта

При начальном включении станции имитатора БИНС, система находится в состоянии управления от внешнего дистанционного пульта (рис. 7). В качестве пульта может использоваться любое планшетное мобильное устройство (телефон, смартфон, КПК), работающее под управлением ОС Android с версией не ниже 2.28. На это устройство устанавливается созданное, в процессе выполнения данного договора, программное обеспечение [8], после чего оператор пульта может дистанционно выбирать режим работы станции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аэромеханика самолета: Динамика полета: Учебник для авиационных вузов /А.Ф.Бочкарев, В.В.Андреевский, В.В.Белоконов и др. Под ред. А.Ф.Бочкарева и В.В.Андреевского, 2-е изд. Переб. и доп. - М.:, Машиностроение, 1985. -360 с.

2 Механика полета (инженерный справочник)/С.А.Горбатенко, Э.М.Макашов, Ю.Ф.Полушкин и др. М.:Машиностроение, 1969, 420с.

3 Динамика ЛА в атмосфере /термины, определения и обозначения. ГОСТ 20058-80.

4 Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Динамика самолета. Пространственное движение. М.: Машиностроение. 1983. -320с.

5 Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Аэродинамика самолета: Динамика продольного и бокового движения. – М.: Машиностроение, 1979. -352с.

6 Тарасенков А.М., Брага В.Г., Тараненко В.Т. Динамика полета, ч.1 Траектории движения и летные характеристики. ВВИА им. Жуковского Н.Е., М.: 1972.

7 ГОСТ 4401-89 Атмосфера стандартная.

8 Tikhomirov V.A. Technology of development of component systems for visualization of information flows of multiplex information transfer channels/ Tikhomirov V.A., Ntdikov I.Y., International independent scientific journal, Kazimierza Wielkiego 34, Kraków, Rzeczpospolita Polska, 30-074, №4 2019, vol.1, p. 51-54

9 ARINC 429. Mark 33 Digital Information Transfer System. [2.3]

10 ARINC 429 — Википедия [Электронный ресурс] — Электрон. дан, 2010. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/ARINC_429, свободный. — Загл. с экрана. [2.3]

11 Архангельский А.Я. Программирование в C++ Builder / А.Я. Архангельский. – М.: Бином, 2010. – 309 с.

12 ГОСТ 18977-79. Комплексы бортового оборудования самолетов и вертолетов. Типы функциональных связей. Виды и уровни электрических сигналов – Введ 1980-01-0 – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1979. − 10 с.

УДК 681.3.06

Трещев Иван Андреевич, к.т.н., доцент «Информационная безопасность автоматизированных систем»; Treschev Ivan Andreevich
Лошманов Антон Юрьевич, к.ф.-м.н., заведующий кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем»; Loshmanov Anton Yurievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Коротких Анна Анатольевна, соискатель степени PhD;
Korotkikh Anna Anatolyevna
Школа менеджмента Харбинского технологического института, Китай,
Харбинский политехнический университет, Китай, Харбин,

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ В ЗАДАЧАХ АСИМПТОТЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ АЛГОРИТМОВ

MULTIVARIATE ANALYSIS IN PROBLEMS OF ASYMPTOTIC ESTIMATION OF SEQUENTIAL COMPOSITION OF ALGORITHMS

Аннотация. В данной работе рассмотрен подход к оценке асимптотической сложности алгоритмов полученных в результате последовательной композиции произвольного числа составных частей.

Abstract. In this paper, we consider an approach to estimating the asymptotic complexity of algorithms obtained as a result of sequential composition of an arbitrary number of components.

Ключевые слова: асимптотический анализ, анализ алгоритмов, классы ограниченных функций.

Keywords: asymptotic analysis, analysis of algorithms, classes of bounded functions.

Введение

Произвольный алгоритм фактически представляет собой суперпозицию и композицию более простых частей. Классическая теория, изложенная в [1] опирается на анализ алгоритмической сложности как функции от переменной определяющей размерность входных данных. Исследуя вопросы анализа алгоритмов с точки зрения существующей элементарной базы ЭВМ и принимая в расчет рост производительности вычислительных устройств, их аппаратной сложности следует отметить, что необходимо учитывать существенность зависимости времени работы алгоритмов не только от данных, но и от многих других параметров, как например, число ядер, число конвейеров на ядро, объем кэш памяти, разрядность вычислительного устройства и т.д. Гипотеза состоит в том, что знание о простых асимптотических оценках отдельных частей с точки зрения многомерного анализа позволит получить асимптотическую оценку итогового алгоритма полученного как композиция составных частей.

Используемые в работе обозначения приведены в [3], следует лишь учесть, что используются функции не одной, а многих переменных. Рассмотрим класс нестрого ограниченных сверху функций для нескольких измерений. Пусть:

$$f(n_1, n_2, \dots, n_m) \in O^m(g(n_1, n_2, \dots, n_m)) \Leftrightarrow f(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m(g(n_1, n_2, \dots, n_m)),$$ в смысле, что $$\exists c > 0, n_1^* > 0, n_2^* > 0, \dots, n_m^* > 0 \mid \forall n_1 \geq n_1^*, \forall n_2 \geq n_2^*, \dots, \forall n_m \geq n_m^* , f(n_1, n_2, \dots, n_m) \leq cg((n_1, n_2, \dots, n_m).$$

Суммирование или последовательная композиция

Если говорит о композиции двух алгоритмов то арифметически время их работы является суммой, а ограничение с точки зрения асимптотики – максимумом. Для случая одного измерения соответствующая теорема и доказательство приведено в [1]. Обобщим полученный результат для случая нескольких измерений, но только для оценки «сверху».

Пусть $T_1(n_1, n_2, \dots, n_m)$ и $T_2(n_1, n_2, \dots, n_m)$ – время выполнения двух последовательных фрагментов некоторого алгоритма зависящих от нескольких переменных, Пусть $T_1(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m(f(n_1, n_2, \dots, n_m))$ и $T_2(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m(g(n_1, n_2, \dots, n_m))$, Тогда справедлива следующая

Теорема 1.

$$T_1(n_1, n_2, \dots, n_m) + T_2(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m\big(max(f(n_1, n_2, \dots, n_m), g(n_1, n_2, \dots, n_m))\big).$$

Доказательство:

Для доказательства утверждения воспользуемся определениями:

Если $T_1(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m(f(n_1, n_2, \dots, n_m))$, тогда $\exists c > 0, n_1^* > 0, n_2^* > 0, \dots, n_m^* > 0 \mid \forall n_1 \geq n_1^*, \forall n_2 \geq n_2^*, \dots, \forall n_m \geq n_m^* \; T_1(n_1, n_2, \dots, n_m) \leq cf((n_1, n_2, \dots, n_m).$

Если $T_2(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m(g(n_1, n_2, \dots, n_m))$, тогда $\exists a > 0, n_1^{**} > 0, n_2^{**} > 0, \dots, n_m^{**} > 0 \mid \forall n_1 \geq n_1^{**}, \forall n_2 \geq n_2^{**}, \dots, \forall n_m \geq n_m^{**} \; T_2(n_1, n_2, \dots, n_m) \leq \mathrm{a}g((n_1, n_2, \dots, n_m).$

Рассмотрим следующее построение

$$\exists b = (a + c) > 0, n_1^{***} = \max(n_1^*, n_1^{**}) > 0, n_2^{***} = \max(n_2^*, n_2^{**}) > 0, \dots, n_m^{***} = \max(n_m^*, n_m^{**}) > 0 \mid \forall n_1 \geq n_1^{***}, \forall n_2 \geq n_2^{***}, \dots, \forall n_m \geq n_m^{***},$$

тогда по построению

$T_1(n_1, n_2, \dots, n_m) + T_2(n_1, n_2, \dots, n_m) \leq b * \max\big(f(n_1, n_2, \dots, n_m), g(n_1, n_2, \dots, n_m)\big) \Rightarrow$ исходное утверждение теоремы истинно.

Обобщая полученный результат, можно доказать следующую теорему.

Теорема 2. Пусть $T_i(n_1, n_2, \dots, n_m)$– время выполнения последовательных фрагментов некоторого алгоритма $i \in [1..k]$ и $T_i(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m(f_i(n_1, n_2, \dots, n_m))$ $\forall i \in [1..k]$, тогда

$$\sum_{i=1}^{k} T_i(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m\left(\max_{1 \leq i \leq k} f_i(n_1, n_2, \dots, n_m)\right)$$

Доказательство:

Для доказательства утверждения теоремы воспользуемся методом математической индукции. Причем индукцию проведем по индексу суммирования.

Базис индукции: Случай, когда *i=1* – тривиальный и совпадает с определением, поэтому будем рассматривать утверждение для случая *i = 2* при этом утверждение теоремы 2 следует из теоремы 1.

Индуктивный переход: Пусть теорема верна для *k = l*

$$\sum_{i=1}^{l} T_i(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m\left(\max_{1 \leq i \leq l} f_i(n_1, n_2, \dots, n_m)\right)$$

покажем истинность теоремы для *k = l + 1*.

$$\sum_{i=1}^{l+1} T_i(n_1, n_2, \dots, n_m) = T_{l+1}(n_1, n_2, \dots, n_m) + \sum_{i=1}^{l} T_i(n_1, n_2, \dots, n_m)$$

$T_{l+1}(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m(f_{l+1}(n_1, n_2, \dots, n_m))$, а по базису индукции

$$\sum_{i=1}^{l} T_i(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m\left(\max_{1 \leq i \leq l} f_i(n_1, n_2, \dots, n_m)\right)$$

Следовательно в силу теоремы 1 имеем

$$T_{l+1}(n_1, n_2, \dots, n_m) + \sum_{i=1}^{l} T_i(n_1, n_2, \dots, n_m) = = O^m(max[f_{l+1}(n_1, n_2, \dots, n_m), \max_{1 \leq i \leq l} f_i(n_1, n_2, \dots, n_m)]) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^{l+1} T_i(n_1, n_2, \dots, n_m) = = O^m(max[f_{l+1}(n_1, n_2, \dots, n_m), \max_{1 \leq i \leq l} f_i(n_1, n_2, \dots, n_m)]) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sum_{i=1}^{l+1} T_i(n_1, n_2, \dots, n_m) = O^m\left(\max_{1 \leq i \leq l+1} f_i(n_1, n_2, \dots, n_m)\right)$$

Исходное утверждение теоремы доказано.

Заключение

Полученная в работе зависимость позволяет априори оценить алгоритм полученный как композиция составных частей, например, при структурном программировании. Дальнейшие исследования в данной области связаны с рассмотрением задач оценки алгоритмов для обобщенных случаев, исследование вопросов применимости анализа других многомерных классов асимптотически ограниченных функций и анализу алгоритмов, получающихся в качестве суперпозиции и как комбинация суперпозиции и композиции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. − М.: МЦНМО, 1999 – 1320 с..

2. Трещев И. А. Оценка временных затрат для осуществления распределенного перебора в гетерогенных системах при помощи временных волновых систем / И. А. Трещев // Доклады ТУСУР. – 2012. – № 1(25). – Ч. 2. – С. 141–147.

3. Трещев И.А. О некоторых классах асимптотически ограниченных функций в задачах алгоритмического анализа / И.А. Трещев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению материалы международной научно- практической конференции, г. Комсомольск-на-Амуре / редкол.: С.В. Белых (отв. ред.)[и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017. – С. 166-176.

УДК 004.45

Фролова Ксения Алексеевна, студент; Frolova Ksenia Alekseevna
Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент;
Abarnikova Elena Borisovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ «ИНФО-ШКОЛА»

DEVELOPMENT OF THE WEB-APPLICATION "INFO-SCHOOL"

Аннотация. Ежедневно появляется огромное количество новой информации, и вместе с этим растет уровень сложности её поиска, обработки и анализа. Основы информационной культуры закладываются еще в школе, благодаря чему у школьников формируется целостная система знаний и умений в области информационного самообеспечения. В качестве одного из устройств, которые успешно используются в общеобразовательных учреждениях, являются информационные терминалы. Существует много готовых решений программного обеспечения для инфомата, однако среди них нет программного обеспечения, которое бы содержало информацию из разных источников. Решить данную проблему позволит разработка веб-приложения «Инфо-школа».

Abstract. A huge amount of new information appears every day, and at the same time, the level of complexity of its search, processing and analysis is growing. The foundations of information culture are laid back at school, thanks to which schoolchildren form an integral system of knowledge and skills in the field of information self-sufficiency. Information terminals are one of the devic-es that are successfully used in educational institutions. There are many software solutions for infomat, but there is no software among them that would contain information from different sources. The development of the Info-School web application will help solve this problem.
Ключевые слова: информационная система, веб-приложение. **Keywords**: information system, web application.

XXI век – век информационных технологий. Ежедневно появляется огромное количество новой информации, и вместе с этим растет уровень сложности её поиска, обработки и анализа. В этих условиях важным становится умение ориентироваться в потоке информации, используя различные информационные ресурсы и методики поиска. Основы информационной культуры закладываются еще в школе, благодаря чему у школьников формируется целостная система знаний и умений в области информационного самообеспечения. В качестве одного из устройств, которые успешно используются в общеобразовательных учреждениях, являются информационные терминалы.

Информационный киоск или информационный терминал (инфомат) – это многофункциональное аппаратно-программное устройство для автоматизации процесса доступа к информационным ресурсам организаций. С его помощью можно оперативно и своевременно предоставлять информацию, как учащимся, так и педагогам. Преимущества информационного терминала:

- комфортный и быстрый способ получения доступа к требуемой информации для участников образовательного процесса;
- быстрое управление в удаленном режиме устройством и своевременное обновление всей информации;
- понятное и доступное представление информации;
- высокая информированность учеников;
- наиболее рациональное использование кадров за счет применения многофункциональных электронных помощников.

Существует много готовых решений программного обеспечения для инфомата, однако среди них нет программного обеспечения (далее по тексту ПО), которое бы содержало информацию из разных источников.

Реализация проекта направлена на разработку приложения для инфомата, которое позволяет аккумулировать и отображать динамически меняющуюся информацию из разных источников. Для разрабатываемого приложения была выбрана трехслойная клиент-серверная архитектура информационных систем (рисунок 1).

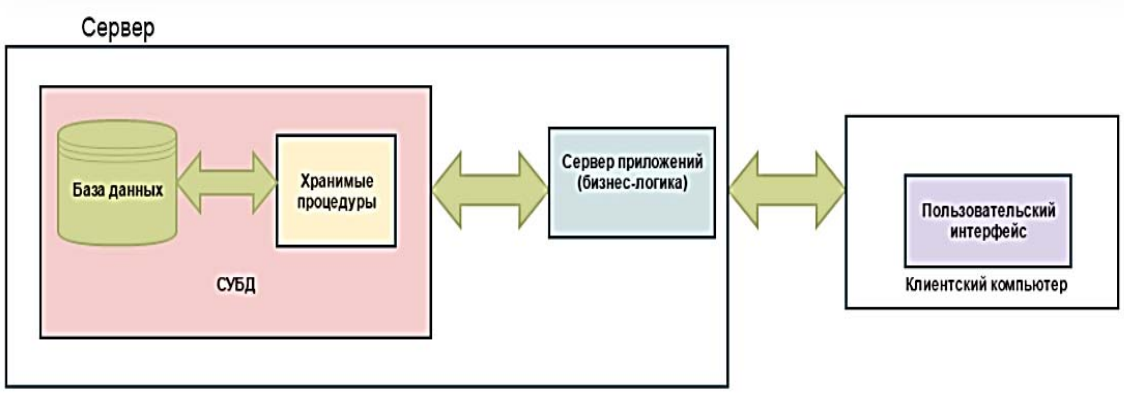


Рисунок 1 – Архитектура информационной системы

Реализуемое ПО позволяет:

- аккумулировать и предоставлять информацию из разных источников;
- повысить скорость отображения изменений в актуальной информации;
- снизить трудоемкость оформления актуальной информации.

В качестве среды программирования была использована интегрированная среда разработки PhpStorm. В качестве стека использовались:

- язык гипертекстовой разметки текста HTML;
- язык каскадных таблиц стилей CSS;
- скриптовый язык программирования PHP;
- объектно-ориентированный язык программирования JavaScript;
- система управления реляционными базами данных MS SQL server.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Одинцова, Л.В., Повесьма, Е.К., Полищук, Е.Ю. Основы информационной культуры: Учебное пособие / Л.В. Одинцова, Е.К. Повесьма, Е.Ю. Полищук. – Владивосток: Издательство Тихоокеанского института дистанционного образования и технологий Дальневосточного Государственного университета, 2004. – 79 с.

2 Несвижский, А.И., Рябов, В.А. Современные веб-технологии [Электронный ресурс] // Интуит. URL: https://intuit.ru/studies/courses/611/467/lecture/28784?page=1.

УДК 09.04.01
Ходжибояхмад Абдусатор Зарифи, магистр; Hodzhiboyahmad Abdusator Zarifi
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

SOFTWARE FOR MULTIMODAL TRANSPORTATION

Аннотация. В данной статье рассматриваются: особенность мультимодальных перевозок и их информационно-компьютерная поддержка и современные программные решения для мультимодальных перевозок.
Abstract. This article discusses: a feature of multimodal transportation and their information and computer support and modern software solutions for multimodal transportation
Ключевые слова: мультимодальные перевозки, программные средства, логистика, грузы.
Keywords: multimodal transportation, software, logistics, cargo.

Основная часть грузов, транспортируемых в мире, использует мультимодальную технологию перевозки. При этом под мультимодальной перевозкой подразумевается перевозка грузов в рамках одного договора, различными видами транспорта [1, с.25].

Мультимодальные перевозки могут проводиться и внутри одной страны, при этом чаще всего сочетается воздушный и автомобильный транспорт. Если речь идет о доставке товара на другой континент, то ведущая роль в цепочке принадлежит морскому сообщению.

Схема вариантов организации мультимодальных перевозок приведена на рис.1 [2, с.19].

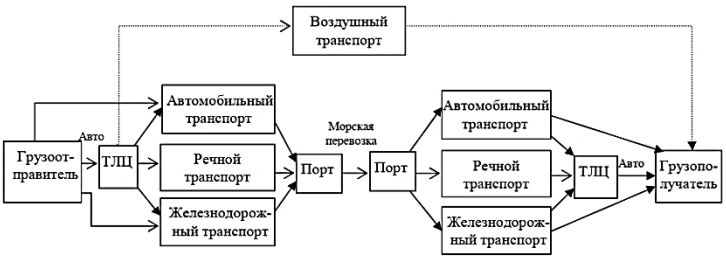


Рисунок 1 Схема вариантов организации мультимодальных перевозок

При мультимодальных перевозках важную роль играет информационно-компьютерная поддержка транспортного процесса. Так, например, для интеграции нашей страны в мировое информационное пространство (в том числе и в сфере транспортировки) необходимо использование в ЛС современных международных стандартов электронного обмена данными EDI, EDIFACT, развитие безбумажного электронного документооборота.

Ключевую роль для транспортировки играют международные телекоммуникационные сети как коммерческие (CompuServe, America Online,

Relcom), так и некоммерческие (Internet), спутниковые системы связи и навигации для транспортных средств (Inmarsat-C, GPS и др.).

Кроме того, широкое развитие мультимодального сообщения неизменно требует разработки новых программных решений для сопровождения грузопотоков

Рассмотрим наиболее распространённые программные решения для мультимодальных перевозок.

GoRamp - это онлайн-платформа для управления заказами на грузоперевозки, предназначенная для централизованного обмена информацией в режиме реального времени между всеми участниками логистической цепочки [3]. Данная система создана для обеспечения более последовательной и бесперебойной закупки транспортных услуг, оперативной информации о статусе заказа, управления погрузкой и разгрузкой склада, управления документами и виртуального общения между отправителями и транспортными партнерами. Всю логистическую цепочку и информацию, относящуюся к управлению грузоперевозками, можно просматривать в режиме реального времени, что значительно упрощает процессы управления и помогает составить четкую картину показателей эффективности.

Track-POD. Когда дело доходит до прибыльной доставки, оптимизация является ключевым моментом. Каждая доставка должна осуществляться вовремя, с минимальными затратами и стрессом. Вот почему люди все чаще обращаются к системам управления транспортировкой, таким как Track-POD. Объединяя и оптимизируя все логистические процессы в одном решении, они значительно сокращают время и затраты. Данное программное обеспечение дает возможность: • 1) планировать мощности; управлять перевозчиками; проводить компьютерную диспетчеризацию; обеспечивает портал для клиентов.

CargoPlanning - это онлайн-платформа для всех производственных и коммерческих компаний, производящих или продающих продукцию в любой отрасли народного хозяйства. Модули CargoPlanning предоставляют решения для простого управления сложными процессами в логистической цепочке и оптимизации судоходной деятельности.

Рисунок 2 Модули платформы eLogii™

eLogii™ - это масштабируемая и модульная платформа для сквозного управления доставкой / обслуживанием, созданная с нуля с использова-

нием самых современных технологий [6]. Платформа eLogii™ обеспечивает предприятиям гибкость для интеграции в существующие системы, что позволяет упростить выполнение любых задач по логистике.

Заключение

Как было показано в данной статье, мультимодальные перевозки представляют собой сложный процесс, подразумевающий не только привлечение телекоммуникационных систем, в том числе, международных, но и современного программного обеспечения (в статье приведен обзор наиболее популярных из них).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аникин Б.А. Логистика: учебное пособие/ Под ред. Б. А. Аникина. - М.: ИНФРА-М, 2015.

2 Гринёв А. А., Евреенова Н.Ю. Мультимодальные перевозки: Конспект лекций. – М.: МИИТ, 2013. – 175 с

3 GoRamp [Электронный ресурс] https://goramp.eu/?utm_source=capterra&utm_medium=trm&utm_source=GetApp

4 Track-POD [Электронный ресурс] https://www.track-pod.com/transportation-management-system/?captera_traffic=GetApp

5 CargoPlanning [Электронный ресурс] https://cargoplanning.com/transport-management-software/free-live-demo?utm_source=GetApp

6 Elogii [Электронный ресурс] https://elogii.com/landing/d/eLogii_Transportation_Management?utm_source=GetApp

УДК 620.97

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Vladimir Chelukhin
Абрамсон Елизавета Владимировна, аспирант; Elizaveta Abramson
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Pyae Zone Aung, (Assistant Lecturer), Defence Services Academy,
Pyin Oo Lwin, Myanmar.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР В ТЕЧЕНИЕ СУТОК

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR THE OPERATION OF THE CONTROL SYSTEM OF THE TEMPERATURE DIFFERENCE ENERGY CONVERTER DURING THE DAY

Аннотация. Одной из проблем автоматизации управления преобразователем перепада температур между днем и ночью является разработка программы управления суточным диапазоном изменения температур, что требует разработки соответствующего алгоритма для программы. В работе предложен один из вариантов такого алгоритма.

Abstract. One of the problems of automating the control of the temperature difference converter between day and night is the development of a program for controlling the daily temperature range, which requires the development of an appropriate algorithm for the program. In this paper, we propose one of the variants of such an algorithm.
Ключевые слова: перепад температур, преобразователь энергии, алгоритм, диэлектрик.
Keywords: the temperature difference, the energy converter, algorithm, dielectric.

Сегодня всё больше возрастают требования по экологической безопасности предприятий энергетической отрасли и транспорта.

Решением проблемы увеличения генерации электроэнергии экологически чистыми способами предлагается использование энергии перепада температур между днём и ночью в течение суток. Принцип работы такого преобразователя подробно описан в работах /1 - 4/.

Одной из проблем автоматизации управления является разработка программы управления суточным диапазоном изменения температур, что требует разработки соответствующего алгоритма для программы.

Перепад температур между днём и ночью в среднем на планете лежит пределах всего три – десять градусов. Такой перепад может возникать в летний сезон, например, между + 20° С ночью, и + 30° С днём. В зимний период такой перепад может возникать в пределах -20° С ночью, и -10° С днём. При изменении суточных температур линейные размеры бруска активного диэлектрика также будут изменяться. При её росте линейные размеры бруска удлиняются. При понижении температуры наоборот сокращаются. Вне зависимости от сезона года, это изменение будет происходить непрерывно. Поэтому первичной задачей системы управления будет отследить и определить значение пределов этого суточного изменения с помощью системы датчиков и устанавливать соответствующие настройки аппаратной части преобразователя.

Ниже на рис.1 показана блок-схема алгоритма работы системы управления преобразователем.

Алгоритм работы системы управления преобразователем в течение суток будет следующим. Вначале определяется диапазон температур в данной местности. Затем проверяется направление изменения температуры – растет. или падает, после чего программа определяет направление сдвижки подвижной пластины конденсатора после ее зарядки. После завершения цикла определяется необходимость продолжения работы программы или её останов

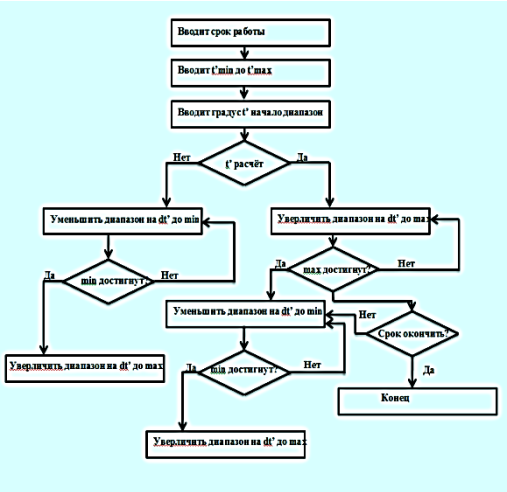


Рисунок 1 - Блок-схема алгоритма работы системы управления преобразователем перепада температур

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Челухин В. А., Абрамсон Е. В. Электротепловой преобразователь низкопотенциальной энергии перепада температур. Электротехника. Вестник ТОГУ. 2014.№ 4(35). С.93 – 98.

2. В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон. М.С. Кружаев. Оценка эффективности использования перепада температур день-ночь для целей энергетики. Промышленная энергетика, №6 (2018) с.45-49.

3. Челухин В. А., Абрамсон Е. В., Челухин И. В. Преобразователь энергии перепада температур с электронным управлением. Патент РФ № 2557066. Бюлл. № 20 от 20.07.2015 г.

4. Челухин В. А., Абрамсон Е. В., Челухин И. В. Пьезоэлектрический первичный источник энергии перепада температур. Патент РФ № 2559290. Бюлл. № 22 от 10.08.2015 г.

УДК 004.4

Ячменев Александр Александрович, студент;
Yachmenev Alexandr Alexandrovich
Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент;
Abarnikova Elena Borisovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА САЙТА «ВИРТУАЛЬНЫЙ ФИТНЕС-ТРЕНЕР»

DEVELOPMENT OF THE WEBSITE «VIRTUAL FITNESS TRAINER»

Аннотация. В современном мире интернет технологии проникли практически во все сферы деятельности человека. С помощью интернет ресурсов люди научились создавать, сохранять, обрабатывать данные, эффективно представлять эту информацию пользователю. Сфера фитнеса не является исключением и ее тоже можно перенести в виртуальную среду. Актуаль-

ность данной работы обусловлена еще и ситуацией, которая сложилась в связи с пандемией и отсутствием у большинства людей возможности посещать тренажерный зал.

Сайт «Виртуальный фитнес-тренер» позволяет решить проблему качественного выполнения упражнений под руководством виртуального тренера, дистанционно.

Abstract. In the modern world, Internet technologies have penetrated into almost all spheres of human activity. With the help of Internet resources, people have learned to create, save, process data, and effectively present this information to the user. The field of fitness is no exception and it can also be transferred to a virtual environment. The relevance of this work is also due to the situation that has developed in connection with the pandemic and the inability of most people to go to the gym.

The site "Virtual fitness trainer" allows you to solve the problem of high-quality exercise performance under the guidance of a virtual trainer, remotely. The site is implemented on the basis of the modern MEVN technology stack, has an intuitive interface.

Ключевые слова: разработка сайта, html, тег, план тренировок, модель DOM, MEVN.

Keywords: website development, html, tag, training plan, DOM model, MEVN.

В современном мире интернет технологии проникли практически во все сферы деятельности человека. С помощью интернет ресурсов люди научились создавать, сохранять, обрабатывать данные, эффективно представлять эту информацию пользователю.

Безусловно, в современном мире существует большое количество web-ресурсов, относящихся к сфере фитнеса. Для сравнения преимуществ и недостатков сайта «Виртуальный фитнес-тренер», были выбраны русскоязычные ресурсы, которые отвечают современным стандартам и тенденциям: «Wowfit»[1], сайт «Tvoytrener.com»[2]. Большим плюсом для пользователей является пробное занятие, которое присутствует у всех сайтов кроме «Tvoytrener.com». Недостатком сайта «Виртуальный фитнес-тренер» является небольшой штат тренеров, так как проект еще не получил большой огласки в интернете. Главным преимуществом перед другими сайтами является возможность загрузки своего видео процесса выполнения упражнения для сравнения и получения анализа относительно правильной техники.

На сегодняшний день при разработке сайта нельзя не упомянуть о принципе разработки web-приложений. Наиболее принятым и современным способом разработки является модель DOM (Document Object Model) - объектная модель, используемая для XML/HTML-документов. DOM - это представление документа в виде дерева тегов. Это дерево образуется структуру тегов плюс текстовые фрагменты страницы, каждый из которых образует отдельный узел.[5]

В листинге 1 представлен фрагмент кода сайта «Виртуальный фитнес-тренер», который демонстрирует иерархическую модель DOM.

Листинг 1 – Фрагмент кода сайта «Виртуальный фитнес-тренер»

```
<header class="header">
  <div class="container">
    <div class="header_inner">
      <div class="header_logo">FIT</div>
      <nav class="nav">
        <a class="nav_link" href="#">План тренировок</a>
        <a class="nav_link" href="#">Правильное питание</a>
        <a class="nav_link"href="#">Видео</a>
        <a class="nav_link"href="#">Цены</a>
        <a class="nav_link"href="#">Спросить</a>
        <a class="nav_link"href="#">Авторизация</a>
      </nav>
        </div>
          </div>
</header>
```

При создании сайта «Виртуальный фитнес-тренер» одним из главных требований является интуитивно понятный интерфейс и полноценный функционал. На сайте пользователь сможет: получить план тренировок на основе опроса от виртуального тренера с возможной последующей корректировкой; узнать, правильно ли он выполняет упражнение; получить советы относительно здорового образа жизни, выполнения тренировок.
На рисунке 2 представлена форма главного окна сайта.

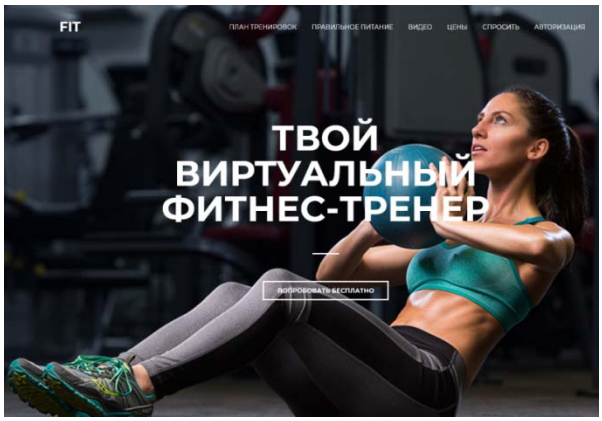


Рисунок 2 – главный экран сайта «Виртуальный фитнес-тренер»

Для создания данного сайта был выбран современный и мощный стек технологий MEVN, с помощью которого можно создать полноценное web-приложение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Wowfit онлайн тренировки с тренером: [Электронный ресурс]. URL: https://wowfit.ru. (Дата обращения: 01.03.2021).

2 Твой тренер – сайт, который тренирует: [Электронный ресурс]. URL: https://tvoytrener.com (Дата обращения: 01.03.2021).

3 DOM в примерах: [Электронный ресурс]. URL: https:// https://javascript.ru/tutorial/dom/intro (Дата обращения: 07.03.2021).

СЕКЦИЯ 10. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.896
Александров В. С., магистр; Alexandrov V. S.
Тахавова Э. Г., к.э.н., доцент кафедры Автоматизированных систем обработки информации и управления; Takhavova E. G.
Казанский Национальный Исследовательский Технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ-КАИ), Казань, Россия

МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

MEMBERSHIP FUNCTION CREATION METHODS IN INTELLEGENT SYSTEMS

Аннотация. В данной работе описываются основные методы формирования и реализации функции принадлежности, которые применяются в интеллектуальных системах. Рассмотрены такие типы методов, как прямой и косвенный, их основные отличия и графики реализации на основе экспертных оценок. Эксперты на основе своего опыта формируют оценочное, но в то же время экспертное суждение, на основании которого строится прямой метод. Косвенный метод строится на основе вероятностной оценки. При этом значения прямого и косвенного методов оценки могут существенно отличаться.

Abstract. In this work the main methods of forming and implementing the membership function that are used in intelligent systems are described. Such types of methods as direct and indirect, their main differences and implementation schedules based on expert assessments are considered. Experts, based on their experience, form an estimated, but at the same time expert judgment, on the basis of which a direct method is built. The indirect method is based on a probabilistic estimate. However, the values of the direct and indirect estimation methods may differ significantly.

Ключевые слова: интеллектуальная система, функция принадлежности, экспертная оценка, прямой метод, косвенный метод, вероятностная оценка, экспертное суждение.

Keywords: intelligent system, membership function, expert judgment, direct method, indirect method, probabilistic assessment, expert judgment.

Пусть необходимо сформировать лингвистическую переменную “Курс доллара”. Набор терминов включает в себя три названия нечетких переменных: “низкий”, “средний”, “высокий”. Пусть минимальный курс доллара равен 10 произвольным единицам, а максимальный – 100. Тогда мы обозначим лингвистическую переменную следующим образом:

β – “курс доллара”,
T – [низкий, средний, высокий],
X = [10, 20…100].

Лингвистическая переменная: <”курс доллара”, “низкий, средний, высокий”, “10, 20…100” >.

Построим функцию принадлежности прямым методом. Для этого предположим, что в опросе приняли участие 10 экспертов. Пусть элементы универсального множества, которые находятся в диапазоне 10, 20... 100, формируют членство в нечетком множестве, формализуя понятие “курс доллара”. Ниже приведена таблица 1, в которой показана возможная реализация этого прямого метода для термина “низкий курс доллара”.

Таблица 1

Опрос экспертов

X	Exp1	Exp2	Exp3	Exp4	Exp5	Exp6	Exp7	Exp8	Exp9	Exp10	Sum
10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
30	+	+	+	+	+	+	+	+			8
40	+	+	+	+	+	+					6
50	+	+									2
60	+										1
70											
80											
90											
100											

Были получены следующие результаты, обобщенные в таблице 2:

Таблица 2

Ответы экспертов

X_i	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Положительные ответы	10	10	8	6	2	1	0	0	0	0
Отрицательные ответы	0	0	2	4	8	9	10	10	10	10

Положительные ответы берем из таблицы 2, отрицательные получаем путем вычитания текущего положительного значения из максимального значения (равного 10). Таким образом, мы можем представить значения из таблицы 2 следующим образом:

$\mu_a(10)=1$; $\mu_a(20)=1$; $\mu_a(30)=0{,}8$; $\mu_a(40)=0{,}6$; $\mu_a(50)=0{,}2$; $\mu_a(60)=0{,}1$;

$\mu_a(70)=0$;$\mu_a(80)=0$; $\mu_a(90)=0$; $\mu_a(100)=0$.

Построим функцию принадлежности для приведенных выше значений (рис. 1) для трех функций (курс доллара низкий, курс доллара средний, курс доллара высокий):

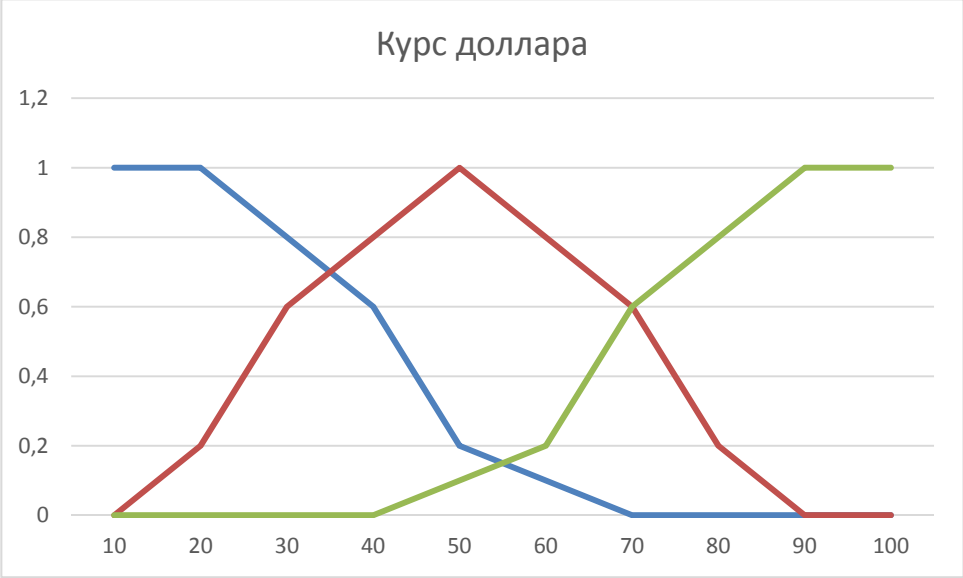


Рисунок 1 - График с тремя функциями принадлежности “Курс доллара”

Теперь применим непрямой метод с одним экспертом. В этом методе выражается экспертное мнение о предпочтительности вариантов. Один из подходов заключается в следующем. Эксперта спрашивают, какой из объектов более соответствует понятию xi или xj. В результате формируется матрица парных сравнений.. M={mi,j}. Возможны различные вариации соотношения этих понятий: одно соответствует немного лучше (заметно лучше, гораздо лучше), чем другое; приблизительно равно друг другу. Кроме того, возможны промежуточные значения. Требуется построить функцию принадлежности нечеткого множества. Пусть в результате экспертного опроса будет получена следующая матрица парных сравнений:
Таблица 3

Косвенный метод построения функции принадлежности

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	1	3	5	5	6	6	6	7	7	8
20	1/3	1/2	1	1	1	2	2	4	4	5
30	1/5	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1	1	2	3
40	1/6	1/5	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	2
50	1/6	1/5	¼	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1
60	1/7	1/6	¼	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1/2	1
70	1/8	1/6	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4	1/2	1/2	1/2
80	1/8	1/7	1/6	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3
90	1/8	1/7	1/6	1/5	1/5	1/5	1/4	1/4	1/3	1/3
100	1/12	1/8	1/7	1/7	1/6	1/5	1/5	1/4	1/3	1/2

Сравним, например, какое-нибудь число из матрицы. Например, на пересечении первой строки и второго столбца находится число 3, то есть благодаря оценке эксперта мы получаем $\mu_a(10) > \mu_a(20)$. Фиксируем первый столбец матрицы M1={1, 1/3, 1/5, 1/6, 1/6,1/7,1/8, 1/8, 1/8,1/12}. После этого, используя формулы для вычисления попарных сравнений для фиксированного столбца, мы получаем:

$$\mu_a(10) = \frac{m_{11}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{1}{2{,}46} = 0{,}406$$
$$\mu_a(20) = \frac{m_{21}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}33}{2{,}46} = 0{,}134$$
$$\mu_a(30) = \frac{m_{31}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}2}{2{,}46} = 0{,}08$$
$$\mu_a(40) = \frac{m_{41}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}16}{2{,}46} = 0{,}08$$
$$\mu_a(50) = \frac{m_{51}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}16}{2{,}46} = 0{,}065$$
$$\mu_a(60) = \frac{m_{61}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}142}{2{,}46} = 0{,}057$$
$$\mu_a(70) = \frac{m_{71}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}125}{2{,}46} = 0{,}05$$
$$\mu_a(80) = \frac{m_{81}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}125}{2{,}46} = 0{,}05$$
$$\mu_a(90) = \frac{m_{91}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}125}{2{,}46} = 0{,}05$$
$$\mu_a(100) = \frac{m_{101}}{\sum_{i=1}^{4} m_{i1}} = \frac{0{,}12}{2{,}46} = 0{,}0487$$

Таким образом, нечеткое множество будет иметь следующий вид:
A= {0,406 0,134 0,08 0,08 0,065 0,057 0,05 0,05 0,05 0,0487}. Построим для него соответствующий график (рис. 2):

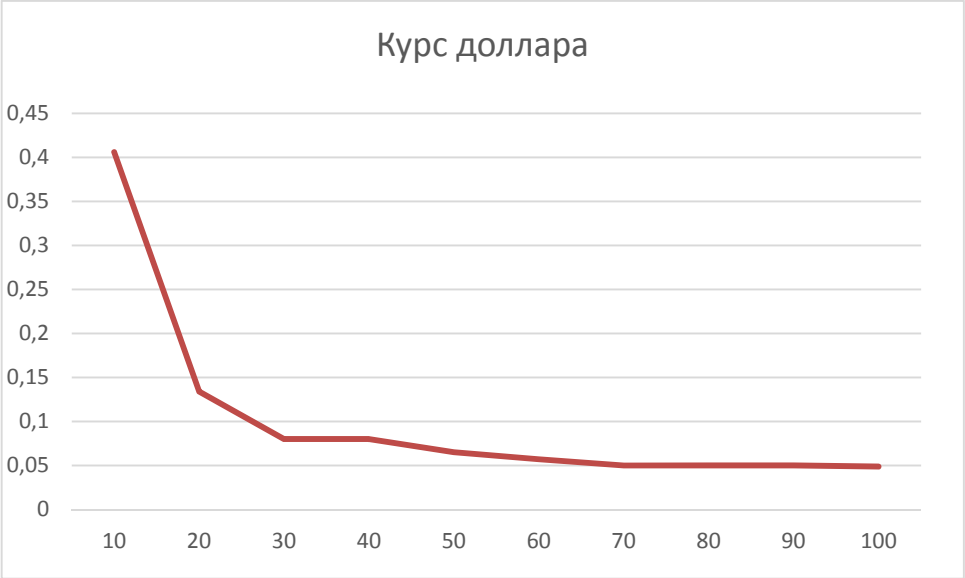


Рисунок 2 - Построение функции принадлежности “Курс доллара” косвенным методом

В данной работе были исследованы основные методы формирования и реализации функции принадлежности, которые применяются в интеллектуальных системах. Рассмотрены такие типы методов, как прямой и косвенный, их основные отличия и графики реализации на основе экспертных оценок. Эксперты на основе своего опыта формируют оценочное, но в то же время экспертное суждение, на основании которого строится прямой метод. Косвенный метод строится на основе вероятностной оценки. При этом, как было показано в работе, значения прямого и косвенного методов оценки могут существенно отличаться.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Остроух, А.В. Интеллектуальные информационные системы и технологии:Монография /А.В. Остроух, А.Б. Николаев. -СПб.: Лань, 2019.-308 с.

2. Советов, Б.Я. Интеллектуальные системы и технологии: Учебник / Б.Я. Советов. - М.: Академия, 2017. - 192 с.

3. Домингос, П. Верховный алгоритм. Как машинное обучение изменит наш мир / П. Домингос. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. - 190 с.

4. Oscar Cordon, Frank Hoffmann. Genetic Fuzzy Systems: Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases, July, 2001.

5. Л.К. Конышева, Д.М. Назаров Основы теории нечетких множеств Учебное пособие. Стандарт третьего поколения. − СПб. Питер, 2011. − 192 с.

УДК 004.042

Васильев Гордей Владимирович, аспирант; Vasilev Gordey Vladimirovich
Васильев Александр Владимирович, аспирант; Vasilev Alexander Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПАРАЛЛЕЛИЗМ И ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ В ОБРАБОТКЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

PARALLELISM AND FAILURE RESISTANCE IN BIG DATA PROCESSING

Аннотация. В статьи выявлены одни из основных проблем в обработке больших данных. Для решения поставленных проблем, авторы применили модель actor. На функциональном языке программировании была разработана программа, которая использует инструменты akka. Программа принимает на вход файл, после чего параллельно обрабатывает каждую строку из этого файла.

Abstract. The article identifies some of the main problems in processing big data. To solve the problems posed, the authors used the model Actor. In a functional programming language, a program has been developed that uses the akka tools. The program accepts a file as input, and then processes each line from the file in parallel.

Ключевые слова: данные, большие данные, параллелизм, отказоустойчивость.
Keywords: data, big data, parallelism, fault tolerance.

Сегодня более 5 миллиардов потребителей взаимодействуют с данными каждый день. В 2025 году каждый подключенный человек будет как минимум один раз взаимодействовать с данными каждые 18 секунд. Многие из этих взаимодействий из-за миллиардов устройств Интернета вещей. Они связаны по всему миру. Ожидается, что в 2025 году будет создано более 90ZB данных.

Одна из вызванных проблем в обработки данных являются застроченное время. Для того чтобы уменьшить затраченное время на анализ больших данных используется параллельная обработка данных. Также на время влияет устойчивость архитектуры. Если во время работы интеллектуальных систем происходят сбои, то затраченное время на выполнения обработку данных будет увеличено.

Для решений данных проблем, связанных со временем, можно использовать Akka, Akka – это набор инструментов для создания параллельных, распределенных и отказоустойчивых приложений, управляемых сообщениями, для Java и Scala. Подход Akka к обработке параллелизма основан на модели actor. В системе, основанной на actor, все является actor почти так же, как все является объектом в объектно-ориентированном дизайне. Однако ключевым отличием является, то, что модель была специально разработана и спроектирована так, чтобы работать с параллельной моделью, тогда как объектно-ориентированная модель – нет. В частности, в системе actor в Scala, actors взаимодействуют и обмениваются информацией без каких-либо предпосылок последовательности. Механизм, с помощью которого субъекты обмениваются информацией друг с другом и ставят задачи друг другу, это передача сообщений.

Scala объединяет объектно-ориентированное и функциональное программирование на одном кратком языке высокого уровня. Статические типы Scala помогают избежать ошибок в сложных приложениях, а его среда выполнения JVM позволяет создавать высокопроизводительные системы с легким доступом к огромным экосистемам библиотек [1].

На рисунке 1 представлена система actor.

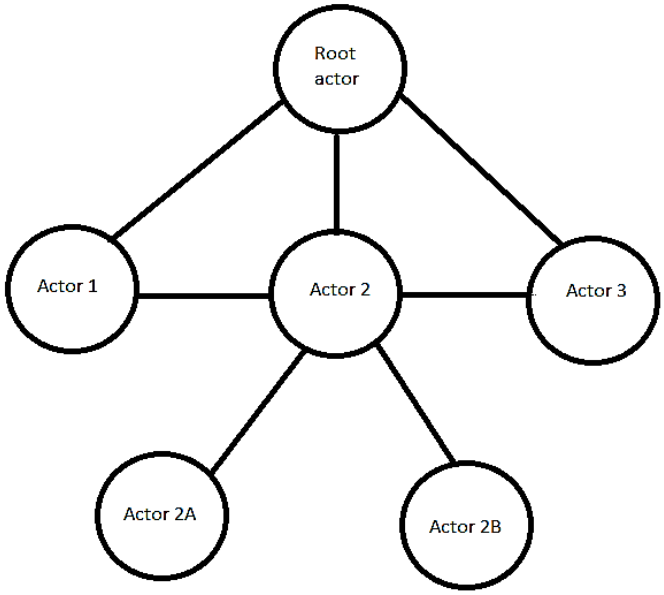


Рисунок 1 – Логическая организация actor в иерархической структуре

Далее для примера использования akka будет решена задача подсчета количества слов в строке. На рисунке 2 представлены входные данные.

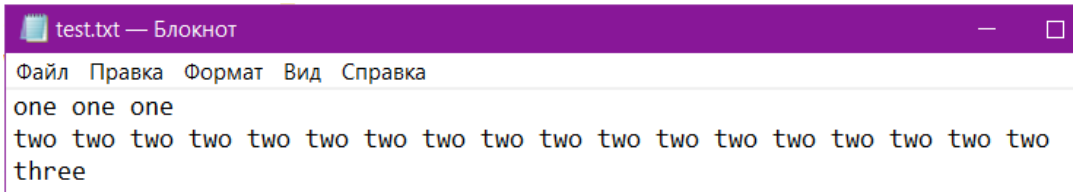


Рисунок 2 – Файл с входными данными

Для решения данной задачи можно создать корневой actor и дочерний actor. Корневой actor читает файл, и по мере загрузки каждой строки из файла создается дочерний объект, и ему передается сообщение, содержащее строку, которая должна быть обработана, далее корневой actor получает результат от дочернего. На рисунке 3 представлен программный код корневого actor.

```
private def onMessage(totalLines: Int): Receive = {
  case StartProcessFileMsg() =>
    if (running) {
      println("Warning: duplicate start message received")
    } else {
      running = true
      fileSender = Some(sender)
      import scala.io.Source._
      fromFile(filename).getLines.foreach { line =>
        context.actorOf(Props[StringCounterActor]) ! ProcessStringMsg(line)
        context.become(onMessage(totalLines + 1))
      }
    }
  case StringProcessedMsg(words) =>
    val result = words
    println(words)
    linesProcessed += 1
    if (linesProcessed == totalLines) {
      fileSender.map(_ ! result)
    }
  case _ => println("message not recognized!")
}
```

Рисунок 3 – Программная реализация корневого actor

На рисунке 4 представлен программный код дочернего actor.

```
class StringCounterActor extends Actor {
  def receive: Receive = {
    case ProcessStringMsg(string) =>
      val wordsInLine = string.split( regex = " ")
      val map = wordsInLine.groupBy(l => l).map(t => (t._1, t._2.length))
      sender ! StringProcessedMsg(map)
    case _ => println("Error: message not recognized")
  }
}
```

Рисунок 4 – Программная реализация корневого actor

Результат выполнения программы представлен на рисунке 5. Видно, что первая строка в консоли была напечатана «Map(three -> 1)», это было вызвано тем, что третья строка из входного файла (рисунок 2) содержала меньше данных, по этому запущенный последним дочерний actor был завершен самым первым.

```
C:\Users\Gordey\.jdks\
Map(three -> 1)
Map(one -> 3)
Map(two -> 18)
```

Рисунок 5 – Выходные данные

Устойчивую параллельную обработку данных важно использовать в интеллектуальных системах, которые должны исключать сбои т. к. это может привести к нарушению безопасности. Например, распознавание объектов в реальном времени [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Noel Welsh, Dave Gurnell. Essential Scala// Underscore Consulting LLP – Brighton, UK, 2017. С. 372.

2 Васильев Г. В., Васильев А. В. «Определение жизни» с помощью машинного зрения// Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых., Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апр. 2020 г. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. Ч. 2. С. 235-238.

УДК 004.042

Васильев Гордей Владимирович, аспирант; Vasilev Gordey Vladimirovich
Васильев Александр Владимирович, аспирант; Vasilev Alexander Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ MAP/REDUCE В АНАЛИЗЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНЫ

APPLICATION OF THE MAP/REDUCE PARADIGM IN BIG DATA ANALYSIS IN MEDICINE

Аннотация. Сегодня существует огромный поток данных. Авторами в данной работе была рассмотрена программная модель map/reduce. На функциональном языке программирование была разработана программа, в которой реализована парадигма map/reduce. Данную программу можно применить в области медицины. Программа проводит анализ в больших данных.

Abstract. There is a huge stream of data today. The authors in this work considered the program model map/reduce. In the functional programming language, a program was developed in which the map/reduce paradigm was implemented. This program can be applied in the field of medicine. The program conducts analysis in big data.

Ключевые слова: данные, большие данные, анализ.

Keywords: data, big data, analysis, mapreduce.

Благодаря экспоненциальному росту возможностей вычислительной техники, описанному в законе Мура, объем данных не может являться точным критерием того, являются ли они большими. Например, сегодня большие данные измеряются в терабайтах, а завтра – в петабайтах. Поэтому главной характеристикой Big Data является степень их структурированности и вариантов представления.

Big Data характеризует большой объем структурированных и неструктурированных данных, которые ежеминутно образуется в цифровой среде. IBM утверждает, что в мире предприятия ежедневно генерируют почти 2,5 квинтиллиона байтов данных. 90% глобальных данных получено только за последние 2 года.

Столь многая генерация данных позволяет обработать и провести анализ над этими данными для того, чтобы выявить некие признаки, спрогнозировать действия и т. п.

Для обработки больших данных была разработана парадигма map/reduce. Программная модель, которая была разработана для обеспечения параллельной распределенной обработки больших наборов данных, преобразования их в наборы кортежей, а затем объединения и сокращения этих кортежей в меньшие наборы кортежей. Map принимает на вход список значений и некую функцию, которую затем применяется к каждому элементу списка и возвращает новый список. На этапе reduce происходит преобразование списка к единственному атомарному значению при помощи заданной функции, которой на каждой итерации передаются новый элемент списка и промежуточный результат. Обычно данные хранятся в формате ключ-значение. Key-value, это парадигма хранения данных, предназначенная для хранения, извлечения и управления ассоциативными массивами, структура данных. Таким образом сигнатура функции Map принимает на вход «Ключ: значение», а на выходе генерирует много новых пар «ключ: значение», где «ключ» и «значение», это уже новые полученные значения в некотором формате, например, строка или массив. Сигнатура Reduce: функция получает ключ и все значения с данным ключ, далее на выходе выдается много пар с другими значениями «ключ» и «значение». На этапе Map происходит сбор и обработка входных данных. На этапе Reduce происходит решение задачи, получения результата.

В конце 2019 года был обнаружен новый вирус, который в последствие изучения получил название SARS-CoV-2. Далее несколько стран начали разрабатывать вакцину для профилактики коронавирусной инфекции, вызываемой данным вирусом. Число заражений росло, поэтому разработанные вакцины начали применятся уже в начале 2021 году. В Российской Федерации через портал Госуслуги можно записаться на вакцинацию. После на этом же портале откроется доступ к дневнику, в котором фиксируется самочувствие. В данном дневнике помимо опроса с вариантами ответа встречаются формы для широкого ответа, пример такой формы представлен на рисунке 1.

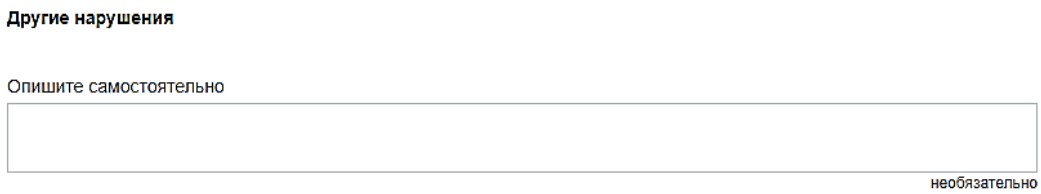


Рисунок 1 – Форма «Другие нарушения»

В России за 2020 год прививку от гриппа сделали около 25 миллионов жителей. Таким образом может получится большой объём данных в дневнике.

Рассмотрим пример применения парадигмы map/reduce к данной форме. Для реализации был выбран функциональный язык программирования Scala [1]. Представим, что 4 пользователей портала, оставили следующие комментарии после вакцинации (рисунок 2).

```
// Список строк
val before = List(
  "Была температура 37, затем температура поднялась до 38",
  "Нарушений не было",
  "Болела голова",
  "температура 37.7",
  "Была температура 38 ")
```

Рисунок 2 – Синтетические данные из формы «Другие нарушения»

На этапе Map, построчно считаем каждый комментарий и разобьём его на пары ключ значения, где ключ, это слово, а значение количество вхождений данного слова в строке. На рисунке 3 продемонстрирован результат над первым комментарием. Слово «температура» встречается два раза.

```
List(HashMap(до -> 1, затем -> 1, температура -> 2, 37, -> 1, Была -> 1, поднялась -> 1, 38 -> 1),
```

Рисунок 3 – Результат функции Map

Далее на этапе Reduce происходит группирование по ключу и суммирование их значений. После чего, можно произвести сортировку и взять первый элемент. На рисунке 4 представлен результат выполнения функции Reduce.

```
HashMap(до -> 2, 37.7 -> 1, температура -> 6, Была -> 3, Нарушений -> 1,
(температура,6)
```

Рисунок 4 – Результат функции Reduce

Таким образом применив данную программную модель, можно сделать вывод, что у большинства после вакцины была температура. Данный анализ поможет выявить своевременно побочные эффекты, которые не запланированы. Также можно использовать другие функции на этапах Map и Reduce, зависит от задачи.

Такой сбор данных и их обработка может также применяется для обучения искусственного интеллекта, который будет выполнят некую классификацию [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Noel Welsh, Dave Gurnell. Essential Scala// Underscore Consulting LLP – Brighton, UK, 2017. С. 372.

2 Васильев Г. В., Васильев А. В. Распознавание домашних питомцев с помощью Mask R-CNN, COCO, OpenCV// Иновация. Наука. Образование. 2020. № 14. С. 564-567

УДК 519.767.6

Шадский Виктор Викторович, адъюнкт; Shadsky Viktor Viktorovich
Чекмарев Максим Алексеевич, адъюнкт; Chekmarev Maksim Alekseevich
Сизоненко Александр Борисович, доктор технических наук, доцент;
Sizonenko Alexandr Borisovich
Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М.Штеменко

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЛОВ MYSTEM ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ДЕРЕВА ПРЕФИКСНЫХ МОРФОВ И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО УЧЕТА В ПРОЦЕССЕ ФЛЕКСИИ И МОРФЕМНОГО РАЗБОРА

IMPROVEMENT OF THE ALGORITHM OF MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF MYSTEM WORDS BY IMPLEMENTING THE TREE OF PREFIX MORPHOS AND THEIR FURTHER ACCOUNTING IN THE PROCESS OF FLEXIA AND MORPHEMIC PARSING

Аннотация. Успешное решение задачи нормализации слов – одно из главных критериев составления качественного словаря для последующего успешного решения прикладных задач, связанных с обработкой естественного языка. Для русского языка, являющегося флективным по морфологической классификации языков, выделение основы слова – весьма сложная задача. В данной работе решить вышеуказанную проблему предлагается применением методов машинного обучения, используя совершенствованный алгоритм морфологического анализа MyStem, содержащий в себе помимо стандартного перечня возможностей также дерево префиксных морфов и учитывающий его в процессе морфологического анализа.

Ключевые слова: MyStem, токен, флексия, релевантность.
Keywords: MyStem, token, inflection, relevance.

Желая найти нужную нам информацию, мы не всегда получаем искомый результат с требуемым уровнем релевантности. Данный факт может быть обусловлен несколькими причинами, одними из которых являются неспособность человека к формированию и изложению своих мыслей и несовершенство поисковой системы. При этом выдача нерелевантных запросов сбивает конечного пользователя с толку, заставляет его отвлекаться, что в итоге сказывается на результатах деятельности.

Русский язык по морфологической классификации языков является флективным синтетическим языком с тенденцией к аналитизму. Только в нем около 219 правил орфографии и 150 правил пунктуации [1] не считая нюансов, которые не поддаются логическому объяснению. Кроме того, на протяжении около 30 лет в нем происходят серьезные изменения, ознаменованные падением железного занавеса и чрезмерной латинизацией [2]. Прежде всего, изменения коснулись словарного состава, существенное влияние на которые оказали технологии, появление интернета, мобильных телефонов. Они сыграли роль катализаторов, усилив скорость изменений, и выступили в известном нами эмпирическом законе Хипса в виде дополнительного множителя.

Из этого следует, что поддержание в актуальном состоянии словаря целиком и полностью зависит от способности алгоритма отличать «новые» слова, в том числе и слова-исключения, от выбросов. Пользователи делают около 480 опечаток в день в слове одноклассники. В месяц количество уникальных опечаток превышает 1500. При этом от 80% до 90% всех опечаток отстоят от оригинала на одну ошибку [3].

Как показывает практика, составить абсолютно полный словарь невозможно [5], ведь русский язык является постоянно развивающейся системой. При увеличении размера анализируемых текстов до нескольких десятков миллиардов слов, словарь так и не выходит на насыщение. Это связано с появлением текстов и лексики из новых предметных областей, новыми ошибками, появляющимися в текстах, новыми именованными сущностями и т.д.

Таким образом, для решения данной проблемы необходимо прибегнуть к соответствующим методам обучения, выделяя при этом новые леммы и пополняя их коллекцию. Разделим эту задачу на две составляющие: морфологический анализ и морфологический синтез.

Одним из ключевых моментов этапа обработки естественного языка является приведение имеющихся токенов к их нормальной форме (лемме) для последующего преобразования в соответствии с частеречной POST разметкой, т.е. решение задачи морфологического анализа для последующего успешного морфологического синтеза.

Целью морфологического анализа является разделение тегов на корневые морфы, включающие в себя префикс и суффикс. Носителем основного смысла слова является корень, а служебные морфы, в общем случае, придают дополнительный смысл, при этом префиксы и суффиксы отвечают за образование также новых словоформ.

Существуют различные алгоритмы морфологического анализа русского языка, но именно анализатор MyStem, разработанный Ильёй Сегаловичем в компании «Яндекс», показал наиболее лучшие результаты по равнению с алгоритмом Портера [4]. Он содержит в себе информацию о начальных формах слова с присущими ему парадигмами.

Принцип действия алгоритма MyStem заключается в следующем. На первом шаге определяются возможные границы между основой и суффиксом при помощи дерева суффиксов. Затем с помощью бинарного поиска по дереву основ проверяется, есть ли потенциальная основа в словаре основ. Если основа не найдена в словаре, то по модели ближайшей словарной основы генерируется гипотетическая модель. Результатом работы является получившийся набор гипотез для несуществующего, или одна гипотеза для словарного слова. Недостатком данного алгоритма является то, что из всех некорневых морфем он учитывает лишь суффиксы и не учитывает при этом префикс и окончание. Очевидно, что в процессе словообразования суффиксы играют важную роль, образовывая при этом: существительные, прилагательные, глаголы, причастия, деепричастия и наречия. Однако в русском языке не менее важную роль играют и префиксы. Не учитывая префикс, мы значительно повышаем вероятность ошибочного отнесения словарного слова к разряду новых, доселе неизвестных слов, тем самым увеличивая избыточность словаря. В русском языке около восьми десятков приставок, не считая, например, приставок-множителей, использующихся при масштабировании физических величин, и ряда других.

Исходя из вышесказанного, предложенный алгоритм можно представить в виде блок-схемы, изображенной на рисунке (1).

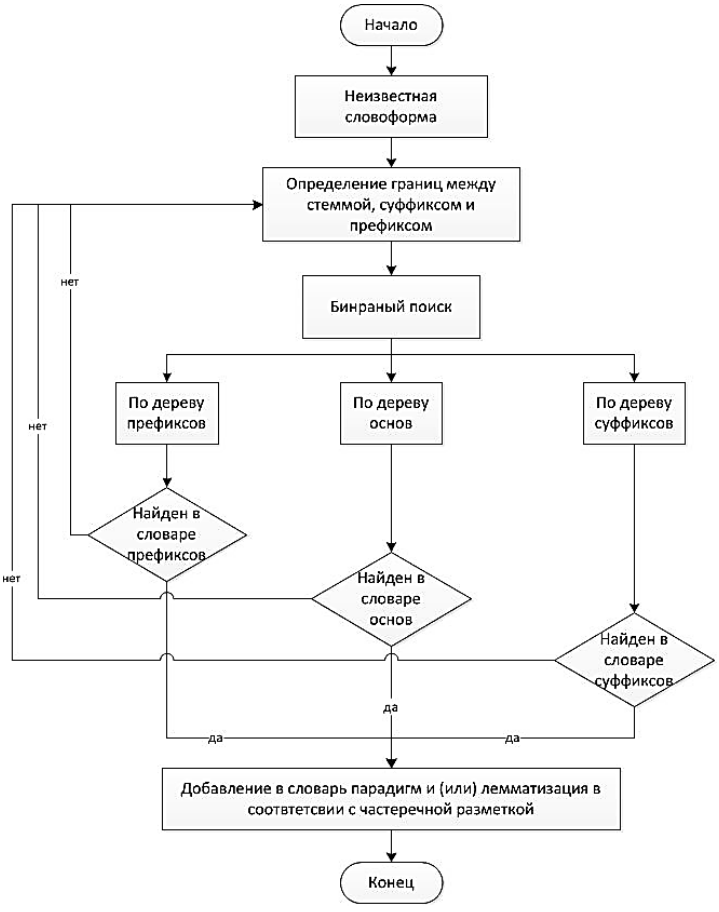


Рисунок 1 – Алгоритм работы совершенствованного морфологического анализатора русского языка MyStem

Согласно вышеприведенному алгоритму, первым шагом морфологического анализа является определение возможных границ между префиксом, основой и суффиксом. Далее осуществляется бинарный поиск выделенной основы по дереву основ. Если основа найдена, при этом выделенные префикс и суффикс содержатся в составе парадигм данной основы, алгоритм прекращает работу. В противном случае происходит генерация гипотетической модели исходя из найденной ближайшей по расстоянию Левенштейна основы, также при условии наличия префикса и суффикса в составе парадигмы данной основы.

Стоит отметить, что изначальное определение границ анализируемой словоформы достаточно условно. Последующие итерации, связанные с бинарным поиском по соответствующему дереву, осуществляются для всех возможных размещений символов анализируемой морфемы с учетом порядка их следования в словоформе. Путем последовательного увеличения на один символ префиксных и суффиксных морфем происходит повторный бинарный поиск. Если при очередной итерации все имеющиеся морфы, а также основа анализируемой словоформы найдены, алгоритм завершает работу, в противном случае необходима интеллектуальная пост-коррекция.

Вывод. Предложенный в данной работе совершенствованный алгоритм морфологического анализа MyStem позволяет значительно лучше решить проблему выделения основы слова, с его применением существенно повышается достоверность определения границ между корнем, префиксом и суффиксом. При этом следует отметить, что он также позволяет сократить размер словаря, исключив ошибочно отнесенные к разряду новых корневые морфемы, включающие в себя не учитываемые ранее префиксы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Лопатин, В. В. Правила русской орфографии и пунктуации / В. В. Лопатин. – М.: Эксмо, 2006. – 480 с.

2 Кронгауз, М. Русский язык меняется с высокой скоростью [Электронный ресурс] / М. Кронгауз // Наука2.0. – 2012. – 19 мая. – М. : ВестиFM. RU, 2012. – Режим доступа: https://radiovesti.ru/brand/60941/episode/1351797/, свободный. – Загл. с экрана.

3 Большакова, Е. И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных / Е. И. Большакова, К. В. Воронцов, Н. Э. Ефремова, Э. С. Клышинский, Н. В. Лукашевич, А. С. Сапин. − М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2017. − 269 с.

4 Мартынов, В. А. Нормализация и фильтрация текста для задачи кластеризации / В. А. Мартынов, Н. П. Плотникова // XLVIII Огарёвские чтения. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Саранск). – 2019. - Вып. 1. - С. 448-452.

5 Mehler, A. The Frankfurt Latin Lexicon: From Morphological Expansion and Word Embeddings to SemioGraphs / A. Mehler, B. Jussen, T. Geelhaar, A. Henlein, G. Abrami, D. Baumartz, T. Uslu, W. Hemati // Goethe Universität Frankfurt am Main. – Frankfurt am Main, 2019.

СЕКЦИЯ 11. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.056
Белоусов Сергей Александрович, студент; Belousov Sergei Aleksandrovich
Вильдяйкин Геннадий Фёдорович, кандидат технических наук, доцент;
Vildyaykin Gennady Fedorovich
Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СОБЫТИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

THE STUDY OF METHODS FOR ANALYZING INFORMATION SECURITY EVENTS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию методов анализа событий информационной безопасности в системах сбора, анализа и управления событиями информационной безопасности.
Abstract. This work is devoted to the study of methods for analysing information security events in security event collection, analysing and management systems.
Ключевые слова: информационная безопасность, анализ событий, инцидент безопасности.
Keywords: information security, cybersecurity, SIEM, SEM.

Будем рассматривать два основных подхода к анализу событий информационной безопасности: на основе правил корреляции (сигнатурный подход) и на основе искусственного интеллекта.

Большинство систем анализа событий информационной безопасности используют сигнатурный подход. Это связано с высокой точностью и низкой вероятностью ложноположительного результата (когда легитимный набор событий порождает инцидент безопасности). В сигнатурном подходе выделяют следующие основные методы:

1) на основе строгих правил корреляции (deterministic);
2) на основе вероятностных правил корреляции (probabilistic).

В большинстве современных систем анализа событий безопасности используют вероятностный метод, так как он более гибок и позволяет выявлять инциденты безопасности даже в том случае, если события не полностью соответствуют правилу корреляции.

Правила корреляции обычно структурированы в виде списка. Каждое правило содержит в себе алгоритм разбора события и результирующее действие. Новое событие последовательно проходит через каждое правило, по которому либо игнорируется, либо становится частью инцидента.

Правила имеют приоритет (обычно выражается в виде позиции правила в списке): если одно событие попадает под несколько правил, то действие определяется правилом с высшим приоритетом. В случаях, если правила имеют одинаковый приоритет, действие определяется разработчиком системы анализа событий безопасности.

Несмотря на то, что приоритет правил зачастую задаётся неявно в виде позици в списке, при конструировании правила приоритет задаётся явно, а на основе приоритета выводится позиция правила в списке (правила с наивысшим приоритетом идут первыми). Это необходимо для облегчения добавления новых правил в процессе эксплуатации системы анализа событий безопасности.

Если в системе применяется только один метод анализа событий (на основе правил), то особым правилом с самым низким приоритетом является «пропустить все»: любое событие, не попавшее под любое правило, не может являться частью нового инцидента. Важно отметить, что правила могут применяться не только к новым событиям, но и к историческим (тем, которые произошли раньше и сохранились в локальной базе событий), так как ввод нового правила может повлечь генерацию инцидента из прошлых событий.

Другим подходом к анализу событий является использование методов искусственного интеллекта, чаще всего дерева решений и нейронных сетей.

Главное преимущество таких методов – возможность обнаружить аномальное поведение информационной системы даже в тех случаях, когда администратор безопасности этого не предусмотрел. Основной недостаток методов искусственного интеллекта – необходимость обучения: система анализа перед вводом в эксплуатацию должна работать в реальной информационной системе для сбора образцов событий. Это связано с тем, что события, характерные для одной информационной системы, не являются подходящими для другой. В связи с этим, подходы на основе правил и на основе искусственного интеллекта часто используются вместе. В таком случае последнее особое правило («пропустить все»), описанное ранее, не применяется.

Любой инцидент безопасности имеет причину. Причину можно определить по связанным событиям безопасности. Основной задачей администратора безопасности при работе с системой анализа событий является настройка системы таким образом, чтобы определение причин требовало минимальных трудозатрат, и MTTR (среднее время до восстановления работоспособности) было минимальным. Обычно эти два условия связаны между собой: чем быстрее администратор определит причину, тем быстрее среагирует на инцидент.

На этом этапе выявляется особенность использования правил корреляции: администратор безопасности должен составлять правила таким образом, чтобы при срабатывании любого из них было понятно, что именно стало причиной возникновения инцидента. Также администратор должен

покрыть правилами максимальное количество возможных ситуаций, так как методы искусственного интеллекта в случае генерации инцидента зачастую не могут внести ясность о причине инцидента, что влечёт за собой увеличение времени реагирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Kotenko I. Aggregation of Elastic Stack Instruments for Collection, Storing and Processing of Security Information and Events // The 14th IEEE Conference on Advanced and Trusted Computing, ATC 2017 (USA, San Francisco, August 4-8, 2017). – Los Alamitos, California: IEEE Computer Society, 2017. – p.1550-1557.

2 Котенко И.В. Архитектура системы интеллектуальных сервисов защиты информации в критически важных инфраструктурах // Труды СПИИРАН. – Вып. 1 (24). – СПб.:Наука, 2013. – с. 21-40.

3 Kumar S., Spafford E.H. An Application of Pattern Matching in Intrusion Detection. Technical Report CSDTR 94 013. The COAST Project // Depatrment of Computer Sciences. – Purdue University. West Lafayette, 1994.

4 Браницкий А.А. Открытые программные средства для обнаружения и предотвращения сетевых атак: Snort, Suricata, Bro, OSSEC и Prelude // Защита информации. Инсайд. – 2017. - №2. – с.40-47.

УДК 004.056.53

Вильдяйкин Геннадий Федорович, кандидат технических наук, доцент; Vildyaykin Gennady Fedorovich
Дубровский Егор Игоревич, студент; Dubrovskij Egor Igorevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amur State University

АНАЛИЗ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ УСЛОВИИ НАЛИЧИЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

ANALYSIS OF THE SECURITY OF INFORMATION SYSTEMS SUBJECT TO THE AVAILABILITY OF REMOTE ACCESS

Аннотация. Данная работа посвящена анализу защищенности информационных систем при условии наличия удаленного доступа и применению технологии VPN для решения проблем информационной безопасности.

Abstract. This work is devoted to the analysis of the security of information systems, subject to the availability of remote access and the use of VPN technology to solve information security problems.

Ключевые слова: удаленный доступ, VPN, виртуальные частные сети, импортозамещение, данные, защита.

Keywords: remote access, VPN, Virtual Private Network, import substitution, data, protection.

Под удаленным доступом в широком смысле понимается подключение пользователя к удаленной сети или компьютеру через компьютерные сети, например Интернет, для работы с информационными или аппаратными ресурсами. Наличие удаленного доступа является практически обязательным для большинства информационных систем (ИС). Удаленный доступ позволяет осуществлять непрерывный мониторинг и администрирование распределенных информационных инфраструктур, оперативное обслуживание и техническую поддержку от компании-подрядчика.

При организации удаленного доступа остро ставится вопрос обеспечения информационной безопасности (ИБ). Угрозы связаны с утечкой конфиденциальных данных, заражением вычислительной сети вредоносным программным обеспечением или получением несанкционированного доступа к корпоративной сети путем кражи учетных данных пользователей или реализации уязвимостей импортного ПО в используемых средствах для обеспечения удаленной работы.

С введением самоизоляции, большинство офисных работников были переведены на удаленную работу в сжатые сроки. Это обусловило рост количества атак на компьютерные сети, так как компании сделали доступными свои ИС не только для сотрудников, но и для злоумышленников. Больше всего, по статистике, атакам подвергались критические информационные инфраструктуры и системы управления в области энергетики, здравоохранения и государственного управления.

Задача обеспечения ИБ заключается не только в обеспечении целостности и конфиденциальности, но и в доступности необходимых ресурсов для выполнения бизнес-задач. Таким образом специалисты по ИБ должны подобрать надежное решение, удовлетворяющее требованиям предприятия. В защищенной ИС законодательные и нормативные документы требуют исключение наличия удаленного доступа или его защиты.

В установленных условиях подходящим вариантом создания безопасного подключения к удаленному рабочему месту будет использование технологии VPN (виртуальная частная сеть), позволяющей организовать безопасное зашифрованное логическое соединение поверх открытого канала передачи данных.

ФСБ России утвердило применение в средствах криптографической защиты информации для сведений, не составляющих государственную тайну, для обеспечения целостности и конфиденциальности использование алгоритмов шифрования в соответствии со стандартом ГОСТ 34.12-2018.

Создать VPN-сервер возможно путем установки специального программного обеспечения. Самой распространенной программой является OpenVPN – реализация технологии VPN с открытым исходным кодом. OpenVPN с поддержкой криптографического алгоритма «Кузнечик» (ГОСТ 34.12-2018) уже включен в состав операционной системы Astra Linux от компании «РусБИТех-Астра», которая входит в реестр российского ПО, утвержденного 188-ФЗ. Версия Astra Linux общего назначения яв-

ляется бесплатной и предназначена для малого и среднего бизнеса, а также учебных заведений, что делает её подходящим вариантом для ведения безопасной удаленной работы на небольших предприятиях. При необходимости создания автоматизированной системы в защищенном исполнении в соответствии с требованиями ФСТЭК и ФСБ, Astra Linux общего назначения является полностью совместимой с дополнительными средствами защиты отечественных производителей. А версия операционной системы специального назначения имеет сертификаты соответствия на защиту информации любого уровня конфиденциальности и степени секретности вплоть до самой высокой – «особой важности».

Также возможно организовать виртуальную частную сеть на аппаратном уровне. В данном случае необходима покупка дорогостоящего оборудования, специальных маршрутизаторов или межсетевых экранов, поддерживающих протоколы IPSec. Преимуществом является сниженная нагрузка на сеть и удобство работы пользователей через программный клиент. Для аппаратной реализации технологии VPN применяются сертифицированные отечественные шлюзы защищенного удаленного доступа. Такие комплексные решения предоставляют защищенный доступ к произвольным ресурсам для клиентов по VPN-туннелю с шифрованием. К достоинствам можно отнести наличие сертификатов соответствия, гарантирующих высокий уровень защиты, отсутствие необходимости встраивать отечественные алгоритмы шифрования вручную, а также совместимость с ОС Astra Linux и компьютерами на базе процессоров Байкал. Криптошлюзы выпускаются компаниями С-Терра, Код безопасности, КриптоПро, ИнфорТеКС, АМИКОН и т.д.

Таким образом, вопрос организации защищенного удаленного доступа является важнейшим и возможным для нормального функционирования технического оборудования и выполнения бизнес-задач предприятия. Применение незащищенных RDP-подключений недопустимо и необходимо выбрать более надежный способ. Использование VPN и строго определенной политики ИБ является наиболее безопасным, удобным и удовлетворяющим требованиям законодательства решением данного вопроса. В зависимости от бюджета VPN-сеть можно построить на программном уровне, так и на аппаратном уровнях. Аппаратные реализации являются более дорогими, но также более эффективным.

Для ведения защищенной удаленной работы предложено использование VPN-сервера на базе Astra Linux, поддерживающего отечественные криптографические алгоритмы в соответствии с ГОСТ.

OpenVPN-сервер с поддержкой отечественных алгоритмов шифрования, утвержденных стандартами ГОСТ, был установлен в виртуальной инфраструктуре. Проведен анализ передаваемого сетевого трафика, с целью подтверждения выполняемого защитного преобразования данных, отправляемых между клиентом и сервером.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безопасный доступ к информационным ресурсам компании [Электронный ресурс] // Журнал «InformationSecurity/Информационная безопасность» №2, 2016 Режим доступа: http://lib.itsec.ru/, свободный (дата обращения: 02.03.2021);

2. Предоставление безопасного удаленного доступа к автоматизированным технологическим системам [Электронный ресурс] // Системы Безопасности Security and Safety Режим доступа: https://www.secuteck.ru/, свободный (дата обращения 03.03.2021);

3. Импортозамещение в сфере удаленного доступа в том числе с поддержкой отечественного ПО и оборудования [Электронный ресурс] // ООО «РусБИТех-Астра» Режим доступа: https://astralinux.ru/, свободный (дата обращения 05.03.2021).

УДК 683.3.06

Вильдяйкин Геннадий Федорович, кандидат технических наук, доцент;
Vildyaykin Gennady Fedorovich.
Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

ЗАЩИТА СОБСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ ОБЪЕКТОВ С ПОЗИЦИИ ИХ ИЗМЕНЕНИЙ

PROTECT YOUR OWN OBJECTS' FIELDS FROM A POSITION TO CHANGE THEM

Аннотация. Работа посвящена исследованию собственных электромагнитных и акустических полей объектов и их изменения для защиты объектов.
Abstract. The work is dedicated to study of the objects' own electromagnetic and acoustic fields and their changes to protect objects.
Ключевые слова: защита, поля.
Keywords: protection, fields.

1.Подход к исследованию задачи противодействия (ПД) технической разведки (ТР) и защите информации (ЗИ)

Подход к ПД ТР. и ЗИ состоит в изменение собственных полей и полей отражения и представлен на следующей схеме.

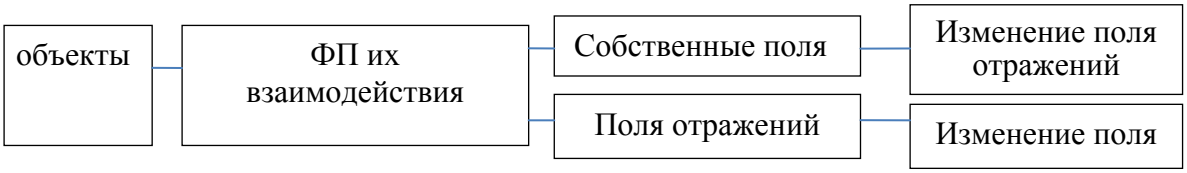
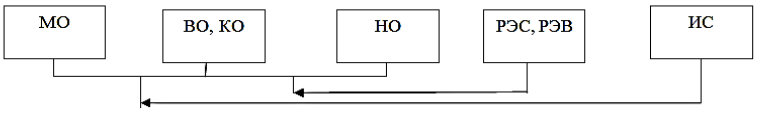


Рисунок 1 - Схема исследований

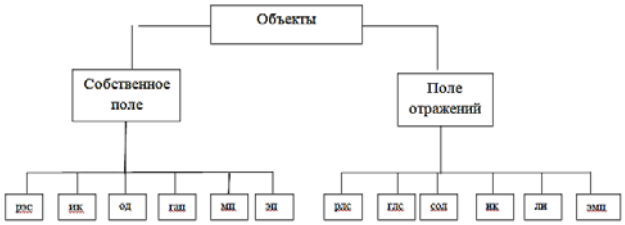
Мы будем рассматривать технические объекты и среду как условия существования объекта. Множество объектов их размещение крупным планом представлен в следующем виде рис. 2:



МО-морские объекты; ВО, К-воздушные и космические объекты;
НО-наземные объекты; РЭС, РЭВ-радиоэлектронные средства,
радиоэлектронное вооружение; ИС-информационные системы
Рисунок 2 - Объекты

Все объекты имеют физические поля и их взаимодействия. Класс физических полей, их суперпозиция и нелинейные взаимодействия, математические модели описаны в [1].

Представим структуру физических полей объектов, подлежащих защите. Любой объект защиты имеет собственное физическое поле и физическое поле, сформированное за счет воздействия на него внешнего поля, и изменения поля позволяет маскировать или скрывать объект. С этих позиций будем рассматривать, и исследовать защиту объектов и противодействие технической разведке.



рэс-радиоэлектронного средства; ик – инфракрасное; оп-оптическое;
гап-гидроакустического; мп-магнитного; эп-электрического;
глс-гидролокационная станция; сол-солнечное излучение;
ли-лазерное излучение
Рисунок 3 - Структура собственного поля и поля отражений

ПД и ЗИ состоит в том, чтобы изменить эти поля в каждом множестве, подмножестве и классе до значений, до уровня, удовлетворяющему определенному принятому критерию. Характеристики поля объекта, уровни поля могут принимать величины от нулевого значения до регламентированного, позволяющие обеспечить эффективное ПД и ЗИ. Будем исследовать защиту собственных полей ЭМП объектов в частотном диапазоне 10кГц-100ГГц, в инфракрасном и оптических диапазонах, а также защиту акустических полей.

2. ТЗ собственного излучения в радиотехническом диапазоне.

Критерием защищенности собственного излучения в радиотехническом диапазоне выберем спектральные уровня мощности собственного излучения, не превышающие нормируемого значения спектрального уровня мощности поля помех для возимых средств разведки [2].

Эквивалентная схема средства разведки по входу представлена как последовательное соединение входных сопротивлений антенны $\boldsymbol{Z_A}$ и при-

емника $\boldsymbol{Z_{пр}}$, электродвижущей силе $\boldsymbol{e}$, возбуждаемой приходящей электромагнитной волной на выходе антенны.

Значение $\boldsymbol{e}$ определяется напряженностью поля $\boldsymbol{E}$ волны, действующей высотой антенны $h_д$ и нормированной функцией угловых координат $A(\theta, \phi)$: $\boldsymbol{e = E h_д A(\theta, \phi)}$

Измеренное напряжение на входе приемника равно:

$U_{пр} = E h_д A(\theta, \phi) Z_{пр} / (Z_{пр} + Z_A)$,а мощность, выделяющаяся во входной цепи приемника на активном сопротивлении $R_{пр}$ равна:

$$P_{пр} = E^2 h^2_д A^2(\theta, \phi) R_{пр} / |Z_{пр} + Z_A|^2$$

Оптимальный режим приема обеспечивается в случае, когда $\boldsymbol{A(\theta, \phi)} = 1$, т. е. волна приходит с направления главного максимума диаграммы направленности и $Z_{пр} = Z_A$, т. е. входные сопротивления антенны и приемника комплексно-сопряженные величины.

При оптимальном режиме приема, мощность, выделяющаяся во входной цепи приемника и напряжение на входе приемника равны:

$$P_{опт} = \boldsymbol{E^2} h^2_д / 4R_A; \qquad U_{пр\,опт} = E h_д.$$

Расчет $P_{опт}$ был проведен для значений сопротивлений антенны R_A=50 ом, - действующей высоте антенны $h_д$ =1м. и напряженности E, выраженной в [мкв/м кГц^{0,5}]. Также был проведен пересчет мощности сигнала в полосу 1 Гц, т.е. в спектральную мощность.

Результаты расчета представлены в виде графиков на рис 4, где график1 характеризует рассчитанные спектральные уровни мощности нормированного электромагнитного шума для переносных и возимых технических средств разведки, используемых при оценки эффективности противодействия в частотном диапазоне 1кГц - 100ГГц.

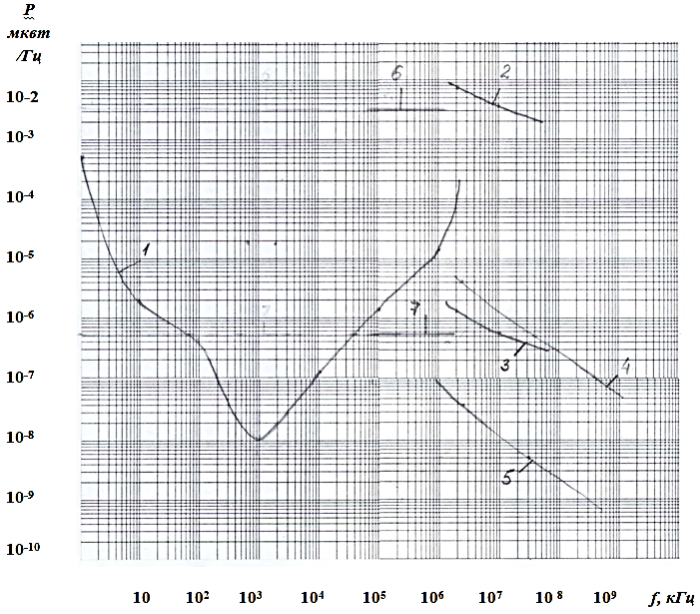


Рисунок 4 - Спектральные уровни мощности нормируемого электромагнитного шума и уровни собственного шума объектов

На этом же графике представлены спектральные уровни собственных излучений различных объектов (минимальные и максимальные).

График 2 и 3 характеризует мощность радиоизлучений станций фиксированной службы и космической радиосвязи для простого и сложного сигнала. Графики 1 и 2 показывают собственный уровень излучений объектов (РЭС - передатчиков мощностью 13дБВт и 10дБВт) на расстоянии 1км, в полосе 2,7 кГц и 17 МГц на частотах в соответствии с «Регламентом..» [3].

Графики 4,5 соответствует собственному излучению реальной РЛС с базой сигнала В=1 и В >>1 соответственно.

Излучения средств связи морских, воздушных и других подвижных объектов охватывает весь спектр ЭМ излучений [4]. Для примера, графики 6 и 7 показывает возможность скрытия работы передатчика мощностью 10 ватт на расстоянии 1 км с разными полосами излучений 2,4кГц и 17мГц, т.е. использование излучений сигналов большой базы смещает излучения в область ниже нормируемых шумов, что обеспечивает защиту собственных излучений объектов. Полученные результаты наглядно показывают основной принцип технической защиты собственных излучений - изменение, уменьшение излучений.

3.ТЗ собственного излучения в инфракрасном и оптическом диапазонах.

Рассмотрим граничные значения собственного излучения объектов максимальные и минимальные в частотном (волновом) диапазоне от 0,1 мкм (ультрафиолетовый) до 25 мкм (ИК – диапазон).

Максимальное собственное излучение объектов представим абсолютно черным телом, которые имеют спектральную интенсивность плотность излучения и определяется законом Стефана - Больцмана $\mathbf{R=\sigma T^4}$.

За минимальный уровень собственного излучения целесообразно принять, излучение земной и морской поверхности, на фоне которого проводится разведка собственных излучений объектов.

Излучение энергии землей в мировое пространство пропорционально поглощенной. Спектральные распределения поглощенной и излученной радиации Землей отличаются весьма существенно.

В рассматриваемом спектральном диапазоне излучение обусловливается главным образом собственным тепловым излучением системы Земля − атмосфера. Примерно 99 % теплового излучения земной поверхности сосредоточено в диапазоне 3,0–80 мкм. Рассматривают два максимума в спектре излучения поверхности земли. Это дневное отражение солнечной энергии в диапазоне 0,5 мкм и собственное тепловое излучение днем и ночью с длинной волны 9,0-10,0 мкм [4].

Техническая защита собственных излучений состоит в изменении уровней собственных излучений до уровня фона излучения от земли. Для наглядности этого принципа были проведены расчеты характеристик спектральной интенсивности излучения земли и объектов. Для этих целей использовались справочные таблицы по ИК излучению нагретых тел. (Брамсон М.А., М. Наука, 1964) [4]. Полученные данные представлены на рис.5.

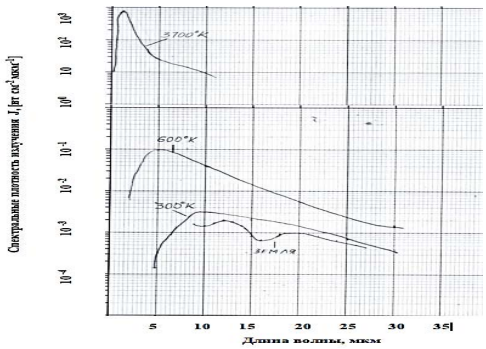


Рисунок 5- Характеристики спектральной интенсивности излучения земли и объектов

Рассмотрим эти результаты. Излучение при температуре 3700^0К соответствует полету ракеты с дальностью 1600 км. Излучение при 600^0К соответствует, например, работе турбовинтового двигателя самолета. Уровни излучений этих объектов на шесть и два порядка выше уровня излучений земли. Эти излучения находятся в коротковолновой ИК области. Соответственно очень трудно изменить излучения с целью ТЗ от разведки. Реально рассматривать более распространенные объекты с температурой 300^0К. Уровень излучений таких объектов превосходит всего лишь в 1,5 - 2,0 раза уровни излучений от земли, а в высокочастотном диапазоне ниже фона земли. Задача ТЗ сводится к уменьшению уровней за счет организационно технических мероприятий.

4.Вопросы технической защиты акустического поля.

Здесь рассмотрим, прежде всего, гидроакустические (ГА) поля собственного излучения объектов, которыми являются первичные акустические поля кораблей (шум винтов, работа двигателей и механизмов), а также сигналы активных гидроакустических средств (станций гидроакустической связи, гидролокаторов), содержащих информацию. Рассмотрим частотный диапазон 10 Гц -20 кГц.

Оценку технической защиты рассмотрим на фоне естественных гидроакустических помех, описанных Фурдуевым А.В. [5]. Характеристики полей, спектральный уровень давления, приведены на рис. 6.

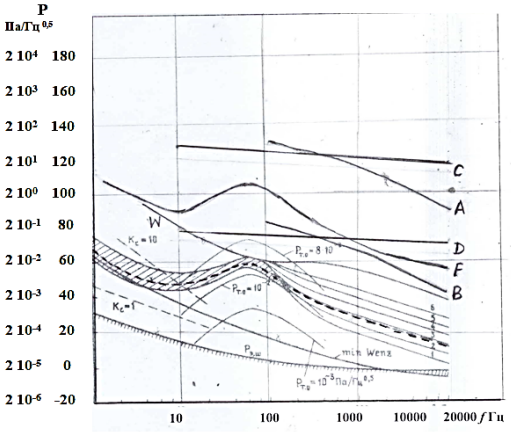


Рисунок 6-Обобщенные спектры шумов океана и собственные ГА поля объектов

За минимальный спектральный уровень шума примем пунктирную кривую в заштрихованной области на рис.6.

Критерием оценки защищенности примем спектральный уровень ГА шумов объекта на расстоянии 1 км от объектов, который должен быть равен или ниже уровня шумов моря.

Кривая А соответствует шуму крейсера на скорости 12 узлов на расстоянии 1м [6]. Кривая В – на расстоянии 1км. Оценку защищенности собственных ГА полей объекта проведем на примере распространения акустических волн в мелком море, в однородной среде. Расчет давления на расстоянии 1 км проводился для случая частично отражающих границ, где применим «закон 3/2» для убывания интенсивности звука. Соответственно давление изменяется по закону пропорционально степени 3/4 [6]. Множеством факторов, определяющих в данном случае потери на дистанции 1км можно пренебречь.

В [7] приводятся уровни шумы современных подводных лодок (ПЛ) США в частотном диапазоне 10-10000 Гц, на расстоянии 1м, в дБ относительно мкПа. Если считать, что это спектральные уровни, и провести пересчет данных относительно 2 10^{-5} Па/Гц то получим кривую С на рис. 6. Кривая D соответствует спектральному уровню на дистанции 1км.

Кривая F соответствует спектру собственных шумов ГА любого объекта, при котором на расстоянии 1км от объекта спектральный уровень объекта равен спектральному уровню шумов моря.

В случае распространения звука в слое ограниченном отражающими границами интенсивность звука убывает обратно пропорционально расстоянию и тогда графики B,D,F смещаются вверх на 15 дБ.

Для глубокого моря интенсивность спадает по сферическому закону, а графики B,F,D соответственно на 15 дБ будут ниже.

Если сравнить информацию о шумах ПЛ [8], динамику изменения шумности на рис.6 и минимальный спектральный уровень шума, то можно говорить о возможности скрытия шумов ПЛ последнего поколения. Уменьшение акустического поля ПЛ есть показатель ее защищенности.

Выводы. Проведен расчет спектральных уровней излучений электромагнитных и гидроакустических полей, приведены рассчитанные графики для уровней помех и собственного излучения объектов. Показана возможность обеспечения защиты объектов за счет изменения уровней собственных физических полей

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.Г.Ф.Вильдяйкин. Исследование и оценка параметров сигналов в распределенных информационных системах.// Ridero, ISBN 978-5-4493-9740-9. 2018,- 100с.

2. А.П. Дураковский, И.В. Куницын, Ю.Н. Лаврухин, Контроль защищенности речевой информации в помещениях. Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015. – 152 с.

3. Е.И.Егоров, Н.И.Калашников, А.С.Михайлов., Использование радиочастотного спектра и радиопомехи//М.:Радио и связь,1986.-304 с.

4. Ю.П., Сафронов, Р.И.Эльман. Инфракрасные распознающие устройства// М.:Воениздат, 1976.-207 с.

5. А.В. Фурдуев Спектры шумов океана и псевдозвуковые помехи звукоприему // Вопросы судостроения. Сер. Акустика.1978. Вып.10. с 41-51.

6**.** А. П. Сташкевич. Акустика моря. Л.: Судостроение, 1966,- 253с.

7.Защита и скрытность. Flot.com . Режим доступа: https://flot.com/publications/books/shelf/submarines//. 2021

8. П. Румянцев. ВМФ России. Состояние и перспективы. Часть 5. Сайт «Новый оборонный заказ». Режим доступа: https://dfnc.ru/c106-technika/vmf-rossii-sostoyanie-i-perspektivy-chast-5// 2020.

УДК 004.9

Глухова Злата Владимировна, бакалавр; Glukhova Zlata Vladimirovna
Школа экономики и менеджмента Дальневосточный федеральный университет

ВЗАИМОСВЯЗЬ И ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

INTERCONNECTION AND INTERDEPENDENCE OF INFORMATION SECURITY AND DIGITAL ECONOMY

Аннотация. Активное развитие цифровой экономики во всех сферах обеспечения жизнедеятельности современного общества, использование финансовых инструментов и технологий напрямую связано с необходимостью защиты информации, противодействию возникающим рискам и угрозам как для национальной, так и для мировой экономики. В условиях расширяющегося виртуального экономического пространства обеспечение информационной безопасности становится все более актуальным для всех участников экономических отношений.

Abstract. The active development of the digital economy in all spheres of ensuring the vital activity of modern society, the use of financial instruments and technologies is directly related to the need to protect information, counter emerging risks and threats for both the national and the global economy. In the context of the expanding virtual economic space, information security is becoming increasingly important for all participants in economic relations.

Ключевые слова: информационная безопасность, цифровая экономика, виртуальные экономические отношения, финансовые риски

Keywords: information security, digital economy, virtual economic relations, financial risks

Развитие глобализации и интернационализации, использование современных информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ) во всех сферах обеспечения жизнедеятельности современного общества, оказали большое влияние на мировую и национальные экономики, и стали причиной «оцифровки» многих социально-экономических процессов. С

расширением ИКТ произошла трансформация экономических отношений, в результате которой появились цифровая экономика (далее – ЦЭ) и виртуальное экономическое пространство, с соответствующими финансовыми технологиями, платежными средствами и инструментами, функционирующими на базе цифровых платформ.

Активное использование ИКТ и ЦЭ не только повысило эффективность бизнес-процессов, снизило транзакционные издержки, время на проведение операций и т.д., но и привнесло новые финансовые риски и угрозы, усилило востребованность *информационной безопасности*, которой как составному элементу *государственной безопасности* уделяется повышенное внимание.

Развитие ИКТ и ЦЭ видоизменило и теорию, и практику описывающей их науки, возникли новые направления, методы и методики, описывающие «оцифровку» современного общества.

Авторы, соотносящие себя с различными научными школами, предлагают широкую трактовку *информационной безопасности*: кибер- и компьютерная безопасность, безопасность (информации, информационных технологий, цифровых данных и т.д.), защищенность информационной сферы, защита информации и т.д., описывают цели, задачи, принципы, способы и средства защиты, возникающие риски, угрозы.

В нормативно-правовых документах вопрос информационной безопасности, также достаточно актуален и реализован в виде Доктрины, Концепции, Стратегии, Федеральных законов и т.д.

Расширение виртуального экономического пространства с использованием мобильных платежей, онлайн ведение бизнеса, приобретение товаров и услуг с помощью различных приложений, кардинально изменили существующие бизнес-модели, заставляя хозяйствующие субъекты всех форм собственности адаптироваться к «цифровой» трансформации. В тоже время появились новые угрозы, риски и преступления, что в конечном итоге дало импульс для пересмотра существующих приоритетов информационной безопасности.

На начало 2021 г.:

- численность населения составила 7,83 млрд человек;
- мобильными устройствами пользуются 5,22 млрд (66,6 % населения);
- общее количество мобильных подключений составляет 8,02 млрд;
- Интернетом пользуются 4,66 млрд;
- проникновение Интернета составляет 59,5 %.
- насчитывается 4,20 млрд пользователей социальных сетей (53,6 % населения) [3].

Вследствие введения в 2020 г. ограничительных мероприятий, связанных с предотвращением распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19 стали активно развиваться: электронная коммерция, службы клиентской поддержки, технологии виртуальной реальности, финансовые технологии, новые виды денежных средств в виде криптовалюты и т.д.

Увеличение количества пользователей мобильных средств связи, использующих ИКТ и цифровые платформы, характеризуются попытками доступа к личной информации, мошенничеством с использованием электронных платежных систем, хакинга, кардинга, фрода, вирусов-шифровальщиков, вредоносного программного обеспечения и т.д.

Достаточно часто ИКТ и Интернет-ресурсы используются для хранения личной информации, составляющей личную или семейную тайну. Участились атаки на пользователей iOS, с целью получения информации от пользователей для доступа к облачным серверам, на которых хранятся логины и пароли для других сервисов и полные копии устройств. Нередко злоумышленники выходят на пользователей и шантажируют их компрометирующими материалами [2].

По данным генеральной прокуратуры Российской Федерации, количество преступлений, совершенных с использованием ИКТ за последние 5 лет увеличилось более чем в 11 раз, а удельный вес в структуре преступности возрос с 1,8 % до 25 %.

Наиболее распространены мошенничества в сфере ИКТ или компьютерной информации, на которые приходится около 70 % всех хищений, совершенных путем обмана или злоупотребления доверием (+73,4 %, 237,1 тыс.). При совершении 25,8 тыс. (+42,4 %) мошенничеств использовались электронные средства платежа. На преступления, совершенные с использованием ИКТ или в сфере компьютерной информации, приходится каждое четвертое зарегистрированное в 2020 г. преступление (+73,4 %, 510,4 тыс.). Большинство «киберпреступлений» совершается с использованием сети «Интернет» (300,3 тыс.) или при помощи средств мобильной связи (218,7 тыс.) [1].

Таким образом, информационная безопасность стала более многоаспектной и находится в прямой зависимости от уровня развития общества, использования ИКТ, сопутствующих им рисков и уязвимости информационной инфраструктуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Состояние преступности в России за январь - декабрь 2020 года Генеральная прокуратура Российской Федерации. Главное управление правовой статистики и информационных технологий. М. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2021/02/december.pdf (дата обращения: 27.02.2021).

2. Ульянов М. В. Преступления, совершаемые с использованием информационных технологий: динамика и тенденции // ОБЩЕСТВО И ПРАВО. 2020. № 2 (72). С. 32-36.

3. Digital 2021: The latest insights into the “State of digital” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wearesocial.com/blog/2021/01/digital-2021-the-latest-insights-into-the-state-of-digital (дата обращения: 28.02.2021).

УДК 004.056
Исаченко Юлиан Валерьевич, курсант; Isachenko Yulian Valeryevich
Сизоненко Александр Борисович, доктор технических наук, доцент;
Sizonenko Aleksandr Borisovich
Краснодарское высшее военное училище им. С. М Штеменко

МЕТОДИКА РАНЖИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

METHODOLOGY FOR RANKING THE QUALITY INDICATORS OF INFORMATION SECURITY TOOLS BASED ON THE METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению и структурированию показателей качества средств защиты информации. На основе метода анализа иерархий разработана методика ранжирования показателей качества средств защиты информации.
Abstract. This work is devoted to the consideration and structuring of indicators of the quality of information security tools. Based on the method of hierarchy analysis, a method for ranking the quality indicators of information security tools is developed.
Ключевые слова: метод анализа иерархий, средства защиты информации.
Keywords: hierarchy analysis method, information security tools.

Информационные технологии все глубже проникают во многие сферы жизни общества. Наряду с этим большое значение приобретает защита информации. Для решения задачи обеспечения информационной безопасности используются различные средства защиты информации: технические, программные, аппаратные, криптографические и другие. С их полным перечнем можно ознакомиться в реестре ФСТЭК России [1]. Из такого обширного перечня необходимо выбрать наиболее подходящее средство защиты информации по заданным критериям. Для этого следует сформировать критерии, учитывая их важность, и сравнить по ним между собой вышеуказанные средства. Решить данную задачу позволяет рассмотренный в статье метод анализа иерархий, предложенный Томасом Саати [2].

Итак, цель – выбор средства защиты информации. Для успешного осуществления цели необходимо подобрать критерии выбора. Они изложены в следующем документе: ГОСТ Р 52447-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Защита информации. Техника защиты информации. Номенклатура показателей качества [3]. Это показатели:

1) назначения;

2) надежности и долговечности (безотказности, сохраняемости, ремонтопригодности);

3) эргономичности;

4) технологичности;

5) эстетичности;
6) стандартизации и унификации;
7) экологичности;
8) безопасности;
9) транспортабельности;
10)экономичности.

Далее следует составление матрицы парных сравнений для выбранных критериев. Строится квадратная матрица размерностью в зависимости от количества критериев (в данном случае 10х10). Наименования столбцов и строк будет соответствовать отобранным критериям.

Для заполнения ячеек используется девятибалльная шкала, предложенная Томасом Саати, указанная в [2].

Таблица 1 – Девятибалльная шкала

Степень значимости	Определение
1	Одинаковая значимость
3	Некоторое преобладание значимости одного действия над другим (слабая значимость)
5	Существенная или сильная значимость
7	Очевидная или очень сильная значимость
9	Абсолютная значимость
2,4,6,8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы
Обратные величины приведенных выше чисел	Если действию i при сравнении с действием j приписывается одно из приведённых выше чисел, то действию j при сравнении с i приписывается обратное значение

Элементы под диагональю согласно свойству обратной симметричности матрицы вычисляются по формуле:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \quad (1)$$

где a_{ij} – элемент матрицы;
i,j=1,…,n;
n – размерность матрицы.

Для удобства можно добавить дополнительные столбцы, которые потребуются в дальнейших вычислениях. Это среднее геометрическое строки, рассчитываемое по формуле:

$$a_{geom\,i} = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \ldots \cdot a_{in}}, \quad (2)$$

где a_{ij} – элемент матрицы;
i,j=1,…,n;
n – размерность матрицы.

Следующий столбец – вес критерия, который находится по формуле:

$$w_i = \frac{a_{geom\,i}}{\sum_{j=1}^{n} a_{geom\,j}}, \quad (3)$$

где $a_{geom\,i}$ – среднее геометрическое i-ой строки;
i,j =1,…,n;
n – размерность матрицы.

Нормализованный собственный вектор X (вектор-столбец) содержит в себе значения весов критериев:

$$X = (w_1\, w_2\, \ldots\, w_n), \quad (4)$$

где w_i – вес критерия i-ой строки;

i=1,…,n;

n – размерность матрицы.

Также добавляется строка «сумма», в которой значения каждого столбца суммируются.

Итоговая матрица будет иметь вид (К1 - назначение, К2 - надежность и т.д.):

Таблица 2 – Матрица парных сравнений

	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9	К10	$a_{geom\ i}$	w_i
К1	1	2	4	5	9	6	9	7	8	3	4,481	0,288
К2	0,5	1	3	4	9	5	8	6	7	2	3,356	0,215
К3	0,25	0,333	1	2	7	3	6	4	6	0,5	1,738	0,112
К4	0,2	0,25	0,5	1	6	2	5	3	5	0,333	1,223	0,079
К5	0,111	0,111	0,143	0,167	1	0,2	0,5	0,25	0,333	0,13	0,223	0,014
К6	0,167	0,2	0,333	0,5	5	1	4	2	4	0,25	0,86	0,055
К7	0,111	0,125	0,167	0,2	2	0,25	1	0,333	0,5	0,14	0,298	0,019
К8	0,143	0,167	0,25	0,333	4	0,5	3	1	3	0,2	0,61	0,039
К9	0,125	0,143	0,167	0,2	3	0,25	2	0,333	1	0,17	0,371	0,024
К10	0,333	0,5	2	3	8	4	7	5	6	1	2,414	0,155
сумма	2,94	4,829	11,56	16,4	54	22,2	45,5	28,92	40,83	7,72	15,58	1

Следующий этап – вычисление отношения согласованности, показывающего справедливость выбора оценок при заполнении матрицы:

$$CR = \frac{CI}{CIS}, \quad (5)$$

где CIS – случайная согласованность, являющаяся постоянным числом для матрицы размера n (в данном случае для n=10 CIS =1,49);

CI – индекс согласованности, рассчитываемый по формуле:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}, \quad (6)$$

где n – размерность матрицы;

λ_{max} – максимальное собственное число матрицы, вычисляемое следующим образом:

1) сумма первого столбца умножается на вес первого критерия (расположен во второй строке столбца 13 в таблице 2), сумма второго столбца – на вес первого критерия и т. д.;

2) полученные произведения суммируются.

С учетом формул (5) и (6):

CR= 0,047462 (его значение должно быть не больше 0,1).

Вывод: оценки при заполнении матрицы выбраны справедливо.

Далее необходимо подобрать альтернативы (средства защиты информации), из которых надо выбрать наиболее удовлетворяющую приведенным выше критериям.

Затем строится еще 10 матриц парных сравнений для каждого критерия по отдельности, а сравниваться между собой будут уже средства защиты информации. Для каждой матрицы также необходимо вычислить нормализованный собственный вектор V.

После из полученных векторов составляется матрица и умножается на вектор-столбец X (4):

$$V = (V_1\ V_2\ \dots\ V_n) \cdot X, \quad (7)$$

где V_i – нормализованный собственный вектор i критерия;

i=1,…,n;

X – вектор-столбец.

Максимальное значение вектора V укажет на наиболее подходящее средство защиты информации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Государственный реестр сертифицированных средств защиты информации: [Электронный ресурс]. – URL: https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-po-sertifikatsii/153-sistema-sertifikatsii/591-gosudarstvennyj-reestr-sertifitsirovannykh-sredstv-zashchity-informatsii-n-ross-ru-0001-01bi00 (дата обращения: 01.03.2021).

2 Саати, Т. Принятие решений : Метод анализа иерархий / Т. Саати; Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 315 с.

3 ГОСТ Р 52447-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Защита информации. Техника защиты информации. Номенклатура показателей качества. // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200044725 (дата обращения: 01.03.2021).

УДК 681.3.06

Ложников Кирилл Александрович, студент; Lozhnikov Kirill Alexandrovich
Трещев Иван Андреевич, к.т.н., доцент «Информационная безопасность автоматизированных систем»; Treshchev Ivan Andreevich
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Россия

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CPN НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

HEURISTIC ANALYSIS OF NETWORK TRAFFIC USING CPN NEURAL NETWORKS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципа работы сетей встречного распространения и применению эвристического анализа траффика в реальном времени в локальных вычислительных сетях на ос-

нове наиболее часто встречающихся уязвимостей. В ходе исследования рассматривались различные конфигурации сети.

Abstract. This work is devoted to the study of the principle of operation of counterpropagating networks and the application of heuristic traffic analysis in real time in local area networks based on the most common vulnerabilities. The study looked at various network configurations.

Ключевые слова: сети встречного распространения, анализ траффика, локальные вычислительные сети.

Keywords: CPN, analysys of traffic, LAN.

Введение

Наиболее актуальны вопросы информационной безопасности в распределенных компьютерных системах, построенных на основе сетей передачи информации. Основными способами защиты от нарушения моделей разграничения доступа на данных момент являются антивирусное программное обеспечение, средства защиты от несанкционированного доступа, системы обнаружения и предотвращения вторжений и межсетевые экраны или файрволы (firewalls). Однако, основной механизм действия подобных систем – сигнатурный анализ, действие по строго определенным алгоритмам и сравнение со «слепками», характеризующими атаки, хранящиеся в базе данных. Данный подход довольно эффективен, но обладает существенным недостатком - не способность распознавать угрозы новых типов, уязвимости «нулевого дня». Эвристический анализ в свою очередь требует существенных затрат ресурсов как сетевого оборудования, так и ресурсов ЭВМ пользователей. Авторами предлагается проводить анализ сетевого трафика с использованием CPN (Counterpropagation Network - сеть встречного распространения) нейронных сетей, которые, после обучения, способны адаптироваться под новые типы угроз, распознавая их. Использование данной особенности позволяет системе защиты стать более гибкой и независимой, функционировать в реальном времени и реагировать за достаточно приемлемую латентность.

На рисунке 1 представлена структура сети встречного распространения. Классическое описание функционирования сети CPN представлено в [3].

Сети встречного распространения, также как и другие, функционируют в двух режимах: в нормальном , при котором принимается входной вектор X и выдается выходной вектор Y, и в режиме обучения, при котором подается входной вектор и веса корректируются, чтобы дать требуемый выходной вектор. При этом обучение может проходить как с учителем так и без.

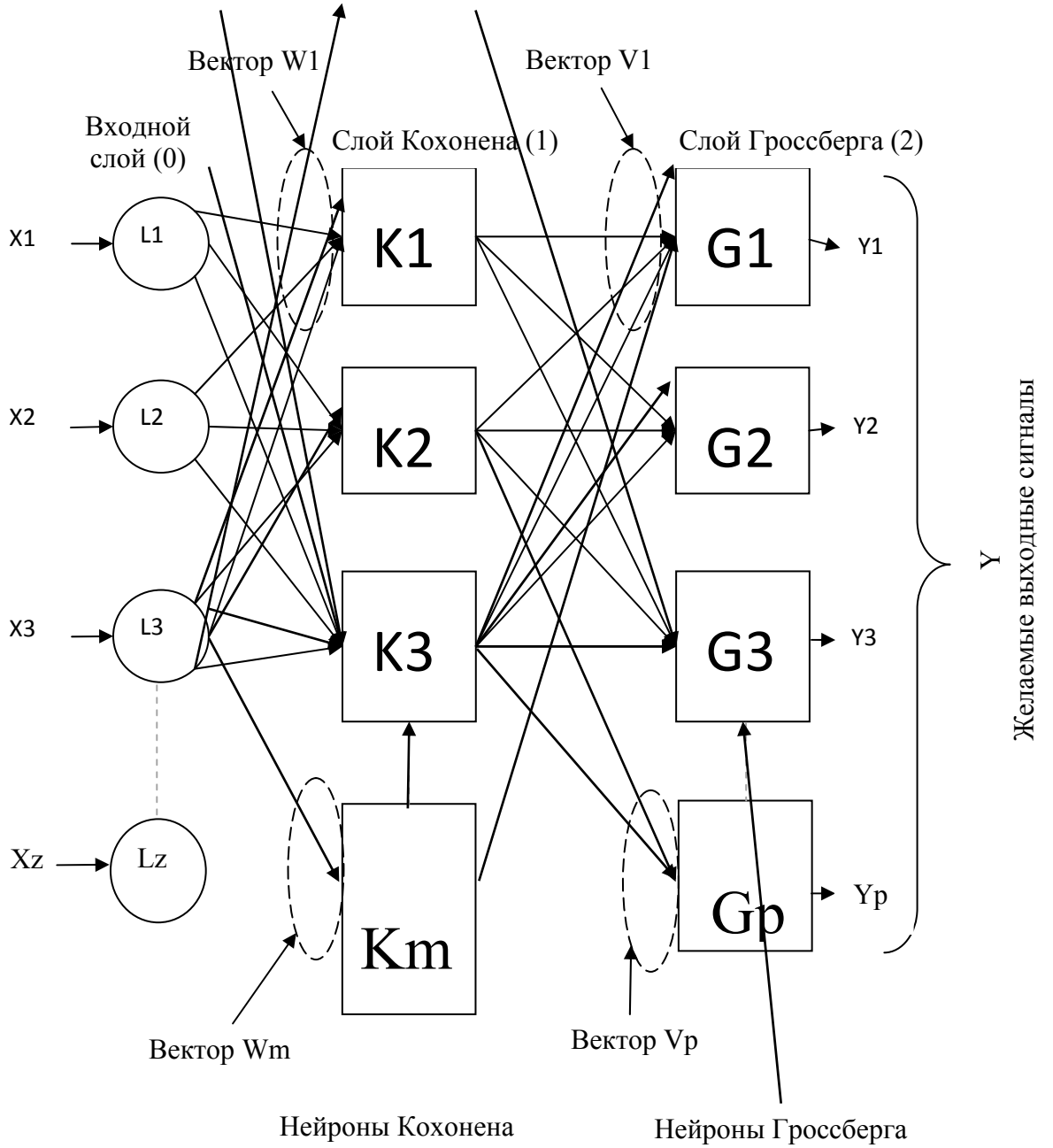


Рисунок 1 – Структура нейронной сети встречного распространения

Данный тип искусственных нейронных сетей удобно использовать для классификации. Входными параметрами такой сети является траффик, а именно необходимо сделать выборку для обучения по всем возможным сигнатурам атак из OWASP top 10, причем при реализации процесса обучения необходимо подать на входы несколько пакетов, или групп пакетов, которые имитируют атаки соответствующих типов. На выходе необходимо детектировать те группы пакетов, которые соответствуют действительным векторам атак.

В ходе эксперимента была обучена сеть с 256 входами 128 нейронами в промежуточных слоях и 10 нейронами слоя Гроссберга. Результаты классификации реального траффика представлены на рисунке 2.

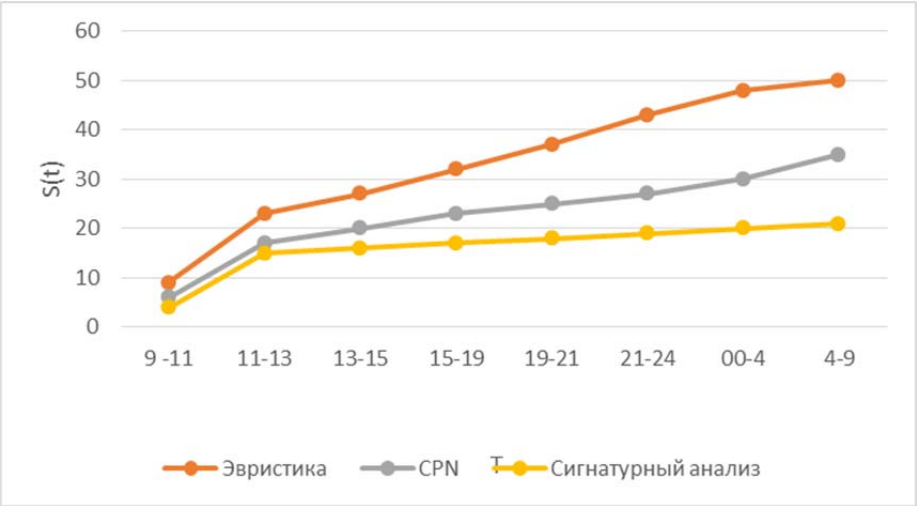


Рисунок 2 – Классификация реального трафика

Заключение

Использование CPN позволяет решить основную задачу классификации атак на информационные системы. Уровень ошибок допускаемых нейронной сетью относительно невелик, но стоит отметить, что результаты вычислительного эксперимента показывают более верное функционирование эвристических методов. Хотя стоит отметить, что нейронные сети позволяют проводить анализ в реальном времени, а эвристические методы хороши для отложенного анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богачев А.А., Батурин М.А., Трещев И.А. О подходе к созданию единой информационной системы аттестованных по требованиям информационной безопасности объектов : - Производственные технологии будущего: от создания к внедрению материалы международной научно- практической конференции, г. Комсомольск-на-Амуре / редкол.: С.В. Белых (отв. ред.)[и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017. – С 30-34.

2. Трещев И.А. Многомерные пространства дискреционных моделей доступа. : - Производственные технологии будущего: от создания к внедрению материалы международной научно- практической конференции, г. Комсомольск-на-Амуре / редкол.: С.В. Белых (отв. ред.)[и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017. – С. 154-160.

3. Трещев И.А., Григорьев Я..Ю. Обеспечение информационной безопасности в распределенных информационных системах на удаленных рабочих В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 309-312

УДК 004.056
Кайсаров Павел Сергеевич, студент; Kaysarov Pavel Sergeevich
Вильдяйкин Геннадий Федорович, кандидат технических наук, доцент;
Vildyaykin Gennady Fedorovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА SIEM-СИСТЕМ И ИХ ВНЕДРЕНИЕ НА КРУПНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

SIEM SYSTEM MARKET RESEARCH AND ITS IMPLEMENTATION AT A MAJOR ENTERPRISE

Аннотация. Данная работа посвящена анализу рынка SIEM систем и примеру внедрения системы в информационную систему компании “ФСК ЕЭС” для минимизации ущерба от инцидентов информационной безопасности.
Abstract. This work is devoted to the analysis of the SIEM systems market and a case of implementation the system into the information system of FSC EES to minimize damage from information security incidents.
Ключевые слова: SIEM, система, событие, модуль.
Keywords: SIEM, system, event, module.

SIEM-система применяется для решения задач аккумулирования и обработки информации о событиях безопасности. Хотя применение SIEM этим не ограничивается. Например, SIEM-системы используются для обнаружения и расследования инцидентов ИБ, контроля защищенности информации, корреляции событий и уведомления о них администраторов.

Не существует однозначно верного пути при выборе SIEM – системы для внедрения на предприятие больших масштабов. Каждая SIEM представленная на рынке обладает как положительными качествами, так и не лишена недостатков.

По статистике [1] 52% организаций говорят о неудовлетворенности эффективностью, используемой у них SIEM-системы в задаче выявления инцидентов ИБ. В один из основных недостатков организации выделяют большие издержки на выстраивание процессов реагирования и экспертизу инженеров. Около 70% компаний вынуждены нанимать дополнительный персонал для анализа и реагирования на инциденты, при этом значительная бюджета уходит на поддержку SIEM.

Рассмотрим несколько SIEM – систем популярных на российском рынке и выделим их плюсы и минусы [2].

Max Patrol SIEM – из плюсов стоит отменить следующие: создается российским производителем, находится в реестре отечественного ПО, модульность продукта, обеспечивающая высокую масштабируемость и производительность. Главным недостатком является высокая стоимость внедрения.

Комрад SIEM – преимуществом данной SIEM является широкий спектр поддерживаемых отечественных СЗИ и своевременное информирование и реагирование на различные виды угроз. Продукт находится в реестре отечественного ПО.

RuSIEM – продукт разрабатываемый отечественным вендором ООО “РуСИЕМ”. Выделяется высокой производительностью, широкими возможностями при интеграции новых источников, а также удобной системой лицензирования с невысокой стоимостью внедрения. Также находится в реестре отечественного ПО.

OSSIM – система разрабатываемая американской компанией “AT&T Cybersecurity” (бывшая “AlienVault”). У компании имеется 2 продукта: OSSIM – open-source версия, и USM – лицензируемая enterprise версия. Из преимуществ следует отметить построение системы на open-source проектах, большое сообщество пользователей и разработчиком. К минусам можно отнести отсутствие мониторинга облачных платформ и отсутствие в реестре отечественного ПО.

Имеются и другие SIEM-системы.

Из рассмотренных вариантов для внедрения в информационную систему предприятия был выбран продукт “RuSIEM”, из-за адекватной политики лицензирования и невысокой стоимости относительно российских аналогов.

Рассмотрим внедрение выбранной SIEM системы в одном из филиалов организации. В нашем случае было выполнено размещение основных компонент на одной ноде – ядро SIEM, с отдельным хранилищем на другой ноде (рисунок 1).

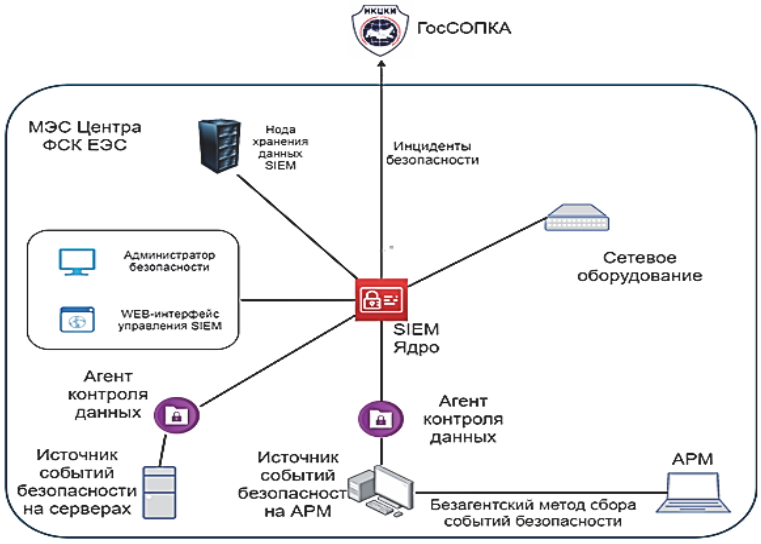


Рисунок 1 – Схема развертывания RuSIEM

Многочисленные требования заказчика к SIEM-системе предложено реализовать ядром “RuSIEM”, где находятся следующие модули (рисунок 2):

1) Модуль приема, через который происходит сбор событий с источников;

2) Модуль нормализации - выполняет функции парсинга событий, их сериализации и обогащение симптоматики;

3) Модуль корреляции – с помощью которого выявляются инциденты информационной безопасности и происходит уведомление о нем адресатов;

4) Модуль аналитики – модуль который дополняет SIEM: AI и DL системами, управление активами и многие другие функции, чтобы повысить способность своевременно обнаруживать различные угрозы.

Рисунок 2 – Модули ядра RuSIEM

Модуль хранения расположенный на отдельном сервере, отвечает за хранение данных о событиях, инцидентах, настройках, пользователях и др.

Агент используется для сбора информации с автоматизированных рабочих станций и серверов, в основном применятся на источниках без Syslog. Агент собирает данные локально, с установкой на устройство. При этом с помощью одного агента можно собирать данные с множества источников удаленно, без необходимости установки агента на каждую станцию, так называемым безагентским способом.

Таким образом, рассмотрен вариант использования “RuSIEM”, в компании “ФСК ЕЭС” в одном из ее филиалов для выявления инцидентов информационной безопасности с последующей передачей в ГосСОПКА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эффективная SIEM-система может и должна стоить дешевле [Электронный ресурс] // Tadviser.Ru Режим доступа: https://www.tadviser.ru, свободный (дата обращения: 20.02.2021).

2. Обзор мирового и российского рынка SIEM-систем [Электронный ресурс] // Anti-Malware.Ru Режим доступа: https://www.anti-malware.ru, свободный (дата обращения: 15.02.2021);

3. Обзор RuSIEM, российской SIEM- системы [Электронный ресурс] // Anti-Malware.Ru Режим доступа: https://www.anti-malware.ru, свободный (дата обращения: 25.02.2021).

УДК 621.391
Маргарян Мери Самвеловна, аспирант; Margaryan Meri Samvel
Национальный политехнический университет Армении

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРАТКОВРЕМЕННОГО ФУРЬЕ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ГОЛОСОВОЙ БИОМЕТРИИ

ABOUT THE POSSIBILITY OF USE OF THE SHORT-TERM FOURIER TRANSFORM IN THE APPLICATIONS OF VOICE BIOMETRICS

Аннотация. Технология биометрической идентификации быстро набирает популярность как средство защиты, снижающее количество случаев мошенничества и краж, поскольку в ней для идентификации личности используются уникальные биологические и физиологические характеристики пользователя [1].
В статье рассмотрены биометрические голосовые системы идентификации, приведена методика анализа голосового сигнала с применением кратковременного Фурье-преобразования с оконной функцией Хэмминга. В программном пространстве LabVIEW 2020 смоделирован модуль распознавания голоса.
Abstract. Biometric technology is rapidly gaining popularity as a security tool that reduces fraud and theft by using physical characteristics and personality traits to identify people.
This article explores biometric voice identification systems, a technique for analyzing a voice signal using a short-term Fourier transform with a Hamming window function is presented. The main limitations of traditional methods of Fourier transform for voice identification problems are considered. A voice recognition module is modeled in the LabVIEW 2020 software space.
Ключевые слова: биометрические систем идентификации, быстрое преобразование Фурье (БПФ), LabVIEW.
Keywords: biometric identification systems, fast Fourier transform (FFT), LabVIEW.

Технология распознавания голоса становится возможной после создания цифровой модели голоса человека. Голосовой сигнал разбивается на отдельные «звуковые кадры», которые затем преобразуются в цифровую модель. Далее выделяется короткий кадр (интервал) композиции, состоящий из дискретных отсчётов, который условно считается периодическим и к нему применяется преобразование Фурье. В результате преобразования формируется массив комплексных чисел, содержащий информацию об амплитудном и фазовом спектрах анализируемого кадра [2].

Следует отметить, что некорректное выполнение процедур голосовой идентификации и аутентификации обусловлено такими факторами, как эмоциональное состояние пользователя, сложная акустическая обстановка

(шум, помехи, радиоволны), простудные заболевания и естественные изменения голоса. Во всех подобных случаях точный анализ произвольных сигналов (в том числе и нестационарных) преобразованием Фурье наталкивается на многочисленные недостатки и сложности.

Для преодоления вышеперечисленных проблем в приложениях голосовой биометрической идентификации, наиболее предпочтительно применение оконного или кратковременного преобразования Фурье. **Оконное преобразование Фурье** − это разновидность преобразования Фурье, определяемая следующим образом:

$$A(t,\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t)W(t-b)e^{-i\omega t}dt, \qquad (1)$$

где $W(t-b)$ - некоторая оконная функция, b - сдвиг окна на временной оси.

В каждом отдельном окне выполняется спектральное разложение сигнала, и таким образом для более точной идентификации пользователя используется набор спектрограмм.

Окно Хэмминга применяется для уменьшения уровней боковых лепестков в сигнале. Данное окно также обеспечивает меньшую ширину главного лепестка и резкую переходную полосу. Окно Хэмминга имеет лучшую избирательность и описывается формулой:

$$\omega(n) = 0.53836 - 0.46164\,cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \qquad (2)$$

где N - ширина окна, $\omega(n)$ − оконная функция.

В пространстве LabVIEW 2020 разработана программа, позволяющая записывать звуковой сигнал в реальном времени и производить спектральный анализ этих сигналов [3].

Рисунок 1- представлена часть блок-схемы системы анализа голоса с использованием оконной функции Хэмминга.

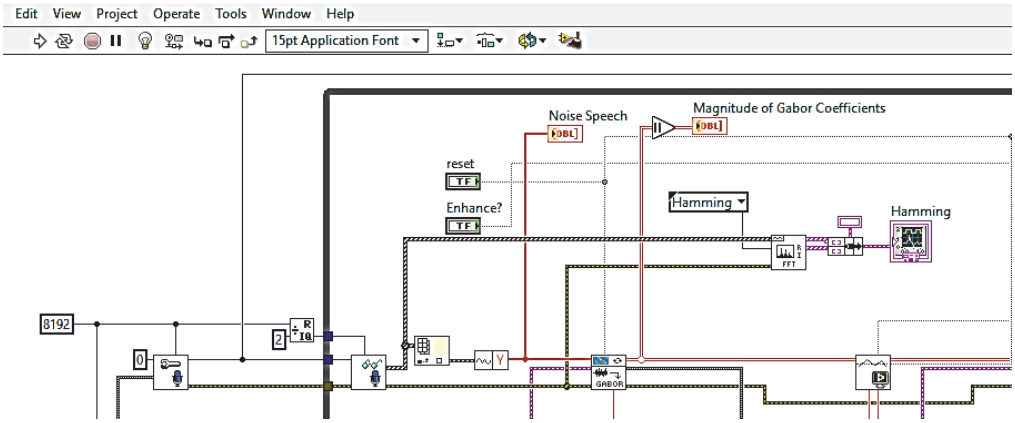


Рисунок 1 – Часть блок-схемы программы

Ниже - лицевая панель программы, где хорошо виден входной сигнал и анализ этого сигнала с помощью оконной функции Хэмминга.

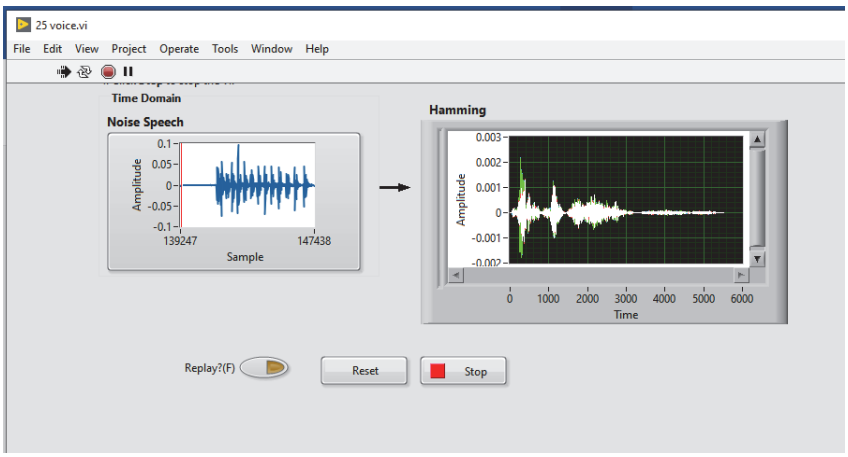


Рисунок 2 – Лицевая панель программы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Garcia R.L., Lopez C.A. Biometric Identification systems. ETSI Telecommunication University of Valladolid, Valladolid, Spain. 2005. 2539-2557 p.

2. Hartmann, William M., "Signals, Sound, and Sensation," American Institute of Physics, New York. 1997. 647 p.

3. National Instruments. LabVIEW Fundamentals. Austin, Texas,2005-165p.

УДК 004.75

Меджидов Заур Уруджалиевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и информационная безопасность»
Medzhidov Zaur Urudzhalievich
ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства», г. Махачкала
Dagestan State University of National Economy, Makhachkala, Russia

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕВЫХ АТАК

FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF DISTRIBUTED NETWORK ATTACKS

Аннотация. В настоящее время, в связи с активным использованием информационных технологий во всех сферах жизнедеятельности Российской Федерации, резко возрос уровень киберпреступности. Наблюдается значительный рост различных видов кибератак на информационные системы различного уровня, в том числе и распределенных сетевых атак типа DDoS. Это приводит к остановке деятельности сетевых ресурсов и работы серверов различных компаний. Весьма актуальным является решение проблемы по своевременному обнаружению и нейтрализации подобных кибератак, определению причин и условий их происхождения.

Abstract. Currently, due to the active use of information technologies in all spheres of life of the Russian Federation, the level of cybercrime has sharply increased. There is a significant increase in various types of cyber attacks on information systems at various levels, including distributed network attacks such as DDoS. This leads to the shutdown of network resources and the operation of servers of various companies. It is very urgent to solve the problem of timely detection and neutralization of such cyber attacks, determining the causes and conditions of their origin.
Ключевые слова: распределенные сетевые атаки, защита информации, информационная безопасность, кибербезопасность.
Keywords: distributed network attacks, information security, information security, cybersecurity.

Введение

При обеспечении беспрерывной работы объектов информатизации на основе использования современных информационных систем возникают задачи по обеспечению их стабильной работы, надежности и устойчивости к различным видам кибератак, возможности доступа к данным в любой момент времени.

Одним из самых распространенных видов атак является DDoS (Distributed Denial of Service) атака или, по-другому, распределенная атака типа «Отказ в обслуживании». Последствия ее реализации проявляется в переполнении буферов, блокировании процедур обработки, «отбрасыванию» пакетов сообщений. Главной целью данной атаки является нагрузка всей системы до отказа, в результате реализации которой исключается или существенно затрудняется возможность пользователей получить доступ к данной системе. Особенно опасными являются угрозы в тех случаях, когда атакуемая информационная система представляет собой распределенную систему и имеет подключение к сетям общего пользования [1].

Угрозы в виде «Отказа в обслуживании» могут быть реализованы за счет наличия уязвимости в сетевом программном обеспечении. Это позволяет злоумышленнику сформировать такие условия, при которых операционная система будет не в состоянии обрабатывать поступающие пакеты. К разновидностям таких угроз относятся явный и скрытый отказ в обслуживании.

Основная часть

Явный отказ в обслуживании может быть вызван несколькими причинами [2].

1. За счет переполнения очередей запросов. Это вызывает значительную загрузку ресурсов информационной системы и в результате легальные запросы невозможно передать ввиду переполнения очередей запросов или недоступности среды передачи. Угрозы данного типа представлены следующими разновидностями:

– шторм сообщений почтовому серверу (Spam);

– шторм широковещательных эхо-запросов (Smurf);

– направленный шторм (SYN-flooding).

2. За счет передачи злоумышленником управляющих сообщений от имени других сетевых устройств наблюдаются нарушения логической связности между техническими средствами информационной системы, что вызывает изменение маршрутно-адресных данных (DNS-flooding, ICMP Redirect Host).

3. При передаче злоумышленником пакетов сообщений с нестандартными атрибутами (угрозы Bonk, Nuke, Land, UDP-bomb) или передаче пакетов, превышающих максимально допустимый размер (Ping Death), происходит сбой в работе сетевых устройств, которые участвуют в обработке запросов.

Скрытый отказ в обслуживании реализуется за счет использования ресурсов информационной системы путем передачи злоумышленником пакетов сообщений, снижающих, как производительность сетевых устройств, так пропускную способность каналов связи.

Реализация вышеуказанных угроз может вызвать переполнение очереди запросов и даже полную остановку работы сервера. Рассмотрим возможные последствия при реализации различных видов атак.

Атаки, приводящие к частичной загрузке ресурсов, вызывают последствия в виде снижения производительности сетевых устройств и серверных приложений, пропускной способности каналов связи.

Полная загрузка ресурсов информационной системы за счет сетевых атак приводит к невозможности передачи сообщений из-за отказа в установлении соединения и отсутствия доступа к каналам связи.

Атаки, приводящие к нарушению логической связности, исключают возможность передачи сообщений ввиду отсутствия корректных маршрутно-адресных данных, а также получения услуг из-за модификации паролей и идентификаторов.

Проводимые атаки, основанные на использовании ошибок в программном обеспечении, приводят к нарушению работоспособности сетевых устройств. Подобные виды атак реализуются, как правило, на сетевом и транспортном уровнях.

Необходимо отметить, что в ходе сетевых атак с целью их усиления могут использоваться рабочие станции, а именно сеть, состоящая из зараженных компьютеров [4].

По характеру воздействия на тот или иной ресурс DDoS атаки можно также разделить на атаки, оказывающие пассивное воздействие и атаки, которые оказывают активное воздействие.

При организации защиты распределенной информационной системы от сетевых атак с целью предупреждения, обнаружения и ликвидации последствий деструктивных действий со стороны злоумышленника необходимо смоделировать поток атакующих воздействий на защищаемую информационную систему [3,5].

Типовая ситуация атакующих воздействий может быть представлена в следующем виде. Пусть на распределенную информационную систему на промежутке времени (0, T) осуществляется n атакующих воздействий. Можно показать, что количество m успешно реализованных атакующих воздействий на заданном интервале времени распределены по закону Пуассона с параметром λ=αT. Параметр α учитывает возможность добывания злоумышленником информации об алгоритмах функционирования как самой информационной системы, так и средств ее защиты.

Тогда функция распределения дискретной случайной величины m будет иметь вид:

$$P\ (m, \lambda) = \sum \binom{m}{i=1} \mathrm{p}\ (\mathrm{i}, \lambda),$$

где $p(i, \lambda) = (\lambda^m/m!)*e^{-\lambda}$, m=1, 2, …;

$\lambda > 0$ – параметр, характеризующий среднюю частоту успешной атаки.

С учетом этих условий средняя длина интервала между последовательными событиями в виде реализации успешных атак имеет показательное распределение, плотность которого определяется выражением:

$$= f\ (t, \tau) = \begin{Bmatrix} 0, t < 0 \\ \tau e^{-\tau t}, t \geq 0 \end{Bmatrix},$$

а функция распределения случайного времени равна:

$$F\ (t, \tau) = \begin{Bmatrix} 0, t < 0 \\ 1 - e^{-\tau t}, t \geq 0 \end{Bmatrix},$$

где $1/\tau$ – среднее время между атакующими воздействиями со стороны злоумышленника (среднее время подготовки атаки). При этом $\tau > 0$.

Поскольку основным свойством показательного распределения является отсутствие последействия, то в случае возрастания количества атак на информационную систему, за счет получения злоумышленником информации об алгоритмах функционирования информационной системы и ее средств защиты, необходимо учитывать эту особенность путем ввода в параметр λ=αT распределения Пуассона монотонно возрастающей функции λ(t)=α(t)T.

Использование закона распределения Пуассона и показательного закона позволяет моделировать поток атакующих воздействий на защищаемую распределенную информационную систему с целью выявления закономерностей возможного поведения злоумышленника. При этом необходимо учитывать, что в общем случае поток атак может быть неоднородным. Поэтому эти атаки могут быть разделены по классам, видам, и типам с учетом постоянно обновляемой информации на сайте ФСТЭК России Банка данных угроз безопасности информации. Каждая атака может иметь свои особенности и параметры воздействия на информационную систему, например, время подготовки атаки, частота успешного преодоления системы защиты. В этом случае необходимо рассматривать многомерные функ-

ции $\lambda(t)$ и $\tau(t)$, размерность которых будет зависеть от необходимой степени детализации потока атакующих воздействий на информационную систему. На практике реально имеет место сложные атакующие воздействия, состоящие из нескольких простых потоков.

Выводы.

Рассмотрены разновидности угроз распределенным информационным системам и приведены последствия при реализации различных типов сетевых атак. Показана возможность моделирования потоков атакующих воздействий на информационную систему, распределение которых описывается законом Пуассона. Результаты моделирования дают возможность более обосновано принимать решения по формированию эффективной системы защиты информационной системы и ее управлению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Девянин П. Н. Модели безопасности компьютерных систем. Управление доступом и информационными потоками. Учебное пособие для вузов. – М.: горячая линия – Телеком, 2019. 338 с.

2. Меджидов З.У. Анализ тенденций развития средств обеспечения межсетевой защиты // В сборнике: Материалы конференций ГНИИ "НАЦРАЗВИТИЕ". Февраль 2017. Сборник избранных статей. Выпускающий редактор Ю.Ф. Эльзессер; Ответственный за выпуск Л.А. Павлов. 2017. С. 104-106.

3. Меджидов З.У., Гасанова З.А. Проблемы обработки персональных данных в интернете // В сборнике: Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2020. С. 152-155.

4. Угрозы безопасности сетевых информационных систем. Удаленные воздействия на сетевые информационные системы, их классификация [Электронный ресурс]. URL: https://intuit.ru/studies/courses/ 16655/1300/lecture/ 25504?page=3.

5. Хорев П.Б. Методы и средства защиты информации в компьютерных системах. Учебное пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. 256 с.

References

1. Devyanin P.N. Models of security of computer systems. Access and information management. Textbook for universities. - M.: hotline - Telecom, 2019. 338 p.

2. Medzhidov Z.U. Analysis of trends in the development of means of ensuring network protection//In the collection: Materials of the conferences of the National Research Institute "NATIONAL DEVELOPMENT." February 2017. Collection of selected articles. Producing editor Yu.F. Elsesser; Responsible for the issue L.A. Pavlov. 2017. Pp. 104-106.

3. Medzhidov Z.U., Hasanova Z.A. Problems of personal data processing on the Internet//In the collection: Theoretical and applied issues of complex security. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference. 2020. Pp. 152-155.

4. Threats to the security of network information systems. Remote impact on network information systems, their classification [Electronic resource]. URL: https://intuit.ru/studies/courses/ 16655/1300/lecture/ 25504?page=3.

5. Chorev P.B. Methods and means of information protection in computer systems. Tutorial. - M.: Publishing Center "Academy," 2005. 256 p.

УДК 004.056.2/.53

Сериков Владислав Александрович, студент; Serikov Vladislav Aleksandrovich
Обласов Андрей Александрович, кандидат экономических наук, доцент; Oblasov Andrey Aleksandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОЕКТ УДОСТОВЕРЯЮЩЕГО ЦЕНТРА С ПОДДЕРЖКОЙ ГОСТ 34.10-2018

CERTIFICATION CENTER PROJECT WITH GOST 34.10-2018 SUPPORT

Аннотация. Работа посвящена исследованию экономической выгоды при реализации проекта «Удостоверяющий центр с поддержкой ГОСТ 34.10-2018». Приведены расчеты себестоимости оборудования, затрат на создание и поддержание работоспособности программного обеспечения, амортизационные расчеты. По итогам работы получены данные о стоимости внедрения проекта в сеть предприятия.

Abstract. This work is devoted to investigation of economic benefits of implementing «Authentication Center with GOST 34.10-2018 support» project. Calculations of the cost of equipment, costs for creation and maintenance of software operability, and depreciation calculations are given. Data on the cost of implementing the project in the company's network are obtained.

Ключевые слова: экономическая эффективность, удостоверяющий центр, информационная безопасность.

Keywords: economic efficiency, certification authority, information security.

В условиях глобальной информатизации и цифровизации современного общества, разработка и реализация инновационных проектов и продуктов в области информационной безопасности требует синтеза подходов и методов, обеспечивающих максимальную эффективность разрабатываемых проектов, в том числе и экономическую.

Реализация проекта «Удостоверяющий центр с поддержкой ГОСТ 34.10-2018» (в дальнейшем УЦ) и создание инфраструктуры для обеспечения информационной безопасности штатными программными и техническими средствами требует новых подходов к проектированию и к реализации криптографических библиотек, а также методов системного анализа,

математического моделирования, криптографического и теоретико-множественный подходов.

В ходе работы над УЦ в разработанное ПО внедрен новый стандарт цифровой подписи ГОСТ 34.10-2018 с применением хеш-функции ГОСТ 34.11-2018, предложены новые подходы к проектированию и реализации криптографических библиотек, основной функциональности УЦ, предложены методы усовершенствования технологий защиты УЦ.

Использование разработанного ПО позволит малым компаниям сэкономить денежные средства, выделяемы на обеспечение информационной безопасности, обеспечив при этом достаточный уровень защиты электронного документооборота (ЭДО). Кроме того, в рамках работы над УЦ, проведено исследование нормативно-правовой базы в области функционирования удостоверяющих центров, моделей доверия УЦ в контексте инфраструктуры открытых ключей, выполнен анализ рынка программного обеспечения, выполняющего функции УЦ. Разработано собственное ПО, выполняющее роль УЦ, описана его архитектура, разработано руководство системного администратора и пользователя.

В данной статье приведено обоснование экономической эффективности проекта.

Для определения базовой стоимость проекта, принимаем во внимание следующие пункты:

1) Стоимость оборудования и программного обеспечения;
2) Амортизационные отчисления, которые потребуются на восстановление технических средств и компьютерных программ;
3) Стоимость оплаты услуг специалиста по ИБ;
4) Расходы на бытовые нужды (электроэнергия), которые необходимы работающим техническим устройствам.

Топология сети приведена на рисунке 1. В сети должны находится:

1) Сервер, выполняющий роль центра сертификации;
2) Сервер, выполняющий роль репозитория;
3) Одно автоматизированное рабочее место для администратора.
4) Межсетевой экран.
5) Пять автоматизированных рабочих мест для рядовых сотрудников.

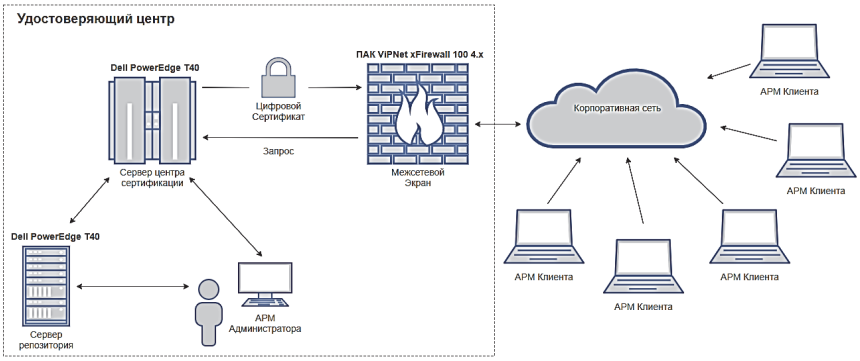


Рисунок 1 – Топология сети предприятия при использовании разработанного УЦ

Рассмотрим каждый компонент по отдельности.

Межсетевой экран. Для предотвращения атак злоумышленника из внутренней сети предприятия установим **ПАК ViPNet xFirewall 100 4.x**. Этот бюджетный межсетевой экран имеет 4 подключения, что достаточно для нашей топологии, а также сертифицирован ФСТЭК как МЭ 4 класса. Закупочная цена межсетевого экрана: *125 000 рублей*.

Сервер. В качестве сервера был выбран **Dell PowerEdge T40**. Критериями выбора являются жесткий диск на 1 Tb памяти со встроенной функцией исправления ошибок при помощи корректирующих кодов, объема которого будет достаточно для сбора и хранения данных пользователей и списков сертификатов, а также достаточно доступная цена. Закупочная цена сервера: *54 799 рублей*.

Автоматизированное рабочее место для администратора. Автоматизированное место, предназначенное для комфортной работы администратора, должно обладать монитором, клавиатурой, мышью и системным блоком со всеми комплектующими.

Была выбрана следующая конфигурация:

1) ПК DEXP Atlas H232. Закупочная цена: *24 499 рублей*;
2) Комплект «Клавиатура+мышь» Logitech Desktop MK120. Закупочная цена: *1 499 рублей*;
3) Монитор 21.5" Монитор AOC E2260SWDAN(00/01). Закупочная цена: *6 999 рублей*;

Рассчитаем сумму всех комплектующих по следующей формуле:

$$Ц_{АРМ} = Ц_{СБ} + Ц_{М} + Ц_{КМ}, \quad (1)$$

где $Ц_{СБ}$ – стоимость системного блока;
$Ц_{М}$ – стоимость монитора;
$Ц_{КМ}$ – стоимость комплекта «Клавиатура+мышь».
Таким образом:

$$Ц_{АРМ} = 24\ 499 + 6\ 999 + 1\ 499 = 32\ 997\ (рублей). \quad (2)$$

Таких АРМ нам требуется 6 штук: 5 для рядовых специалистов, 1 для специалиста по ИБ.

Рассчитаем по формуле:

$$Ц_{Р} = n * Ц_{АРМ}, \quad (3)$$

где $Ц_{Р}$ – стоимость АРМ для работы сотрудников;
n – количество приобретаемых АРМ.
Таким образом:

$$Ц_{Р} = 6 * 32\ 997 = 197\ 982\ (рубля). \quad (4)$$

Посчитаем полную стоимость всего оборудования, включая стоимость двух сервера и МЭ:

$$Ц_{О} = Ц_{МЭ} + 2 * Ц_{С} + Ц_{Р}, \quad (5)$$

где ЦС - стоимость сервера.

Таким образом:

$$Ц_О = 125\,000 + 2 * 54\,799 + 197\,982 = 432\,580 \text{ (рублей)}. \quad (6)$$

Установим **норму амортизационных расчетов**. Для этого определим срок использования технических средств при проведении мероприятий.

Срок эксплуатации в месяц равняется 30 дням. Найдем норму амортизационных отчислений, используя линейный способ:

$$Н_а = \frac{1}{n} * 100\%, \quad (7)$$

где n – это установленный срок в месяц.

Отсюда найдем норму:

$$Н_а = \frac{1}{30} * 100\ \% \ \approx 3{,}33\ \%. \quad (8)$$

Таким образом, ежемесячные амортизационные отчисления равняются 3,33 %.

Срок работы над проектом составляет 184 рабочих дня (от 1 сентября 2020 года до 1 июня 2021 года), то есть составляет целых девять рабочих месяца по 30 дней плюс один неполный месяц. Таким образом, то размер амортизационных отчислений составляет:

$$Н_{а_1} = (3{,}33\% * 9) \ \approx 29{,}97\ \% \quad (9)$$

Размер ежегодных амортизационных отчислений составляет:

$$Н_{а_г} = 3{,}33\% * 12 = 39{,}96\% \quad (10)$$

Рассчитаем **стоимость приобретения лицензионных копий операционных систем Astra Linux**.

Исходя из топологии, представленной на рисунке 1, приобретаются следующие лицензии:

1) Astra Linux «Смоленск». Закупочная цена: *26 160 рублей*. С учетом того, что на предприятии требуется три копии (для администратора и двух серверов, т.к. будет производится работа с ПД и КИ), то для приобретения требуется *78 480 рублей*);

2) Windows 10 Домашняя. Закупочная цена: *9 299 рублей.* С учетом того, что на предприятии требуется пять копий (для всех АРМ сотрудников), то для приобретения требуется *46 495 рублей*).

Посчитаем полную стоимость приобретения всех необходимых лицензий операционных систем:

$$Ц_{ОС} = 78\,480 + 46\,495 = 124\,975 \text{ (рублей)}, \quad (11)$$

где $Ц_{ОС}$ – Общая стоимость лицензий операционных систем.

Теперь рассчитаем **общую стоимость приобретения оборудования вместе с необходимым программным обеспечением** по формуле:

$$Ц_{Общ} = Ц_О + Ц_{ОС}, \quad (12)$$

где $Ц_{Общ}$ – Общая стоимость оборудования и ПО.

Таким образом выходит:

$$Ц_{Общ} = 432\ 580 + 124\ 975 = 557\ 555\ (рублей). \quad (13)$$

Ежегодные амортизационные начисления $А_о$ на полноценное восстановление технических устройств и программ вычисляются по формуле:

$$A_о = Ц_{Общ} * Н_{а_г} \quad (14)$$

Отсюда:

$$A_о = 557\ 555 * 0{,}39 = 217\ 446{,}45\ (рублей). \quad (15)$$

Амортизационные начисления за время работы над проектом:

$$A_п = \frac{A_о * К_{дн}}{К_{рг}}, \quad (16)$$

где $К_{дн}$ – количество отработанных дней;

$К_{рг}$ – количество рабочих дней в году.

Количество потраченных дней равняется 184 дням (от 1 сентября 2020 года до 1 июня 2021 года). Количество рабочих дней в году равняется 280 дням.

Отсюда:

$$A_п = \frac{217\ 446{,}45 * 184}{280} = 142\ 893{,}38 \text{ (рубля)}. \quad (17)$$

Рассчитаем **затраты, связанные с потреблением электроэнергии всего оборудования**.

Исходя из данных калькулятора мощности от be quiet!, максимальное потребление электроэнергии компьютерами DEXP Atlas H232, который рассчитан для одного администратора, составляет 137 Вт*ч. Максимальное потребление электроэнергии для монитора 21.5" Монитор AOC E2260SWDAN(00/01) составляет 18 Вт*ч.

Рассчитаем максимальное потребление электроэнергии для АРМ:

$$М_{АРМ} = (137 + 18) * 6 = 930\ (Вт*ч) \quad (18)$$

$М_{АРМ}$ – потребляемая электроэнергия для всех АРМ.

Исходя из данных калькулятора мощности от be quiet!, максимальное потребление электроэнергии сервером Dell PowerEdge T40 составляет 133 Вт*ч.

Исходя из данных калькулятора мощности от be quiet!, максимальное потребление электроэнергии межсетевым экраном ПАК ViPNet xFirewall 100 4.x составляет 67 Вт*ч.

Теперь рассчитаем максимальное потребление электроэнергии для всего оборудования:

$$М_О = 930 + 133 * 2 + 67 = 1\ 263\ (Вт*ч) \quad (19)$$

$М_О$ - потребляемая электроэнергия всего оборудования.

Рассчитаем **траты денежных средств, которые связаны с потребление энергии техническими устройствами за год**. Данные расходы можно рассчитать по следующей формуле:

$$Р_э = К_{дн} * В_{раб} * М_о * Ц_{эн}, \quad (20)$$

где $К_{дн}$ – количество затраченных дней;
$В_{раб}$ – продолжительность смены, часов;
$М_о$ – мощность, используемая техническими устройствами, кВт·ч;
$Ц_{эн}$ – цена электричества по текущим ставкам, р./кВт·ч.

Продолжительность смены составляет 8 часа. Цена электричества по текущим тарифам составляет 4,78 рублей за кВт·ч.

Тогда:

$$Р_э = 184 * 8 * 1,263 * 4,78 \approx 8\,886,67 \text{ (рублей / год)} \quad (21)$$

Получив потраченное время на разработку, которое составило 184 рабочих дня, определим **количество фактически потраченного времени в часах**:

$$Т_ф = К_{дн} * В_{раб}, \quad (22)$$

Где $Т_ф$ – реально потраченное время, часов;
$К_{дн}$ – количество потраченных дней, дней;
$В_{раб}$ – длительности дня, часов.

Отсюда:

$$Т_ф = 184 * 8 = 1\,472 \text{ (часа)} \quad (23)$$

Установим часовую заработную плату разработчика в расчете 150 рублей за час, тогда найдем **основную зарплату**:

$$З_{осн} = Т_ф * Т_ч, \quad (24)$$

где $Тч$ – почасовая ставка разработчика.

Отсюда:

$$З_{осн} = 1\,472 * 150 = 220\,800 \text{ (рублей)}. \quad (25)$$

Для нахождения всей суммы расходы на оплату труда необходимо принять во внимание доплаты и надбавки. Установим **вид доплат и надбавок в размере 20% от основной заработной платы**:

$$\begin{gathered} У_{доп} = З_{осн} * 0,2, \\ У_{доп} = 220\,800 * 0,2 = 44\,160 \text{ (рублей)}. \end{gathered} \quad (26)$$

Также необходимо учесть начисления на заработную плату, которые составляют 30%. Тогда найдем **все расходы на компенсацию трудозатрат**:

$$\begin{gathered} Р_{общ} = (З_{осн} + У_{доп}) * Н_{зп}, \\ Р_{общ} = (220\,800 + 44\,160) * 1,3 = 344\,448 \text{ (рубля)}. \end{gathered} \quad (27)$$

Вычислим **все затраты, связанные с работой по созданию УЦ, его внедрению в сеть предприятия**. Тогда расходы составят:

$$T = A_o + P_э + P_{общ} + Ц_{Общ},$$
$$T = 217\,446{,}45 + 8\,886{,}67 + 344\,448 + 557\,555 = 1\,128\,336{,}12 \text{ (рублей).} \quad (28)$$

Данные затраты позволят предприятию приобрести технику в виде компьютеров, сервера, периферийного оборудования, лицензий операционных систем, создать с помощью неё УЦ и внедрить его в сеть предприятия, включая оплату сотрудникам. Также были учтены расходы на электроэнергию и амортизационные отчисления, направленные на покрытие износа оборудования и ПО в ходе эксплуатации УЦ.

Таким образом вложения в размере *1 128 336,12 рублей* позволяют минимизировать риски, связанные с действиями неблагонадежных сотрудников по подмене данных ЭДО, а также с внешними атаками на информационную систему компании, в ходе которых происходит перехват и изменение данных, циркулирующих как внутри, так и вне сети предприятия. Реализация этих рисков принесёт финансовый убыток несоизмеримо больше суммы затрат на реализацию проекта по причине постоянно растущей стоимости активов, в частности информации, которыми владеет предприятие, а также непоправимый ущерб для репутации организации.

Экономическая выгода от внедрения проекта «Удостоверяющий центр с поддержкой ГОСТ 34.10-2018» значительно выше затрат на реализацию. Помимо этого, эксплуатация данного УЦ выведет компанию на новый качественный уровень, соответствующий требованиям современной цифровой экосистемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трещев, И.А. Оценка рисков информационной безопасности предприятия / И. А. Трещев, С. А. Матвеев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 300-303.

2 Трещев, И.А. Обеспечение информационной безопасности в распределенных информационных системах на удаленных рабочих местах / И. А. Трещев, Ян. Ю. Григорьев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 309-312.

3 Срок амортизации компьютера [Электронный ресурс] // Современный предприниматель Режим доступа: spmag.ru, свободный (дата обращения: 25.01.2021).

4 Тарифы для населения: 2020 г. (Хабаровский край) [Электронный ресурс] // ЭСК «РусГидро» Режим доступа: dvec.ru, свободный (дата обращения: 27.01.2021).

5 Шаньгин, В. Ф. Комплексная защита информации в корпоративных системах : учеб. пособие / В. Ф. Шаньгин. – М. : Форум, 2018. – 592 с.

УДК 005/004.056.53
Сериков Владислав Александрович, студент; Serikov Vladislav Aleksandrovich
Трещев Иван Андреевич, к.т.н., доцент «Информационная безопасность автоматизированных систем»; Treschev Ivan Andreevich
Ничипорук Сергей Михайлович, инженер по радиоэлектронике;
Nichiporuk Sergey Mikhailovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Общество с ограниченной ответственностью "БайСветТех", Белоруссия,

О ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ ОСНОВНЫХ ПОДСИСТЕМ УДОСТОВЕРЯЮЩЕГО ЦЕНТРА В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ 34.10-2018

ON THE APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF THE MAIN SUBSYSTEMS OF THE CERTIFICATION CENTER IN ACCORDINT TO GOST 34.10-2018

Аннотация. Работа посвящена разработке основных подсистем типового удостоверяющего центра. При моделировании использовался язык моделирования UML, а также язык программирования C# для разработки исходного кода библиотек. По итогам работы предложены новые архитектурные решения для разработки основных подсистем типового удостоверяющего центра, а также приведены достоинства предложенных решений.
Abstract. The work is devoted to the development of the main subsystems of a typical certification center. We used UML modeling language, as well as the C# programming language for the development of the library source code. As a result, new architectural solutions for developing basic subsystems of a typical certification center were proposed, and the advantages of the proposed solutions are given.
Ключевые слова: удостоверяющий центр, информационная безопасность, моделирование процессов.
Keywords: certification authority, information security, process modeling.

Архитектура библиотеки для расчета хеш-функции

На рисунке 1 представления архитектура библиотеки в виде диаграммы классов, выполненной на языке моделирования UML, предназначенной для вычисления хеш-функции.

Основной класс, который должны использовать пользователи – HashFunction. Внутри данного класс находится объект, реализующий интерфейс IHashPolicy (передается в объект через конструктор).

Для хеширования сообщения его нужно передать в виде массива байт в функцию GetHash класса HashFunction. Внутри функции происходит вызов метода GetHash, интерфейса IHashPolicy. Данная функция возвращает массив байт переменной длины (зависит от класса, реализующего интерфейс IHashPolicy), представляющий собой ЭП.

Благодаря такой архитектуре пользователи могут динамически менять хеш-функцию внутри объекта класса HashFunction. Причем пользователи могут реализовать любой алгоритм хеширования, реализуя интерфейс IHashPolicy и использовать его в дальнейшем.

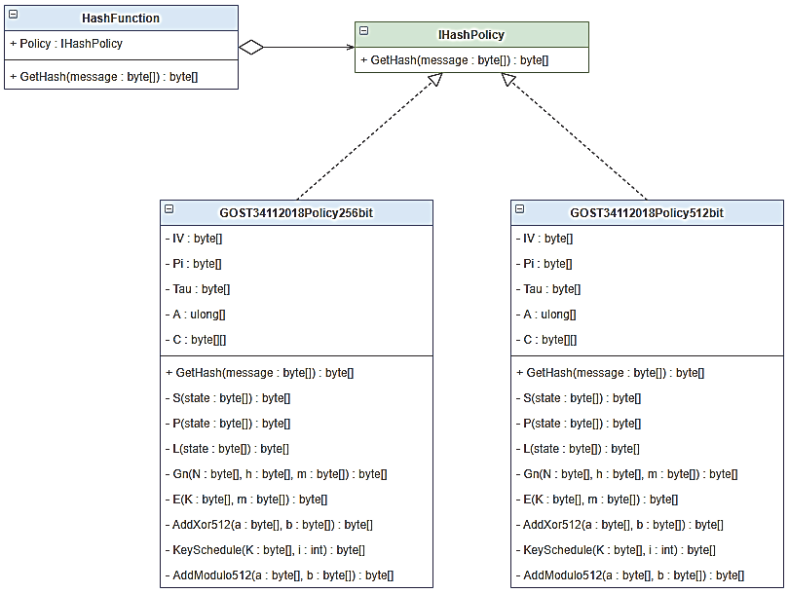


Рисунок 1 – Архитектура библиотеки HashCryptography

Архитектура библиотеки для вычисления подписи

На рисунке 2 представления архитектура библиотеки в виде диаграммы классов, выполненной на языке моделирования UML, предназначенной для формирования и проверки электронной подписи.

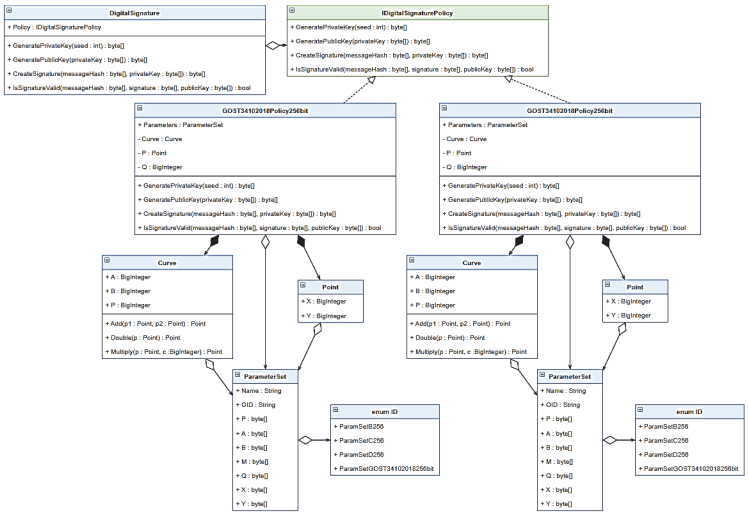


Рисунок 2 – Архитектура библиотеки DigitalSignature

Основной класс, который должны использовать пользователи – DigitalSignature. Внутри данного класс находится объект, реализующий интерфейс IDigitalSignaturePolicy (передается в объект через конструктор).

Для формирования электронной подписи сообщения, необходимо подать на вход функции CreateSignature хеш-сумму этого сообщения, а также закрытый ключ пользователя. Благодаря тому, что на вход функции подает-

ся именно хэш-сумма, а не само сообщении, мы позволяем пользователям библиотеки использовать разные хеш-функции внутри одного и того же алгоритма формирования подписи, а также убираем зависимость нашей библиотеки от реализованной ранее библиотеки вычисления хэш-функций.

Для генерации закрытого ключа необходимо в метод GeneratePrivateKey подать на вход случайное число для генератора случайных чисел (ГСЧ). Формирование данного числа должно быть делегировано пользователю библиотеки. Зерно ГСЧ предлагается формировать на основе действий пользователя (движения указателя мыши и нажатия клавиш). На выходе получается массив байт, содержащий ключ.

Открытый ключ формируется на основе закрытого в методе GeneratePublicKey.

Для проверки подписи необходимо на вход функции IsSignatureValid подать хэш-сумму полученного сообщения, полученную подпись, а также открытый ключ сертификата.

Для того, чтобы работать с математикой на эллиптических кривых созданы 2 дополнительных класса: Curve и Point. Point представляет из себя обычную точку. Curve – эллиптическая кривая над полем F_p, на которой определены операции сложения точек, удвоение точки и умножение точки на число.

Каждая эллиптическая кривая имеет определенный набор параметров. Эти параметры передаются через конструктор класса Curve и инкапсулированы внутри класса ParameterSet.

Благодаря такой архитектуре пользователи могут динамически менять хеш-функцию внутри объекта класса DigitalSignature. Причем пользователи могут реализовать любой алгоритм формирования и проверки цифровой подписи, реализуя интерфейс IDigitalSignaturePolicy и использовать его в дальнейшем.

Архитектура базы данных

На рисунке 3 представления архитектура БД в виде диаграммы классов, выполненной на языке моделирования UML, выступающей в качестве репозитория сертификатов.

Центральными сущностями схемы являются таблицы Cert и CancelledCert, хранящие список действительных и аннулированных сертификатов соответственно. Данные таблицы содержат следующие столбцы: первичный ключ (ID_Cert_PK), серийный номер выданного сертификата (SerialNumber_Cert), даты начала и окончания действия сертификата (ValidFrom_Cert и ValidBy_Cert), серийный номер сертификата, которым данный сертификат был подписан (SignSerialNumber_Cert) и саму подпись (SignValue). Следует заметить, что сертификат корневого УЦ является самоподписанным, поэтому значение в столбце SignSerialNumber_Cert для него будет совпадать со значением в столбце SerialNumber_Cert. Также в таблице содержаться внешние ключи, указывающие на версию сертификата (ID_Ver_FK), алгоритм подписи (ID_SignAlg_FK), издателя (ID_Issuer_FK) и субъекта (ID_Subj_FK).

Таблица Ver характеризует версию сертификата X509. Данная таблица содержит столбцы первичного ключа (ID_Ver_PK) и значение версии сертификата (Number_Ver).

Таблица SignAlg содержит параметры подписи сертификата. Она содержит столбцы первичного ключа (ID_SignAlg_PK), данные публичного (PublicKey_SignAlg) и приватного (PrivateKey_SignAlg) ключей. Внешний ключ (ID_AlgParSet_FK) указывает на таблицу, содержащую параметры подписи.

Таблица AlgParSet представляет собой набор параметров схемы подписи, используемой в сертификате. Она содержит столбцы первичного ключа (ID_AlgParSet_PK) и идентификатор объекта параметров (OID_AlgParSet). В таблице, внешние ключи указывают на название алгоритма подписи (ID_AlgName_FK), тип используемой хеш-функции (ID_HashType_FK) и длину ключа подписи (ID_Len_FK). Данная таблица содержит OID из рекомендаций по стандартизации Р 1323565.1.024-2019.

Таблица AlgName содержит первичный ключ (ID_AlgName_PK) и название алгоритма подписи (Name_AlgName). Чтобы подпись могла применяться на территории РФ в ее основе должен лежать алгоритм ГОСТ 34.10-2018.

Таблица HashType содержит первичный ключ (ID_HashType_PK) и название хеш-функции, используемой в алгоритме цифровой подписи (Name_HashType). Согласно ГОСТ 34.10-2018 алгоритм подписи может использовать только хеш-функцию ГОСТ 34.11-2018.

Таблица Len содержит первичный ключ (ID_Len_PK) и значение, характеризующее длину ключа (Value_Len). Данное значение может быть либо 256, либо 512 согласно ГОСТ 34.10-2018 и ГОСТ 34.11-2018.

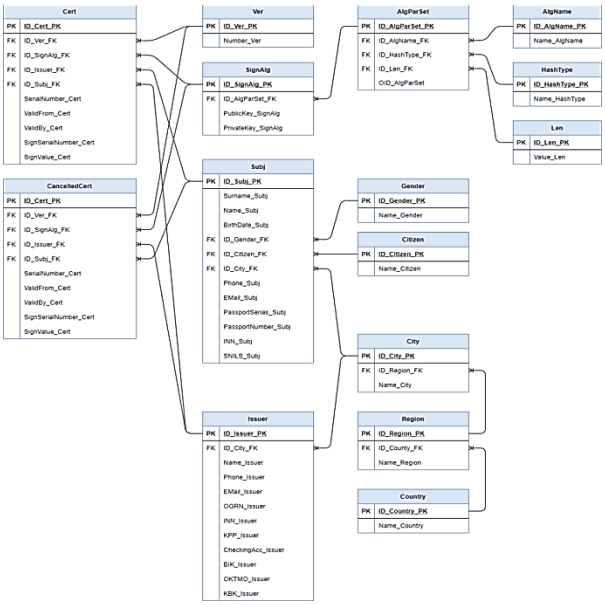


Рисунок 3 – Схема БД для репозитория сертификатов

Таблица Subj содержит данные о владельце сертификата. Данная таблица содержит следующие столбцы: первичный ключ (ID_Subj_PK),

фамилию владельца (Surname_Subj), имя владельца (Name_Subj), дату рождения владельца (BirthDate_Subj), телефон владельца (Phone_Subj), электронный почтовый ящик владельца (Email_Subj), серию (PassportSerias_Subj) и номер (PassportNumber_Subj) владельца, ИНН владельца (INN_Subj) и СНИЛС владельца (SNILS_Subj). В качестве внешних ключей выступают ссылка на таблицу полов (ID_Gender_FK), таблицу гражданства (ID_Citizen_FK) и город проживания владельца (ID_City_FK).

Таблица Gender содержит столбцы первичного ключа (ID_Gender_PK) и название пола (Name_Gender).

Таблица Citizen содержит столбцы первичного ключа (ID_Citizen_PK) и название гражданства (Name_Citizen).

Таблица City содержит город, находящий в регионе, на который ссылается внешний ключ (ID_Region_FK). В качестве столбцов таблица содержит первичный ключ (ID_City_PK) и название города (Name_City).

Таблица Region содержит регион, находящийся в стране, на которую ссылается внешний ключ (ID_Country_FK). Таблица содержит следующие столбцы: первичный ключ (ID_Region_PK) и название региона (Name_Region).

Таблица Country содержит страны. В данной таблице имеются следующие столбцы: первичный ключ (ID_Country_PK) и название страны (Name_Country).

Таблица Issuer содержит данные об издателе сертификата. Данная таблица содержит следующие столбцы: первичный ключ (ID_Issuer_PK), название издателя (Name_Issuer), телефон издателя (Phone_Issuer), электронный почтовый ящик издателя (Email_Issuer), ИНН издателя (INN_Issuer), КПП издателя (KPP_Issuer), расчетный счет издателя (CheckingAcc_Issuer), БИК издателя (BIK_Issuer), ОКТМО издателя (OKTMO_Issuer) и КБК издателя (KBK_Issuer). В таблице хранится только один внешний ключ (ID_City_FK), ссылающийся на город, в котором находится издатель.

Данная схема базы данных приведена в третьей нормальной форме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 34.10-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи. – Введ. 2019-06-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 20 с.

2 ГОСТ 34.11-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хеширования. – Введ. 2019-06-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 23 с.

3 ГОСТ 34.12-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. – Введ. 2019-06-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 18 с.

4 Путькина, Л. В. Интеллектуальные информационные системы / Л. В. Путькина, Т. Г. Пискунова. – СПб. : СПбГУП, 2015. – 228 с.

5 Редько, В. Н. Базы данных и информационные системы / В. Н. Редько, И. А. Басараб. – М. : Знание, 2017. – 625 с.

6 Трещев, И.А. Обеспечение информационной безопасности в распределенных информационных системах на удаленных рабочих местах / И. А. Трещев, Ян. Ю. Григорьев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 309-312.

7 Трещев, И.А. Оценка рисков информационной безопасности предприятия / И. А. Трещев, С. А. Матвеев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 300-303.

8 Шаньгин, В. Ф. Комплексная защита информации в корпоративных системах : учеб. пособие / В. Ф. Шаньгин. – М. : Форум, 2018. – 592 с.

УДК 005/004.056.53

Сериков Владислав Александрович, студент; Serikov Vladislav Aleksandrovich
Трещев Иван Андреевич, к.т.н., доцент «Информационная безопасность автоматизированных систем»; Treschev Ivan Andreevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮЩЕГО ЦЕНТРА

MODELING THE PROCESS OF THE CERTIFICATION AUTHORITY

Аннотация. Работа посвящена моделированию процесса работа типового удостоверяющего центра. При моделировании использовалась методология IDEF0, приведены и разобраны 3 уровня декомпозиции. По итогам работы полностью описан процесс работы типового удостоверяющего центра.

Abstract. The work is devoted to modeling the process of a typical certification authority. We used IDEF0 methodology, 3 decomposition levels are presented and analyzed in this work. As a result, the work process of a typical certification center is fully described.

Ключевые слова: удостоверяющий центр, информационная безопасность, моделирование процессов.

Keywords: certification authority, information security, process modeling.

Моделирование деятельности удостоверяющего сервера будем проводить используя нотацию IDEF0.

Согласно ФЗ № 63 от 06.04.2011 «Об электронной подписи» основными задачами УЦ являются:

- создание и выдача сертификатов;
- установка сроков действия сертификатов;

- аннулирование выданных этим УЦ сертификатов;
- ведение реестра выданных и аннулированных сертификатов;
- установка порядка ведения реестра сертификатов и порядка доступа к нему;
- проверка уникальности ключей ЭП в реестре сертификатов;
- осуществление проверки ЭП по обращению участников электронного взаимодействия.

Нулевой уровень модели представлен на рисунке 1. Входными параметрами блока «Функционирование УЦ» являются:

- средства ЭП – криптографические алгоритмы, используемые для создания и проверки ЭП, генерации ключевой пары;
- данные пользователя – минимальное количество данных о пользователе, необходимых для создания и проверки сертификата;
- документы, подписанные ЭП – электронные документы, подписанные при помощи закрытого ключа пользователя сертификата и содержащие в себе оттиск ЭП.

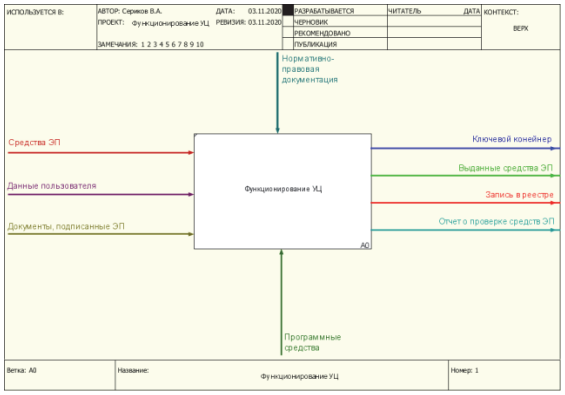


Рисунок 1 – Нулевой уровень модели IDEF0

Нормативно-правовая документация включает в себя законодательные акты и ГОСТы, регулирующие порядок обращения с ЭП и криптографические алгоритмы, лежащие в основе работы УЦ.

Программные средства представляют собой программное обеспечение, которое выполняет функции генерации ключевой пары и сертификата, создание и проверку ЭП. Для того, чтобы получить сертификат ФСБ должна быть использована российская криптография.

Выходными параметрами блока являются:

- ключевой контейнер – пара закрытый (ключ ЭП) / открытый (ключ проверки ЭП) ключ;
- выданные средства ЭП – сертификат ЭП, подписанный УЦ и содержащий необходимые данные о владельце, по которым можно однозначно идентифицировать принадлежность ключа ЭП пользователю;
- запись в реестре – ведение реестра действительных и отозванных сертификатов;
- отчет о проверке средств ЭП – результат проверки ЭП.

Декомпозиция первого уровня

Распишем подробнее процесс функционирования УЦ. Для этого проведем декомпозицию первого уровня, изображенную на рисунке 2.

Функционирование УЦ можно разбить на 5 этапов:

- генерация ключевой пары;
- создание сертификата;
- отзыв сертификата;
- запись в реестр;
- проверка ЭП.

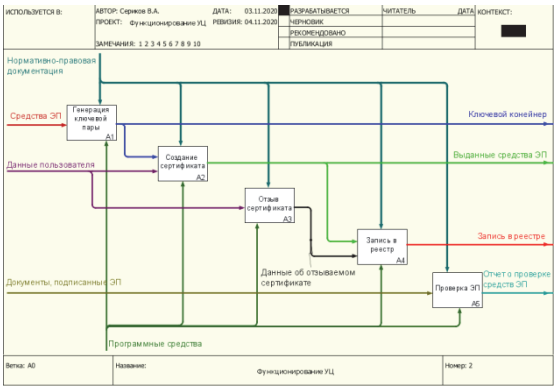


Рисунок 2 – Декомпозиция первого уровня функционирования УЦ в нотации IDEF0

Для генерации ключевой пары необходимы средства ЭП (криптографические алгоритмы). Данный процесс может быть регламентирован ГОСТ 34.10-2018 и должен происходить внутри программного средства. По завершению данного этапа на выходе должен быть создан ключевой контейнер, который участвует в процессе создания сертификата.

На вход процесса создания сертификата подается ключевой контейнер, сгенерированный ранее и данные о пользователе. Так как предполагается генерирование сертификата X.509, то в нормативную документацию входит RFC 5280, ГОСТ 34.10-2018, ГОСТ 34.11-2018 и ФЗ № 63. Данный процесс происходит внутри программного средства. На выходе должен быть получен сертификат ЭП, который должен быть учтен в реестре.

Для отзыва сертификата необходимы сведения о пользователе. Отзыв сертификата регламентируется ФЗ № 63 и происходит внутри программного средства. Выполненные действия должны быть учтены в реестре.

Запись в реестр происходит в двух случаях: после создания нового сертификата ЭП и при отзыве сертификата ЭП. Данный процесс регламентируется ФЗ № 63 и происходит внутри программного средства.

Для проверки ЭП необходимо на вход подать документы, подписанные ЭП. Алгоритм проверки ЭП регламентируется ФЗ № 63, ГОСТ 34.10-2018 и ГОСТ 34.11-2018 и происходит внутри программного средства. По завершению проверки ЭП должен быть сгенерирован отчет о проверке ЭП.

Генерация ключевой пары

На рисунке 3 приведена декомпозиция второго уровня процесса генерации ключевой пары.

Алгоритм генерации ключевой пары может быть разбит на 4 этапа:

- генерация случайного seed;
- создание пары ключей;
- создание ключевого контейнера;
- выдача ключевого контейнера.

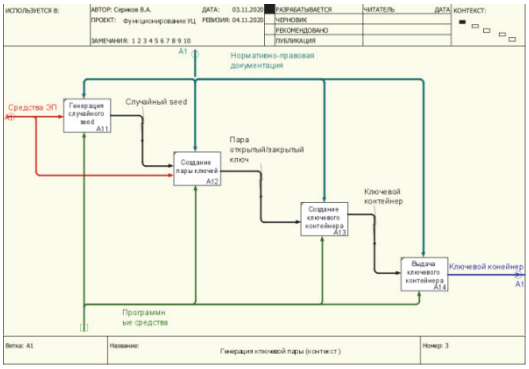


Рисунок 3 – Декомпозиция второго уровня генерации ключевой пары

На этапе генерации случайного seed формируется случайное число на основе действий пользователя. К примеру, пользователь может нажимать случайные клавиши в течении определенного времени, или двигать курсором мыши.

После того, как программа сгенерировала ключевой seed начинается этап создания пары ключей. Для генерации ключей может быть использован любой ассиметричный криптографический алгоритм.

После создания пары открытый/закрытый ключ создается ключевой контейнер. Ключевой контейнер представляет собой способ хранения закрытого ключа пользователя. Наиболее надежным вариантом является хранение ключа в зашифрованном виде. Для шифрования закрытого ключа возможно использование симметричного алгоритма ГОСТ 34.12-2018. Пароль для шифрования ключа должен быть предложен пользователем.

После создания ключевого контейнера он сохраняется в БД программного средства и при необходимости выдается владельцу контейнера при предъявлении верного пароля.

Создание сертификата

На рисунке 4 приведена декомпозиция второго уровня процесса создания сертификата.

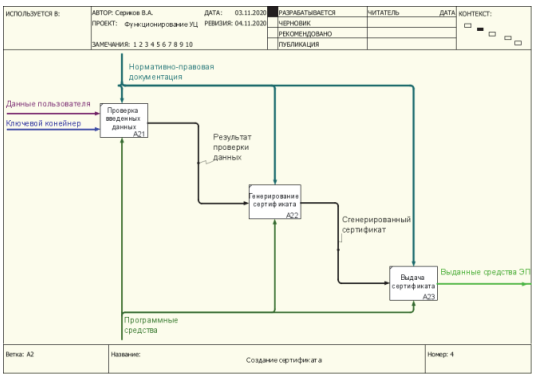


Рисунок 4 – Декомпозиция второго уровня создания сертификата

Процесс создания сертификата может быть разбит на 3 этапа:

- проверка введенных данных;
- генерирование сертификата;
- выдача сертификата.

На этапе проверки введенных данных в программное средство поступают данные пользователя и информация, необходимая для получения ключевого контейнера. Это может быть как сам контейнер, так и ключ, которым был этот контейнер зашифрован. По результатам данной проверке делается вывод о том, есть ли у пользователя право на получение сертификата ЭП.

Если проверка завершается удачей, то происходит генерирование сертификата по данным пользователя. После того, как сертификат будет сгенерирован происходит его выдача запрашиваемой стороне.

Отзыв сертификата

На рисунке 5 приведена декомпозиция второго уровня процесса отзыва сертификата.

Процесс отзыва сертификатов можно разбить на 4 этапа:

- запрос на отзыв сертификата;
- добавление сертификата в список отозванных сертификатов;
- удаление сертификата из списка действительных сертификатов;
- генерация отчета об отзываемом сертификате.

Первым делом при отзыве сертификата должен быть создан запрос, который обрабатывается в программном средстве. Для того, чтобы выполнить запрос необходимо предоставить данные пользователя, по которым может быть идентифицирован сертификат.

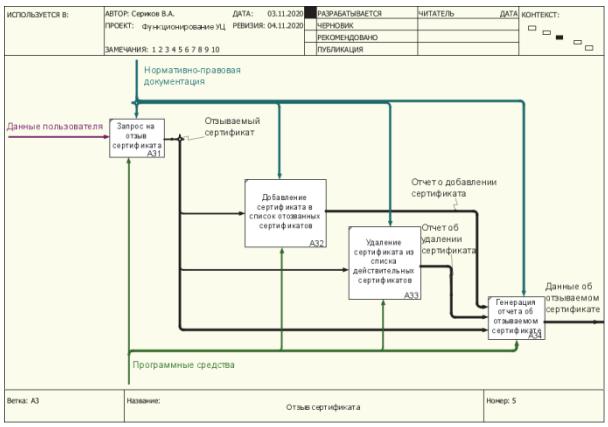


Рисунок 5 – Декомпозиция второго уровня отзыва сертификата

Если запрос прошел проверку и одобрен, то сертификат должен быть добавлен в список отозванных сертификатов (СОС). Параллельно с этим должно происходить его удаление из реестра действительных сертификатов.

После завершения всех фаз работы алгоритма, необходимо сгенерировать отчет об успешном или ином исходах выполнения процедуры отзыва сертификата.

Запись в реестр

На рисунке 6 приведена декомпозиция второго уровня процесса записи в реестр.

Данный процесс может быть разбит на 3 этапа:

- запрос на добавление в реестр;
- обращение к реестру;
- добавление записи в реестр.

Для того, чтобы выполнить запрос на добавление в реестр необходимо предоставить сведения, однозначно идентифицирующие сертификат. Это может быть сам сертификат с пометкой об отзыве или создании или данные владельца сертификата с одной из пометок.

После того, как все данные успешно проходят проверку, происходит обращение к реестру. Так как реестр может быть распределенным и управляться специально обученным оператором, то это займет некоторое время.

После того, как мы получили доступ к реестру происходить добавление соответствующей записи.

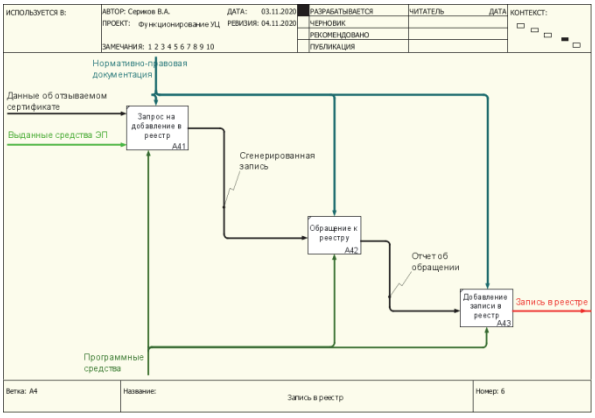


Рисунок 6 – Декомпозиция второго уровня записи в реестр

Проверка ЭП

На рисунке 7 приведена декомпозиция второго уровня процесса проверки ЭП.

Данный процесс может быть разбит на 4 этапа:

- генерация хеш-суммы документа;
- расшифровка подписи закрытым ключом;
- проверка поученных хеш-значений;
- формирование отчета о проверке.

На первом шаге алгоритма считается хеш-сумма исходного документа. Это делается при помощи алгоритма, указанного в сертификате ЭП, которым подписан документ.

Параллельно с вычислением хеш-суммы исходного документа проводится проверка подписи, прикрепленной к документу. Расшифровка значения переданной хеш-суммы производится при помощи закрытого ключа, указанного в сертификате ЭП.

Далее оба значения сверяются и по итогам проверки формируется отчет о целостности документа и его принадлежности отправителю.

Следует заметить, что если сертификат ЭП, которой подписан документ находится в списке аннулированных сертификатов, то весь описанный выше процесс выполнятся не будет. Вместо этого сгенерируется ошибка о невалидности сертификата.

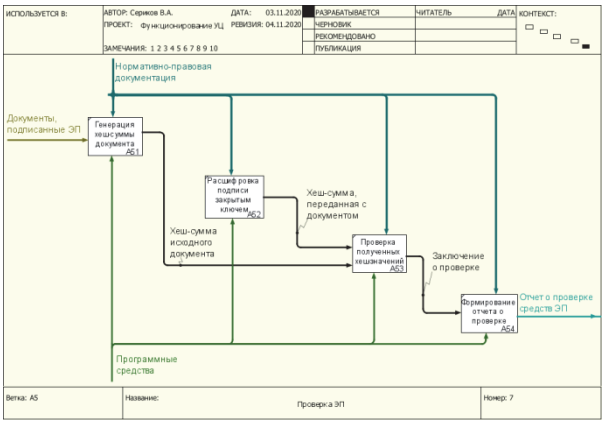


Рисунок 7 – Декомпозиция второго уровня проверки ЭП

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трещев, И.А. Оценка рисков информационной безопасности предприятия / И. А. Трещев, С. А. Матвеев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 300-303.

2 Трещев, И.А. Обеспечение информационной безопасности в распределенных информационных системах на удаленных рабочих местах / И. А. Трещев, Ян. Ю. Григорьев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 309-312.

3 Шаньгин, В. Ф. Комплексная защита информации в корпоративных системах : учеб. пособие / В. Ф. Шаньгин. – М. : Форум, 2018. – 592 с.

4 ГОСТ 34.10-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи. – Введ. 2019-06-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 20 с.

5 ГОСТ 34.11-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хеширования. – Введ. 2019-06-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 23 с.

6 ГОСТ 34.12-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. – Введ. 2019-06-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 18 с.

УДК 681.3.06
Трещев Иван Андреевич, к.т.н., доцент «Информационная безопасность автоматизированных систем»; Treschev Ivan Andreevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Карпова Нина Георгиевна, руководитель исследовательского отдела Zriha Hlavin Industries Ltd, Израиль, 4482000 5 Sapir Barkan, Israel, +972526746363, sotnikom@gmail.com;
Karpova Nina Georgievna, Head of Research Department, Zriha Hlavin Industries Ltd, Israel, 4482000 5 Sapir Barkan, Israel, +972526746363, sotnikom@gmail.com

ЗАЩИТА ПЕРИМЕТРА СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРИ НАЛИЧИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРВЕРОВ ДОСТУПА

PROTECTION OF THE PERIMETER OF THE ENTERPRISE NETWORK IN THE PRESENCE OF WIRELESS NETWORKS USING ACCESS SERVERS.

Аннотация. В данной работе рассмотрен вопрос использования серверов доступа и шифрования по ГОСТ для защиты периметра сети предприятия при наличии беспроводных сетей. Рассмотрены несколько подходов к обеспечению информационной безопасности корпоративных локальных вычислительных сетей.
Abstract. This paper considers the issue of using GOST access and encryption servers to protect the enterprise network perimeter in the presence of wireless networks. Several approaches to ensuring information security of corporate local area networks are considered..
Ключевые слова: сервер доступа, беспроводная сеть, защита периметра.
Keywords: access server, wireless network, perimeter protection.

Введение

Существует довольно большое количество разнообразных схем создания защищенного периметра сети предприятия. Многие из них включают использование межсетевых экранов и систем обнаружения вторжений. В настоящей работе сделана попытка обобщения существующих методик организации защиты вычислительных сетей с использованием серверов доступа в соответствии с действующим законодательством при условии возможности доступа во внутреннюю инфраструктуру с использованием технологий беспроводных сетей.

Топологии защищенных сетей

Для организации защищенного периметра необходимо на границе беспроводной локальной сети поставить сервер доступа и шифровать трафик в сети. Пример топологии сети с внедренной на границе сервером доступа представлен на рисунке 1.

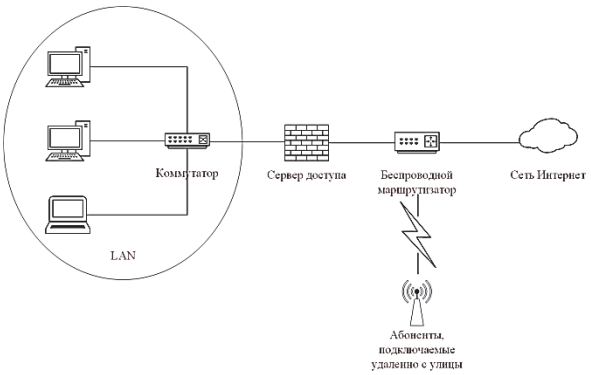


Рисунок 1 – Схема внедрения сервера доступа в сеть

Сервер доступа является программно-аппаратным комплексом, позволяющим осуществить защищенное подключение удаленных и мобильных пользователей к ресурсам информационной системы. Данный комплекс может предоставлять доступ к определенной информации в зависимости от прав авторизованного пользователя, тем самым проводя контроль доступа, что повышает защиту информации. На российском рынке представлено несколько решений от разных фирм. К таким решениям относятся СКЗИ АПКШ «Континент», С-Терра Шлюз, Check Point Connectra, ViPNet Coordinator.

Рассмотрим несколько возможных вариантов топологии сети. При рассмотрении нижеописанных вариантов важно отметить, что любой беспроводной маршрутизатор является потенциальным источником утечки информации из-за свой слабой защищенности. В соответствии с этим требуется использовать сервер доступа (СОВ), причем таким образом, чтобы исходящий в сеть трафик, как и входящий, должен быть зашифрован с использованием ГОСТ 34.12-2018 («Кузнечик»).

В топологии на рисунке 2, можно заметить отсутствие сервера доступа. В данном случае не происходит никакого шифрования трафика, что делает возможным перехват исходящего и входящего трафика. В этом случае локальная сеть предприятия является уязвимой к действиям злоумышленников, в случае атаки и захвата беспроводного маршрутизатора.

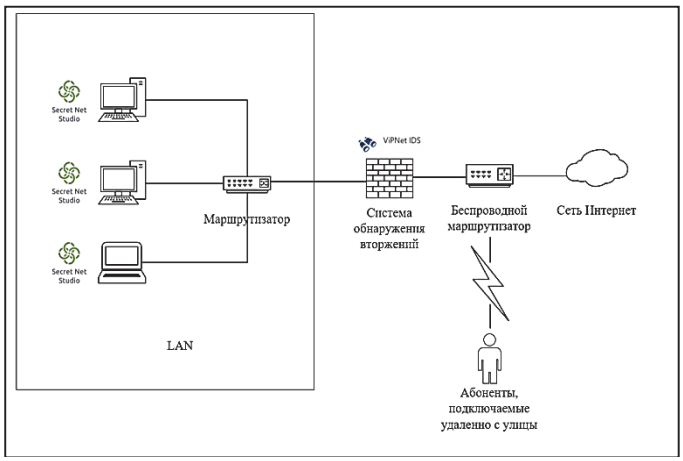


Рисунок 2 – Топология сети предприятия

В топологии, предложенной на рисунке 3, между LAN и маршрутизатором, присутствует сервер доступа, а также клиентские ПО. Данный вариант может обеспечить достаточный уровень безопасности информации от злоумышленников и соответствует стандартам защиты, но не дает возможности работать с помощью беспроводной сети. Эта проблема частично решена в топологии, изображённой на рисунке 4. На смартфоне или планшете сотрудника установлен ViPNet Client Mobile. Такая схема работы может считаться в меру защищенной, так как используются все необходимые средства защиты сети и средства авторизации для пользователей беспроводной сети. Авторизованные удаленные пользователи имеют доступ в сеть с помощью мобильных клиентов ViPNet Client Mobile, с использованием ключа, который отсутствует у рядовых абонентов. Но данный вариант нельзя назвать полностью защищенным, так как на сегодняшний день, не существует сертифицированной системы обнаружения вторжений для мобильных устройств.

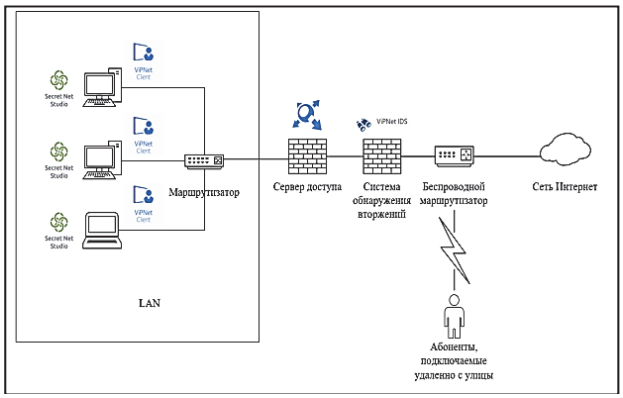


Рисунок 3 – Топология сети предприятия СД+СОВ

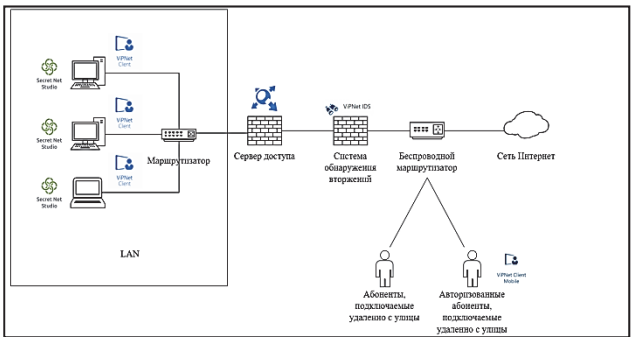


Рисунок 4 – Топология сети предприятия СД+СОВ+авторизация

В следующем варианте, на рисунке 5, единственным отличием от предыдущего является использование авторизованным абонентом «десктопного» клиента ViPNet Client, который можно использовать на ноутбуках или планшетных ПК под управлением операционных систем семейства Windows NT. В последующем же варианте (рисунок 6), для максимизации защиты от вторжения со стороны злоумышленников из сети Internet, используется один дополнительный сервер доступа, который находится на границе беспроводного маршрутизатора и сети Интернет.

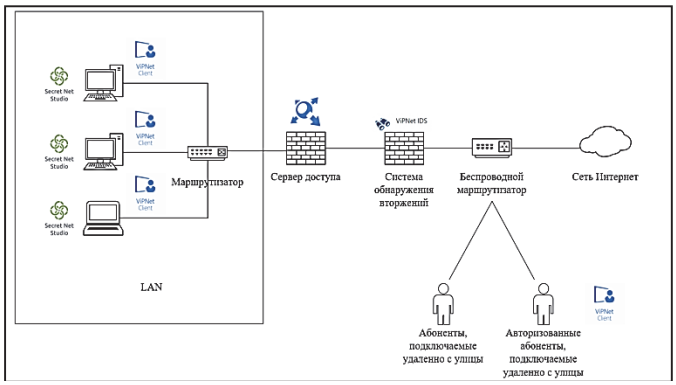


Рисунок 5 – Топология сети предприятия СД+СОВ+шифрование

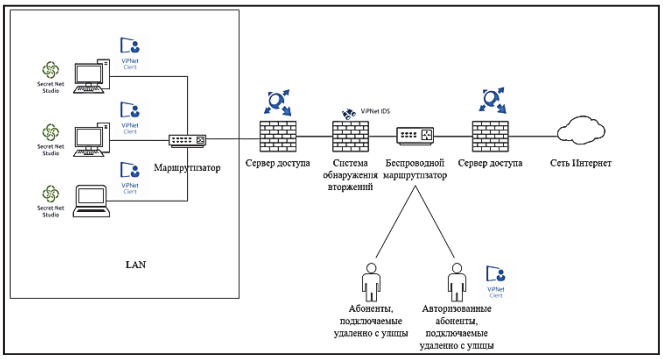


Рисунок 6 – Топология сети предприятия СД+СОВ+шифрование+авторизация

На следующей топологии (рисунок 7) есть существенные отличия. Во-первых, беспроводный маршрутизатор, который ранее являлся основным каналом для подключения авторизованных абонентов к локальной сети и получения данных из сети Интернет, теперь находится внутри этой сети. Для защиты данной сети от злоумышленников, пытающихся проникнуть в сеть, так же используется система обнаружения вторжения, который стоит на границе второго маршрутизатора, никак не связанного с первым. Более того, в данном случае сервер доступа установлен внутри LAN для проверки авторизации подключаемых абонентов через беспроводной маршрутизатор. Данный вариант топологии обеспечивает максимальную защиту от злоумышленников с использованием минимальных затрат.

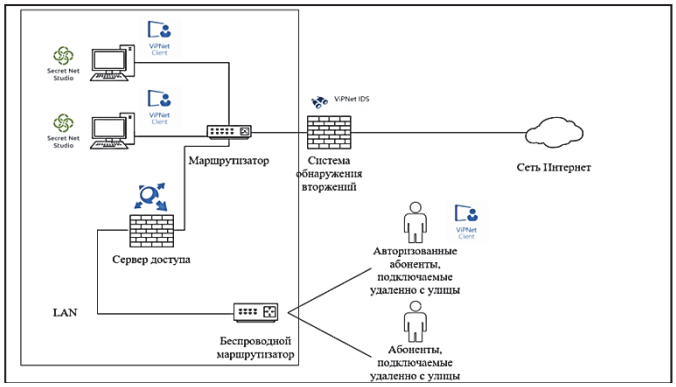


Рисунок 7 – Топология сети предприятия беспроводная сеть

Теперь рассмотрим вариант топологии (рисунок 8), когда удаленные пользователи подключаются к локальной сети удаленно через сеть Интернет, а не только через беспроводной маршрутизатор, как в предыдущих вариантах. В этом случае и абоненты, подключаемые с улицы, и абоненты, подключаемые через сеть Интернет, отправляют свой трафик через беспроводной маршрутизатор. Для защиты от злоумышленников, как и на одной из предыдущих топологий, используются сервер доступа и система обнаружения вторжения, которые расположены между локальной сетью и беспроводным маршрутизатором.

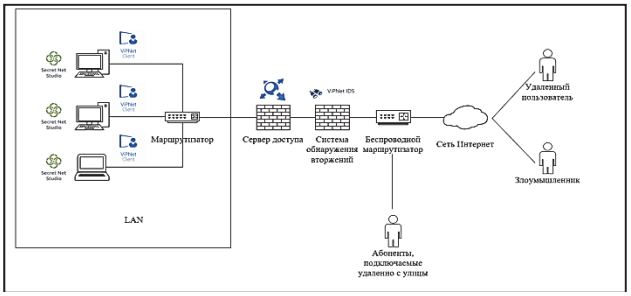


Рисунок 8 – Комбинированная топология сети предприятия

На рисунке 9 через сеть Интернет подключаются удаленные пользователи, при этом один из серверов доступа из топологии был убран. В данном варианте используются так называемые «белые» IP-адреса, которые будут уникальны для каждого пользователя сети. Не смотря на отсутствие сервера доступа контролировать трафик возможно с помощью листов доступа (ACL), которые настраиваются на маршрутизаторе и позволяются пропускать или ограничивать трафик от конкретных IP-адресов.

По аналогии с топологией на рисунке 9, в предложенной топологии (рисунок 13) был добавлен второй сервер доступа между беспроводным маршрутизатором и сетью Интернет. Как и в прошлый раз, используются «белые» IP-адреса. Таким образом, контролировать входящий трафик с помощью сервера доступа становится легче, так как облегчается процесс его блокировки.

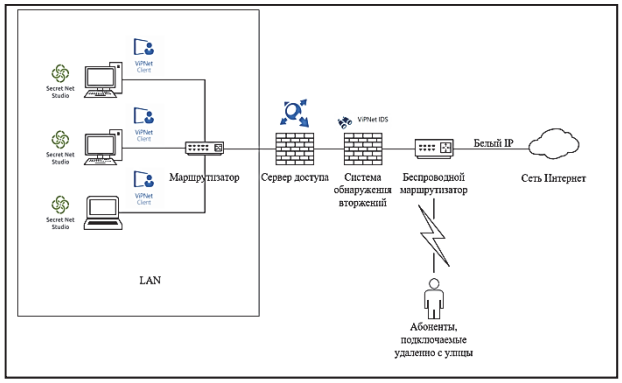


Рисунок 9 – Комбинированная топология сети предприятия
СД в периметре

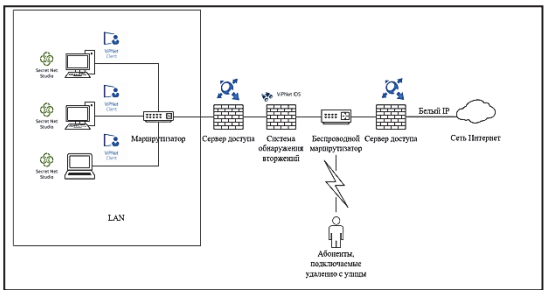


Рисунок 10 – Комбинированная топология сети предприятия СД на границе

Топология на рисунке 11 является комбинацией топологий рисунок 8 и рисунок 10. От топологии 8 было взято местонахождение беспроводного маршрутизатора внутри LAN, а от топологии 10 была взята идея возможности удаленного подключения к LAN через сеть Интернет. Это обеспечивается использованием десктопной версии ViPNet Client удаленным пользователем, пытающимся подключиться к LAN через сеть Интернет. Таким образом, весь нежелательный трафик будет блокироваться еще на подходе к АРМ, так как для удаленного доступа к ним потребуется пройти авторизацию через сервер доступа с использованием соответствующего клиента. Однако, если злоумышленник все-таки сможет пройти авторизацию, дальнейший его трафик будет остановлен системой обнаружения вторжения.

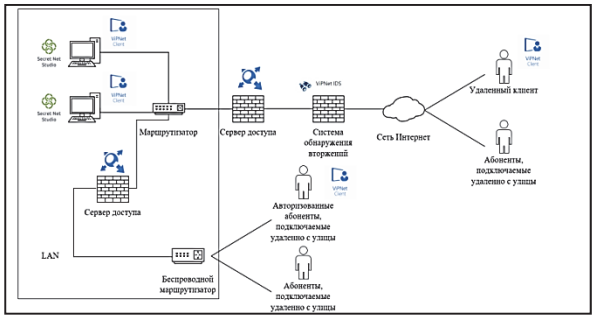


Рисунок 11 – Оптимальная топология сети предприятия

Заключение.

Исследование топологии вычислительных сетей с точки зрения обеспечения информационной безопасности в них является актуальной задачей имеющей множество решений с использованием различных технологий и механизмов организации доступа.

В работе проведен анализ использования серверов доступа для осуществления защищенного доступа с использованием беспроводных сетей и представлена оптимальная с точки зрения обеспечения защищенных соединений инфраструктура сетевого взаимодействия на предприятии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы,технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. − СПб.: П– 944 с.: ил..

2. Бирюков А. А. Информационная безопасность: защита и нападение. 2-е изд., перераб. и доп. − М.: ДМК Пресс, 2017, − 434 с.: ил.
3. Трещев И.А., Ватолина А.С., Анализ межсетевых экранов для защиты периметра локально-вычислительной сети В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 304-308.
4. Попкова А.В., Трещёв И.А., Разработка системы защиты информации негосударственного учреждения здравоохранения «Отделенческая больница ан станции комсомольск» В сборнике: Молодеж и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований, материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 418-420.

УДК 004.056.53
Чекмарев Максим Алексеевич, адъюнкт; Chekmarev Maxim Alekseevich
Клюев Станислав Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент;
Klyuev Stanislav Gennadievich
Краснодарское высшее военное училище им. С.М. Штеменко

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

FUNCTIONAL MODEL OF SECURITY VIOLATIONS IN MACHINE LEARNING SYSTEMS

Аннотация. Статья посвящена построению функциональной модели нарушения безопасности систем машинного обучения как наглядного представления процесса вредоносного воздействия на данные системы.
Abstract. The article is devoted to the construction of a functional model of a security violation of machine learning systems as a visual representation of the process of malicious impact on these systems.
Ключевые слова: машинное обучение, обеспечение безопасности, вредоносное воздействие, целостность, доступность, конфиденциальность.
Keywords: machine learning, security, malware, integrity, availability, privacy.

Введение. Масштабное проникновение технологий машинного обучения во все сферы деятельности делает серьезной проблему обеспечения безопасности протекающих в них процессов от вредоносных воздействий. В соответствии с [1] целями злоумышленника могут быть нарушение целостности, конфиденциальности и/или доступности модели машинного обучения, а атака может осуществляться дифференцированно как по этапу, так и по объекту атаки [2]. Построение качественной модели нарушения безопасности является первым шагом к разработке эффективных методов и алгоритмов защиты.

Функциональная модель нарушения безопасности процессов машинного обучения.

Осуществим моделирование функций, выполняемых рассматриваемой информационной системой путем создания структурированного графического изображения с использованием технологии создания функциональных моделей SADT (Structured Analysis and Design Technique) и методологии IDEF0 [3].

Построим контекстную диаграмму с определяющей функцией «Нарушение безопасности» (*S0*) (рис. 1).

Определим в качестве:

входных данных модели – обучающие данные алгоритма машинного обучения, входные данные модели машинного обучения;

выходных данных модели – конфиденциальные данные, нерабочую модель, измененные характеристики модели, неверный результат/прогноз;

управляющих компонентов – порядок обучения алгоритма машинного обучения, порядок функционирования модели машинного обучения;

механизма – злоумышленника.

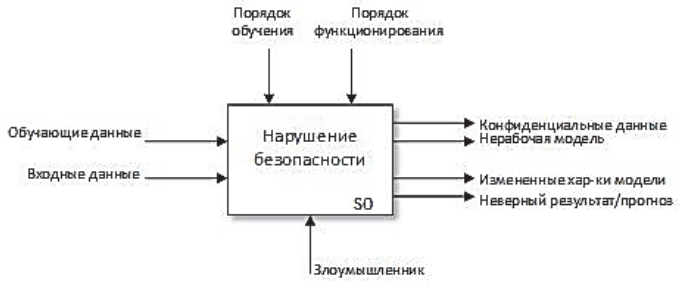


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма системы

Проведем декомпозицию контекстной диаграммы, описав совокупность нарушений безопасности системы машинного обучения (рис. 2):

функция «Нарушение целостности» (*S1*);

функция «Нарушение доступности» (*S2*);

функция «Нарушение конфиденциальности» (*S3*).

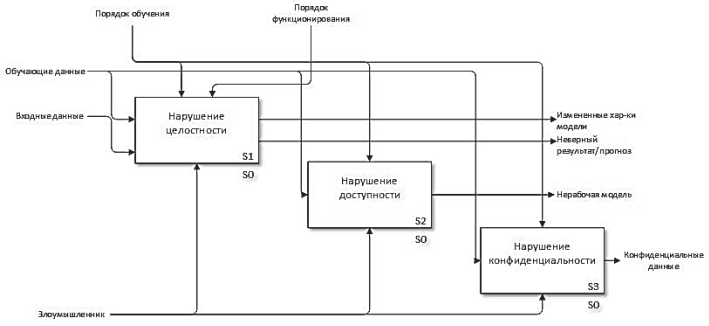


Рисунок 2 – Декомпозиция функции «Нарушение безопасности»

Проведем декомпозицию функции «Нарушение целостности», представив ее в виде функций «Изменение параметров обучения» (*S4*) и «Обход параметров обученной модели» (*S5*) (рис. 3).

Рисунок 3 – Декомпозиция функции «Нарушение целостности»

На данном этапе достигнут максимальный уровень декомпозиции, детализация целевой функции завершена.

Заключение. Построенная функциональная модель нарушения безопасности информации в результате вредоносного воздействия на системы машинного обучения является инструментом перехода от вербально-функционального описания исследуемого процесса к описанию в терминах математического представления и дальнейшему созданию логических и вероятностных моделей надежности и безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чекмарев М.А. Виды вредоносных воздействий на системы машинного обучения // НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ: сборник избранных статей II Международной научно-практической конференции. – Саратов: НОО «Цифровая наука». – 2020. – С. 40-45.

2. Чекмарев М.А. Методы обеспечения безопасности процессов машинного обучения // EurasiaScience: сборник статей XXXIV международной научно-практической конференции, часть I. – Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», – 2020. – С. 113-115.

1. ГОСТ Р 50.1.028–2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования: принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 02.07.01 № 256-ст: дата введения 2002-07-01.

УДК 004.056.53
Швалова Маргарита Викторовна, студент, Shvalova Margarita Victorovna
Лошманов Антон Юрьевич, кандидат физико-математических наук,
доцент, Loshmanov Anton Yurievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

AUTOMATION OF THE PROCESS OF ASSESSMENT OF INFORMATION SECURITY RISKS OF THE ENTERPRISE

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию способа автоматизации процесса расчета и оценивания информационных рисков предприятия при проведении оценки рисков.
Abstract. This work is devoted to the study of a way to automate the process of calculating and assessing information risks of an enterprise when assessing risks.
Ключевые слова: оценка рисков, автоматизация, программное обеспечение.
Keywords: risk assessment, automation, software.

Из-за стремительного развития информационных технологий стремительно развиваются и угрозы информационной безопасности. Многие информационные системы имеют незащищенные уязвимости, которые могут позволить угрозе реализоваться в данных системах. Специалисты по информационной безопасности работают над устранением уязвимостей и уменьшению вероятности реализации угроз, однако от них нельзя полностью избавиться, в первую очередь из-за высокой стоимости защитных мер, которую не могут себе позволить в полной мере многие небольшие организации, а во вторую из-за уменьшения времени на выполнение задач по защите информации в следствие увеличения количества новых угроз и уязвимостей.

Решить обе эти проблемы можно с помощью автоматизации процесса оценивания информационных рисков предприятия.

Риск – это вероятность осуществления угрозы или угроз информационной безопасности с использованием уязвимостей актива или активов и нанесения ущерба организации. Оценка рисков – это процесс идентификации риска, анализа риска и оценивания риска. Оценивание рисков – это финальный этап данного процесса, в нем все собранные на предыдущих этапах данные систематизируют, расчитывают уровни информационных рисков и сравнивают их с заранее определенными критериями риска для определения оценки уровня риска [1-2].

Для расчета уровней риска была использована математическая модель качественного метода оценки рисков информационной безопасности

предприятия, основанная на идентификации активов предприятия и анализе каждого из них на предмет ценности информации, степени уязвимости и вероятности осуществления угрозы из банка данных угроз безопасности информации ФСТЭК [1-4].

Качественный метод оценки был выбран как наиболее универсальный, быстрый и удобный по сравнению с количественным методом. Данная математическая модель с использованием качественного метода позволит быстро получить общее представление об уровне информационных рисков предприятия, что позволит в кратчайшее время приступить к обработке рисков или же произвести количественную оценку для корректировки результатов.

Математическая модель представлена в формуле (1) ниже:

$$R = S \cdot V \cdot C, \quad (1)$$

где R – уровень риска;

S – степень уязвимости актива;

V – вероятность реализации угрозы;

C – ценность актива.

Степень уязвимости актива измеряется по трехбалльной шкале и может быть низкой, средней и высокой.

Вероятность реализации угрозы измеряется по четырехбалльной шкале от никогда не встречающейся угрозы в данной сфере до периодически реализующейся угрозы в данном активе.

Ценность актива измеряется по четырехбалльной шкале и зависит от последствий реализации угрозы, нарушающей конфиденциальность, целостность или доступность информации.

Оценка риска определяется по тому, в каком диапазоне оказалось значение уровня риска. Так, низкий риск находится в диапазоне от от 1 до 6, средний риск от 7 до 23, высокий – от 24 до 48.

В таблице 1 представлена матрица риска, где зеленым выделен низкий уровень риска, желтым средний и красным – высокий.

Таблица 1 – Матрица рисков

Вероятность	1			2			3			4		
Степень	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ценность актива												
1	1	2	3	2	4	6	3	6	9	4	8	12
2	2	4	6	4	8	12	6	12	18	8	16	24
3	3	6	9	6	12	18	9	18	27	12	24	36
4	4	8	12	8	16	24	12	24	36	16	32	48

По данной математической модели можно создать программное обеспечение, позволяющее автоматизировать процесс оценивания рисков. Пример такого программного обеспечения представлен на рисунках 1-2.

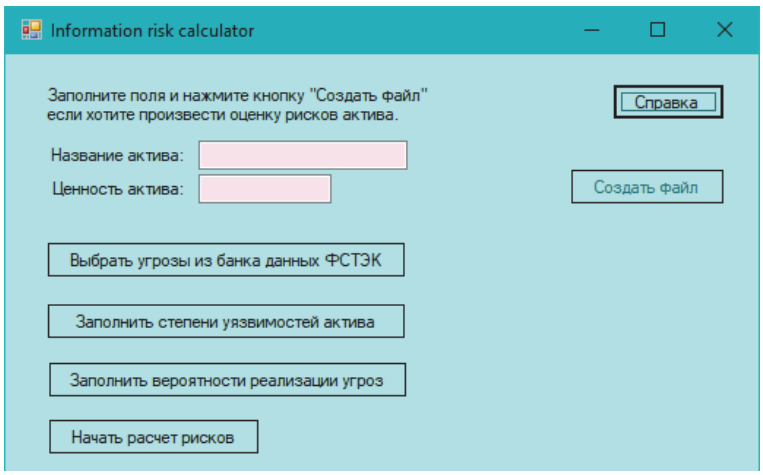


Рисунок 1 – Главное меню программы

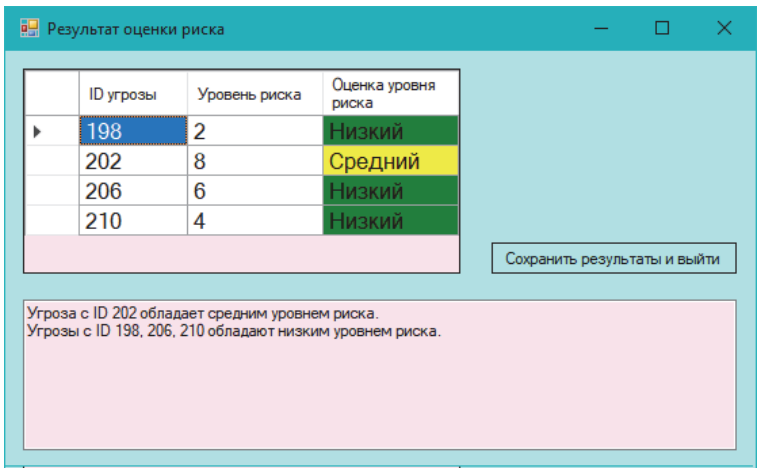


Рисунок 2 – Результат оценки риска

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 13335-1-2006. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Часть 5. Руководство по менеджменту безопасности сети

2 ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности

3 Ильченко Л.М., Брагина Е.К., Егоров И.Э., Зайцев С.И. Расчет рисков информационной безопасности телекоммуникационного предприятия. Открытое образование. 2018;22(2):61-70.

4 Глухов Н.И. Оценка информационных рисков предприятия : учебное пособие. – Иркутск : ИрГУПС, 2013. – 148 с.

СЕКЦИЯ 12. БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА

УДК 004
Гаджиева Айсель Асифовна, студент; Gadzhieva Aysel Asifovna
Инзарцев Алексей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Inzartsev Alexey Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ВЫЯВЛЕНИЕ ПОДЛЕЖАЩИХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОБЛЕМНЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

IDENTIFICATION OF PROBLEMATIC BUSINESS PROCESSES TO BE AUTOMATED

Аннотация. Рассмотрена методика выявления проблемных бизнес-процессов организации. Проведена диагностика бизнес-процессов, анализ и ранжирование проблем, расчет степени проблемности бизнес-процессов. Предложено решение устранения проблем путём создания модуля для автоматизированного управления товарными запасами.
Abstract. The method of identifying problematic business processes of the organization is considered. Diagnostics of business processes, analysis and ranking of problems, calculation of the degree of problematic business processes are carried out. A solution to eliminate problems by creating a module for automated inventory management is proposed.
Ключевые слова: бизнес-процесс, автоматизация управления.
Keywords: business process, management automation.

Выявление проблемных бизнес-процессов организации позволяет своевременно принимать меры по повышению эффективности её работы и сохранять конкурентноспособность на рынке товаров и услуг. Рассмотрим пути решения проблемы на примере торговой организации «Гулиа».

Определелим критические факторы успеха (КФУ), , так как именно они определяют успех компании на рынке, ее конкурентные возможности, непосредственно влияющие на ее прибыльность [1]

При изучении процессов торговой организации были выявлены следующие критические факторы успеха:

1) КФУ 1 квалифицированный персонал
2) КФУ 2 разновидность продукции
3) КФУ 3 налаженные связи с поставщиками
4) КФУ 4 расположении торговой организации
5) КФУ 5 уровень информационных систем

Проведем диагностику и выявление проблем и слабых мест бизнес-процессов, анализ и ранжирование проблем и слабых мест, расчет степени проблемности бизнес-процессов (таблица 1).

Таблица 1 – Анкета оценки степени проблемности бизнес-процессов

Бизнес-процессы	Проблемы	Сила проблемы	Проблемность
Закупка товаров	Планирование закупки	4	5
	Работа с поставщиками	5	
	Учета поступления товаров	5	
	Учет продажи товаров	5	
Хранение	Несоответствие фактических поставок документам	3	3
	Размещение на складе	3	
	Размещение в торговом зале	4	
Реализация товаров	Отсутствие необходимого товара в нужном количестве	5	4
	Проблема сбор информации по сбыту для управленческого учета	3	
Внедрение инноваций	Сложность доказать экономическую эффективность в инновации	4	4
Реклама	Проблема в планировании рекламы	3	2
	Сложность в организации рекламы	2	

Для ранжирования бизнес-процессов применим матрицу «Важность-проблемность» (рисунок 1).

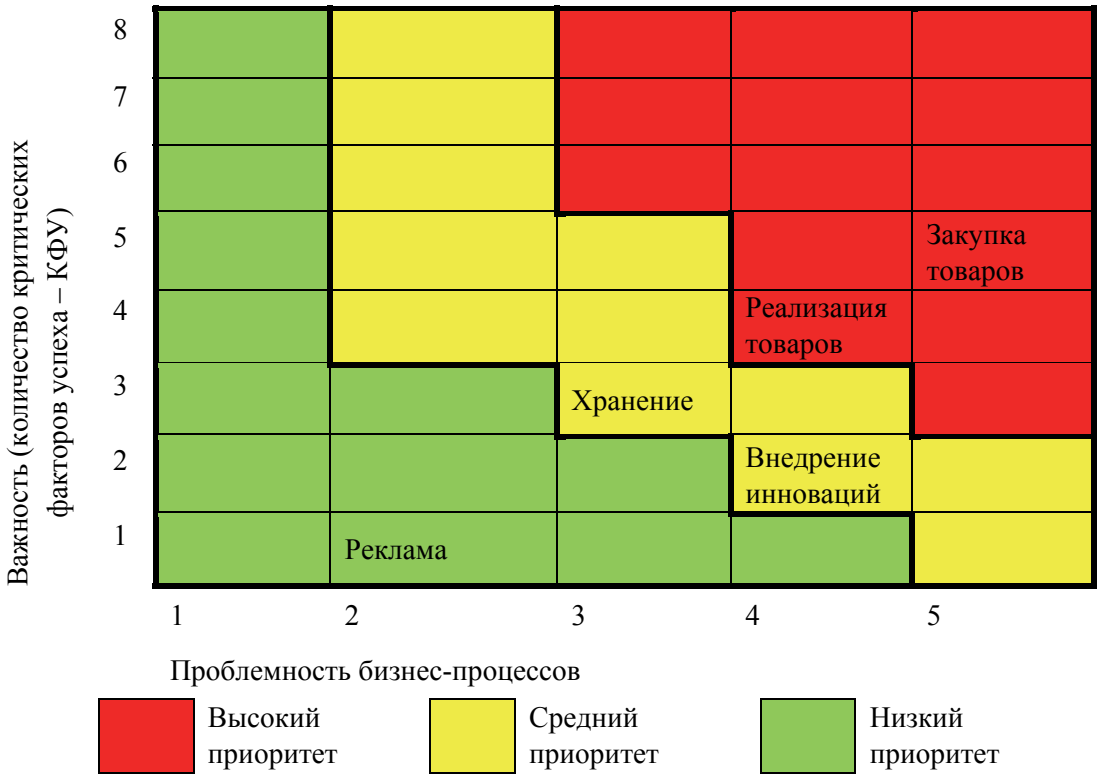


Рисунок 1 – Матрица «Важность-проблемность»

Рассмотрев матрицу важность-проблемность, можно сделать вывод, что бизнес-процессы, которые попали в зону ближе к правому верхнему углу «Закупка товаров» и «Реализация товаров», являются самыми важными и самыми проблемными бизнес-процессами торговой организации «Гулиа». Их относят к категории высокого приоритета (выделены красным цветом), и их улучшением следует заняться в первую очередь. Помимо этого, выделяем процессы, получившие средний приоритет (выделены желтым цветом) «Хранение» и «Внедрение инноваций».

На данный момент в торговой организации «Гулиа» используется только ручной способ учета.

В данном способе есть свои минусы:

– сложность в восприятии и обработке объемных данных;

– возможность ошибки в расчетах;

– недостаток контроля учета товарных запасов.

Таким образом, можно сделать вывод что для торговой организации необходимо изменить способ ведения учета товарных запасов.

На сегодняшний день торговая организация «Гулиа» является самоокупаемой торговой организацией, приносящим минимальную прибыль, именно поэтому было найдено оптимальное решение с целью увеличения прибыли, а именно создание собственного модуля управления товарными запасами на базе программного продукта Microsoft Access.

Функции создаваемого модуля управления товарными запасами:

1) предоставление информации о наличии товара в продаже;
2) ускорение процессов обработки информации;
3) автоматизация процессов обработки информации;
4) исключение потерь, связанных с ошибками и низкой скоростью обработки информации.

Создаваемый модуль решает следующие задачи:

1) автоматизация учета продажи товара;
2) автоматизация учета поступления товаров;
3) автоматизация процесса заказа товара;
4) автоматизация учета поставщиков товаров;
5) автоматизация составления отчетов по работе с поставщиками и по наличию товара.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Определение критических факторов успеха организации (КФУ) // HR-Portal: Сообщество HR-Менеджеров: 2004-2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: / https://hr-portal.ru/pages/bpta/bpta03.php (дата обращения: 02.02.2020).

УДК 004.416.6:656.02
Кищенко Иван Иванович, младший научный сотрудник, аспирант кафедры ИТТ; Kishchenko Ivan Ivanovich
Никифорова Сара Александровна, студентка кафедры ИТТ;
Nikiforova Sara Alexandrovna
Сибирский Государственный Университет Путей Сообщения,

ПРИВЛЕЧЕНИЕ НОВЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ПРИЛОЖЕНИЯ РЖД ЗА СЧЕТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО ФУНКЦИОНАЛА

ATTRACTING NEW USERS TO RUSSIAN RAILWAYS APPLICATIONS THROUGH EDUCATIONAL AND ENTERTAINMENT FUNCTIONALITY

Аннотация. Данная работа посвящена предложению по расширению функционала приложений компании ОАО «Российские железные дороги», за счет разработки модуля дополнений интерактивной викторины по истории и интересным фактам российских железных дорог. В работе проведен анализ существующих викторин по данному направлению. Рассмотрены мобильные приложения компании ОАО «Российские железные дороги», действующие в настоящее время. Выделены задачи для достижения поставленной цели.
Abstract. This paper is devoted to the proposal to expand the functionality of the applications of JSC "Russian Railways", through the development of a module for an interactive quiz on the history and interesting facts of Russian railways. The paper analyzes the existing quizzes in this area. The mobile applications of the company "Russian Railways", which are currently operating, are considered. The tasks for achieving the set goal are highlighted.
Ключевые слова: мобильные приложения, рынок мобильных приложений, викторина, РЖД.
Keywords: mobile apps, mobile applications market, quiz, Russian Railways.

В современном мире мобильный телефон является незаменимым помощником и источником самых разнообразных и необходимых ресурсов для работы, досуга и образования, чему во многом способствует стремительное развитие индустрии мобильных приложений [1]. Мобильные технологии применяются повсеместно, и компания ОАО «Российские железные дороги» (РЖД) не является исключением. Компания РЖД занимается перевозками пассажиров: местного, пригородного, дальнего следования, а также осуществляет туристическую деятельность [2]. При планировании и совершении поездки мобильный телефон является не только устройством для покупки билетов в режиме онлайн, но и для проведения досуга в поездах. Но не все пассажиры пользуются приложениями РЖД при совершении поездки или в ее момент.

Исследуя рынок мобильных приложений для покупки онлайн-билетов было выявлено, что на текущий момент в приложениях РЖД: «РЖД Пассажирам», «Экспресс-пригород», «Кузбасс-пригород»; доля покупки билетов низкая [3], а также не развит образовательно-развлекательный функционал.

Исходя из этого, предлагается расширить функционал приложений РЖД, дополненного викториной по истории и интересным фактам российских железных дорог. Исторически викторины применяются в качестве развлекательного времяпровождения соревновательного плана. Также викторины предназначены для привлечения внимания целевой аудитории и вовлечения потенциальных пользователей в интересную игру, которая приведет к совершению целевого действия [4]. Наличие викторины поможет оживить однообразный контент приложений, что значительно повысит их конверсию.

Использование методов анализа научно-методической, учебной и познавательной литературы позволит разработать модуль дополнений интерактивной викторины. Данный модуль позволит ознакомить пассажиров и туристов РЖД с интересными местами, фактами из истории железных дорог, перед поездками или во время поездок.

В свою очередь это позволит решить следующие задачи для РЖД:

- повысить количество скачиваний приложения;
- увеличить привлекательность использования мобильных приложений;
- привлечь поток туристов в рамках внутреннего туризма;
- увеличить долю билетов, купленных через мобильное приложение;
- повысить конверсию приложений.

Решение данных задач позволит не только расширить кругозор пассажиров, но и оптимизировать перевозочный процесс:

- сократить очереди в кассы;
- сократить расход бумаги на печать билетов;
- исключить случаи потери билетов.

В результате решения поставленных задач, разработка модуля дополнений интерактивной викторины по истории и интересным фактам Российских железных дорог позволит привлечь новых пользователей в приложения РЖД (пригородные, федеральные, туристические и региональные подразделения компании РЖД) [2,5-6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Разработка приложения в среде AndroidStudio [Электронный ресурс] // URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-prilozheniya-v-srede-androidstudio (дата обращения: 09.03.2021).

2 РЖД ТУР. О компании [Электронный ресурс] // URL: https://rzdtour.com/o-kompanii (дата обращения: 09.03.2021).

3 Приложение «РЖД Пассажирам» теперь сможет сообщать об изменениях в движении поездов [Электронный ресурс] // URL: https://www.rzd.ru/ru/9284/page/3102?id=260526 (дата обращения 15.03.2021).

4 Мастерство презентации. Как создавать презентации, которые могут изменить мир / Каптерев Алексей. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 336 с.

5 АО «Экспресс-пригород» [Электронный ресурс] // URL: http://express-prigorod.ru/ (дата обращения 07.03.2021).

6 Федеральная Пассажирская Компания [Электронный ресурс] // URL: https://fpc.ru/ (дата обращения 10.03.2021).

УДК 51-7

Корнеева Мария Станиславовна, магистрант; Korneeva Mariia Stanislavovna
Розанова Лариса Федоровна, кандидат технических наук, доцент кафедры ВМиК; Rozanova Larisa Fedorovna
Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ)

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

METHODOLOGICAL APPROACH TO THE CHOICE OF INFORMATION SUPPORT SYSTEM FOR THE ORGANIZATION OF CARGO TRANSPORTATION IN A TRANSPORT AND LOGISTICS COMPANY

Аннотация. В статье рассмотрен методологический подход к выбору системы информационной поддержки организации грузоперевозок в транспортно-логистической компании. Проведен сравнительный анализ систем. Выбран наиболее подходящий вариант.

Abstract. The article considers the methodological approach to the choice of the information support system for the organization of cargo transportation in a transport and logistics company. A comparative analysis of the systems is carried out. The most suitable option is selected.

Ключевые слова: метод анализа иерархий; МАИ; транспортно-логистическая компания; выбор системы; принятие решений.

Keywords: method of hierarchy analysis; MAI; transport and logistics company; system selection; decision-making.

Введение

Довольно часто специалисты в области IT сталкиваются с выбором наиболее подходящей системы для автоматизации и/или оптимизации бизнес-процессов в компании.

Для принятия правильного решения в выборе систем существует множество разнообразных способов. Важно, чтобы выбранный вариант

был самым подходящим и удовлетворял все или большинство требований, в дальнейшем это сказывается на качестве принимаемых решений. Выбор подходящей системы информационной поддержки организации грузоперевозок в транспортно-логистической компании с помощью метода анализа иерархий (МАИ) схож с человеческим мышлением.

Основная часть

Метод Анализа Иерархий (МАИ) – математический инструмент системного подхода к решению проблем принятия решений [1].

Алгоритм использования метода анализа иерархий [2]:

– необходимо определить критерии отбора, альтернативы и их взаимосвязь;
– попарное сравнение критериев по шкале предпочтений, формирование матриц попарного сравнения;
– расчет нормализованного вектора приоритетов (НВП);
– расчет компонентов НВП;
– проверка согласованности локальных приоритетов путем расчета характеристик;
– расчет глобальных приоритетов;
– выявление наилучшей альтернативы.

Для решения задачи выбора системы информационной поддержки организации грузоперевозок в транспортно-логистической компании необходимо отобрать все возможные однотипные альтернативы.

В качестве альтернатив рассматриваются такие системы, как:

– «Галактика»;
– «Парус»;
– «SAP»;
– «1С: Предприятие».

Целью метода анализа иерархий, в данном случае, является выбор оптимально подходящей системы информационной поддержки организации грузоперевозок в транспортно-логистической компании.

Критериями выбора являются: требование вложений, срок реализации, знакомый интерфейс, возможность дальнейшей доработки.

На основании этих данных построена иерархия целей, которая изображена на рисунке 1.

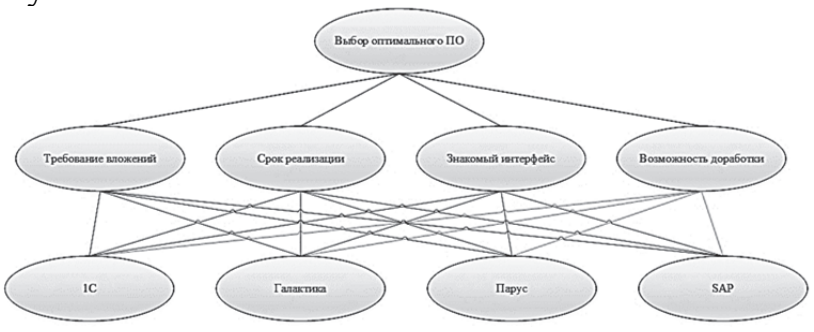


Рисунок 1 – Иерархия целей

Для удобства сравнения и оценивания альтернатив по критериям можно внесли данные в сводную таблицу.

Для экспертной оценки критериев и альтернатив по критериям используется шкала предпочтений объектов – таблица 1.

Таблица 1 – Шкала предпочтений объектов

Степень превосходства	Описание степени превосходства
0	Объекты нельзя сравнить
1	Объекты равны по превосходству
3	Один объект немного лучше другого
5	Один объект довольно лучше другого
7	Один объект значительно лучше другого
9	Однозначное превосходство одного над другим
2,4,6,8	Промежуточные значения степеней превосходства

Используя шкалу предпочтения объектов, формируются матрицы попарного сравнения как критериев между собой, так и альтернатив по критериям [3]. Затем для каждой матрицы попарного сравнения производится расчет нормализованного вектора приоритетов (НВП) по формуле (1):

$$y_i = \sqrt[n]{\text{П элементов } i}, \quad (1)$$

где i – номер строки;

n – количество критериев/альтернатив.

Далее производится расчет компонентов НВП по формуле (2):

$$y_{in} = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i}, \quad (2)$$

После расчета компонентов НВП необходима проверка согласованности локальных приоритетов путем расчета таких характеристик, как λ_i (3), λ_{max} (4), индекс согласованности (5) и отношение согласованности (6):

$$\lambda_i = a_{ij} \times y_{in}; \quad (3)$$

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i; \quad (4)$$

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}; \quad (5)$$

$$\text{ОС} = \frac{\text{ИС}}{\text{СС}}, \quad (6)$$

где a_{ij} – элемент матрицы попарного сравнения;

СС – значение случайной согласованности, которое зависит от количества сравниваемых альтернатив/критериев.

Таблица 2 – Значения случайной согласованности

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СС	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Отношение согласованности (ОС) должно быть меньше или равно 0,1, чтобы матрица попарного сравнения считалась согласованной. В про-

тивном случае необходимо расставить более корректно оценки превосходности в матрицах попарного сравнения.

Рассчитав все характеристики, необходимо вычислить глобальные приоритеты, а затем выбрать максимальное значение из них – это будет наилучшей альтернативой. Для этого необходимо ранее полученные значения компонентов НВП (y_{in}) внести в общую таблицу. Затем рассчитать для каждой альтернативы глобальный приоритет, перемножив значения компонентов НВП критериев на значения компонентов НВП альтернатив, просуммировав их.

Таблица 3 – Расчет глобальных приоритетов

Альтернативы	Критерии				Глобальные приоритеты
	Требуемые вложения	Срок реализации	Знакомый интерфейс	Возможность доработки	
	Нормализованный вектор приоритетов критериев				
	0,16	0,05	0,31	0,48	
1С	0,7	0,7	0,7	0,7	**0,7**
Галактика	0,09	0,08	0,09	0,14	0,1135
Парус	0,2	0,19	0,09	0,04	0,0886
SAP	0,05	0,08	0,09	0,08	0,0783

Наилучшей альтернативой для транспортно-логистической компании является «1С: Предприятие».

Заключение

Используя метод анализа иерархий, можно приблизиться к реальной ситуации принятия решений, учитывая большинство мнений, обстоятельств и критериев отбора. Ключевым преимуществом метода анализа иерархий является то, что можно предусматривать «человеческий фактор» перед определением наилучшей альтернативы с помощью расставления приоритетов и проверки матрицы на согласованность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Саати Т. Принятие решений/Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

2 Оценка экономических величин и управление предприятием: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://vamocenka.ru/metod-analiza-ierarxij-procedura-primeneniya/

3 Григорчук Т.И., Розанова Л.Ф., Телицкий С.В., Розанова Ж.Б. Математическая модель многокритериальной задачи покрытия многосвязного ортогонального полигона: Нефтегазовое дело, 2017. Т. 15. № 2. С. 146-154.

УДК 004.4
Морошкин Евгений Максимович, студент; Moroshkin Eugeny Maksimovich
Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;
Shchelkunova Marina Evgenievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ИГРОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

DEVELOPING A GAME PROGRAMM FOR A MOBILE DEVICE

Аннотация. Работа посвящена разработке мобильной игры в среде Unity. В работе представлены анализ и описание подобных приложений, этапы создания игры, а также инструменты для разработки мобильного игрового приложения[3].
Abstract. The work is devoted to the development of a mobile game in Unity environment. The paper presents an analysis and description of such applications, the stages of creating a game, as well as tools for developing mobile game application.
Ключевые слова: разработка, Unity, мобильная игра, стратегия.
Keywords: development, Unity, mobile game, strategic.

Мобильные игры в настоящее время стали наиболее популярны среди всей игровой индустрии. За прошедший год аудитория заметно расширилась. Помимо аудитории значительно возросло и времяпрепровождение за мобильными приложениями. Игры бывают и полезными, они способствуют развитию определённых качеств и навыков, таких как логика, стратегия, память и другие. Одним из самых полезных жанров можно выделить жанр стратегия.

Стратегия делится на три типа: первый тип – пошаговая стратегия, где игроки ходят по очереди. Второй тип, это стратегия в реальном времени, где уже в реальном времени необходимо принимать какие-либо решения, иначе это приведёт к проигрышу. Последним являетсякомбинированный тип, в котором присутствуют элементы первых двух типов.

В играх жанра стратегия может присутствовать проработанный сюжет с множеством выборов и вариантов развития событий. Прохождение игр такого содержания становится длительным. Кроме длительного прохождения игры возможна и длительная продолжительность сеанса. Чтобы это исправить игра будет делиться на уровни. С добавлением уровней сюжет останется прежним, но игроки будут время от времени делать перерывы.

Игровая механика комбинированного типа в реальном времени дает игроку выбор, где от игрока требуется за определённое время принять действия, который игрок сам посчитает нужным. После этого ему предлагают выбор развития событий, где у игрока уже есть время тщательно продумать действия.

Одной из целей реализации данной игры является способствование развитию стратегических навыков, способностей выработки собственной стратегии в реальном времени и принятие верных решений в критической ситуации.

На основе поставленной цели, были выделены следующие задачи[1, 3]:

- создать основной сценарий мобильной игры;
- изучить существующие аналоги;
- спроектировать диаграммы сценария, взаимодействия игрока с игрой;
- придумать и реализовать графические элементы игры;
- написать звуковые дорожки и создать звуки действий;

разработать игру и протестировать.

Название разрабатываемой компьютерной игры «UrgenMe».

Целевая аудитория – дети от 14 лет и взрослые. Жанр был выбран как один из самых популярных сегодня.

Мобильная стратегия – жанр мобильных игр, основанных на элементах классических стратегических настольных играх, где игроку необходимо принимать ряд правильных решений для победы. Игрок не управляет отдельным персонажем, а управляет массами, будь то отряд, город или целая цивилизация.

Игрок управляет целым подразделением поликлиники небольшого города. В качестве управляемых персонажей будут врачи этой поликлиники, а не управляемыми, соответственно пациенты. Врачи обладают определенными характеристиками и возможностями. Характеристики описаны числом и могут изменяться по ходу игры. Примером характеристик являются здоровье, уровень персонажа, уровень навыков и т.п. Одним из характерных элементов игрового процесса является развитие персонажа за счет успешно проведённых событий. При неудачных событиях, может упасть уровень здоровья[5].

В игре будут присутствовать элементы многоразового прохождения уровней, в случае неудачи и необратимость смерти персонажей, так же возможность собирать свои отряды. Генерация уровней случайным образом сделает каждое прохождение уникальным. Игра будет иметьчетыре составляющие – главное меню, локальная карта и меню диалогов, список персонажей[2].

В главном меню будут расположены кнопки для начала игры, загрузки, настроек и выхода из игры.

В начале игры необходимо будет ввести имя. После перед игроком появляется локальная карта города, в котором начинают разворачиваться события. Напомним, что игрок отвечает за действия поликлиники. Спустя какое-то время из случайного дома поступает вызов врача. Игрок принимает его, выбирает из списка одного или нескольких врачей, которые поедут на этот вызов. По приезде на вызов появляется диалоговое окно, где пациент описывает свою проблему, а от игрока требуется выбрать действие из списка предложенных. Сразу после вызова врачам начисляется

опыт, по истечении нескольких дней будетдобавлен ещё опыт, но только при успешном выздоровлении пациента. Опыт необходим для повышения уровня. При повышении уровня у врача увеличиваются здоровье и улучшаются навыки.

Врач не активен, пока он не находится в поликлинике, и в это время может поступать не один вызов. Игроку нужно правильно распределять персонал и принимать верные решения, от которых зависит дальнейшее прохождение. Переход на новый уровень будет происходить по истечении рабочего дня игрового времени. С новым уровнем появляются и новые условия.

Сюжет разнообразен, те или иные действия могут приводить к разным последствиям.

Игрок может отдалять и приближать, а также свободно перемещать камеру по городу. Также игрок может смотреть списки активных и не активных врачей.

Для осуществления звукового и графического сопровождения был произведен поиск звуковых дорожек и спрайтов, находящихся в свободном доступе и имеющих бесплатную лицензию. Некоторые спрайты и звуковые эффекты будут реализованы самостоятельно с помощью таких программных продуктов, как AdobePhotoshopи Audacity[7].

В качестве средства разработки был выбран инструмент разработки Unity, а языкомразработки –C#[4,6].

Совокупность технических требований, используемого программного обеспечения определяет технические требования для разработчика:

- процессор с тактовой частотой не ниже 1,8 ГГц, рекомендуется использовать как минимум двухъядерный процессор;
- ОЗУ – 2 Гб, рекомендуется 4 Гб;
- место на диске – от 20Гб;
- видеоадаптер с минимальным разрешением 1280x720;
- видеопамять –512 Мб.

Упользователя на устройстве должна быть установлена операционная система Android 8 и выше.

Технические требования для пользователя:

- ОЗУ – 2 Гб, рекомендуется 4 Гб;
- место на диске – 300 Мб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ардамехри, А. М. Исследование фреймворка ReactNative для реализации мобильных приложений на примере приложения «Портфолио студента КнАГУ» / А. М. Ардамехри, А. И. Хромов, // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. :

Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 193-195.

2 Бурчинский, А. В. Разработка игры под операционную систему Android / А. В. Бурчинский, М. Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г. / редкол. : Э. А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. –С. 168-170.

3 Воронин, С. В. Разработка сетевой игры на C# в Unity / С. В.Воронин, М. Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской науч.-техн. конф., Комсомольск-на-Амуре, 09-20 апреля 2018 г. : в 2 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – Ч. 2. – С. 147-149.

4 Иванов, И. А. Разработка приложения для мобильного устройства для считывания и распознавания цифровых бирок товаров / И. А. Иванов, В. А. Тихомиров // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы IIВсерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 273-276.

5 Лобец, С. А. Разработка игровой программы в среде Android / С.А.Лобец, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 341-343.

6 Холкин, Д.В. Разработка визуализатора параметрических импульсов для мобильных платформ / Д. В. Холкин, С. Ю. Александров // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской науч.-техн. конф., Комсомольск-на-Амуре, 09-20 апреля 2018 г. : в 2 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – Ч. 2. – С. 622-623.

7 Штырков, Г. О. Разработка компьютерной игры в среде C++ с использованием графической библиотеки / Г.О. Штырков, М. Е. Щелкунова// Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 484-487.

УДК 004.4
Москвитин Егор Сергеевич, студент; Moskvitin Yegor Sergeyevich
Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;
Shchelkunova Marina Evgenievna
Кондоурова Александра Андреевна, Kondourova Alexandra Andreyevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАКУПОК

DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR STRATEGIC PROCUREMENT PLANNING

Аннотация. Данная работа посвящена изучению процесса стратегического планирования закупок организации и его автоматизации с использованием разрабатываемого программного обеспечения.
Abstract. This work is devoted to researching the process of strategic planning of purchases of the enterprise and its automation with the help of the software under development.
Ключевые слова: информационная система, планирование, стратегия, бизнес, анализ, проектирование информационной системы.
Keywords: information system, planning, strategy, business, analysis, information system design.

Для повышения эффективности управленческих решений любой коммерческой организации требуется своевременный и качественный анализ данных [1].

Стратегия – это концепция мероприятий, направленная на достижения основных целей и задач системы.

Универсальная стратегия закупок складывается из нескольких второстепенных стратегий, любая из которых разрабатывается с использованием любой доступной информации при разработке проекта, сосредоточенного на получение результата. Все второстепенные стратегии можно объединить по пяти ключевым категориям.

1) Обеспечение поставок: гарантированное обеспечение предстоящих потребностей в поставках как в качественном, так и в количественном выражении с учетом прогнозирования изменения в спросе и в предложении продукции.

2) Снижение затрат: приводит к сокращению расходов на покупаемую продукцию либо совокупных расходов. Вместе с изменениями в рабочих условиях и технологиях могут предстать другие виды по уменьшению единых рабочих расходов компании из-за перемен в сырьевых материалах, источниках, способах закупки, взаимоотношениях заказчик-поставщик.

3) Содействие поставок: предоставляет заказчику проверенный опытом способ взаимодействия и лучшие возможности поставки. К примеру, может потребоваться усовершенствованная система взаимосвязи между заказчиком и поставщиком с целью оперативного информирования об изменениях, например, продукции, а также обеспечить необходимый уровень запаса продукции от поставщика, отвечающих нуждам заказчика.

4) Меры реагирования на перемену условий: помогает предусматривать, а также отвечать на изменения в условиях, например, финансовых, организационных, юридических, правительственного контроля, во взаимоотношениях с потребителями, с целью предоставления заказчику преимуществ.

5) Конкурентоспособность: способность использовать имеющиеся на рынке возможности с целью выделения заказчика среди его конкурентов.

Абстрактная модель планирования стратегических закупок состоит из следующих этапов:

- определение целей предприятия;
- определение целей снабжения;
- определение факторов, способствующих достижению целей;
- определение и анализ альтернатив;
- определение стратегии снабжения;
- обзор возможностей применения;
- выполнение целей.

Процедура планирования, как правило, сконцентрирована на будущем потенциале предприятия, но никак не на решении неотлагательных задач, стоящих перед организацией в данный момент.

Каждая выбранная стратегия должна содержать следующие характеристики: что именно, какое качества, какое количество, кто именно, в какие сроки, по какой стоимости, в каком месте, каким образом.

Анализ стратегии осуществляется на стадиях ее разработки и в последствии осуществления.

На стадиях разработки главная цель – дать оценку, какие именно из вероятных предлагаемых решений точнее всего гарантируют наиболее существенное конкурентоспособное превосходство.

Отслеживание реализованных стратегий осуществляется с целью проверки того, в какой мере они способствовали достижению целей предприятия.

Процедура контролирования состоит из исполнения четырех стадий:

- определение стандартов функционирования;
- измерение показателей;
- сравнение показателей (фактических с запланированными);
- выполнение требуемых действий по корректировке.

Принимая во внимание обилие всевозможных вариантов, планирование представляется довольно непростой задачей.

В связи с этим возникает необходимость в разработке приложения, позволяющем объединить большинство задач по планированию, а также анализировать и прогнозировать ситуацию.

Разрабатываемое приложение представляет собой интеллектуальный модуль, который будет собирать и анализировать некоторую информацию, например, как часто за отчетный месяц продавался тот или иной продукт.

Интеллектуальные системы – это техническая или программная система, способная решать задачи, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы [2].

В настоящее время система учета есть почти у любой организации, социальной, коммерческой, государственной. Для коммерческой организации по предоставлению услуг особенно важно иметь возможность качественно и быстро обслуживать посетителей, ведь именно от них зависит прибыль организации [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Свирина, Е. А. Обзор методов анализа успеваемости студентов вуза / Е. А. Свирина, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 379-382.

2 Буякчин, С. В. Современные интеллектуальные информационные системы в медицинских учреждениях / С. В. Буякчин, А. Р. Гарипов, С. А. Ляшева // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 231-233.

3 Борисенко, А. В. Разработка системы учета развлекательного центра «Киров парк» / А. В. Борисенко, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 220-220.

УДК 004.4
Сонарова Анастасия Александровна, студент;
Sonarova Anastasiya Alexandrovna
Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;
Shchelkunova Marina Evgenievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

DEVELOPMENT OF THE INFORMATION SYSTEM OF ORGANIZATION CARGO TRANSPORTATION

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию и разработке информационной системы организации грузоперевозок.
Abstract. This work is devoted to the design and development of the information system of organization cargo transportation.
Ключевые слова: перевозки, груз, менеджмент, транспорт.
Keywords: transportation, cargo transportation, management, transport.

Предметная область. Организация предоставляет услуги перевозки различных грузов по городу и между городами. Клиент обращается в данную компанию с заказом перевезти груз из точки А в точку В. У компании есть собственный парк машин и штат водителей, а также штат менеджеров, которые занимаются работой с клиентами, и организацией самой перевозки (координированием водителей и т.д.).

Задачей менеджера является получение заявок от клиентов, формирование заданий и выдача заданий водителям. Менеджер проверяет местоположение водителей и контролирует ход выполнения заказа и отправку уведомлений водителям о заданиях на перевозку, а также клиентам о статусе их заказа и другой необходимой информации. Директор компании занимается принятием новых заказов.

Водитель в данной компании получает задание на перевозку, выполняет саму перевозку, информирует менеджера о ходе выполнения заказа, получает от клиента подписи в документах по завершении перевозки.

Клиент обращается в компанию с заказом на транспортировку груза. В ходе выполнения доставки компания уведомляет клиента о статусе его заказа.

Актуальность разработки. Актуальность определяется отсутствием доступного программного обеспечения, автоматизирующего работу менеджера организации грузоперевозок, в части формирования документации для перевозки грузов, отслеживания местоположения водителей, уведомления клиентов о статусе заказа. В итоге, компания имеет следующие проблемы:

- медленное формирование путевых листов и других документов;
- высокая вероятность ошибки при заполнении документов;
- отсутствие удобного контроля штата водителей и парка транспорта;
- отсутствие удобных способов контроля перевозки и уведомления клиентов о статусе заказа.

Предлагаемое решение. Для реализации задач предлагается создать программный компонент информационной системы, который обеспечит:

- ведение базы данных заказов на грузоперевозки;
- оформление сопутствующей документации;
- координацию водителей во время совершения грузоперевозки;
- ведение штата сотрудников и парка машин компании;
- проверку согласованности технических характеристик машин и перевозимого груза.

Новизна предлагаемого решения. Разрабатываемая информационная система будет обеспечивать:

- подачу заявок на грузоперевозки через сайт;
- коммуникацию сотрудников внутри программной компоненты;
- возможность контроля местоположений водителей и быстрое документирование прохождения маршрута;
- оперативное информирование клиентов о статусе заказа.

Диаграмма прецедентов. При проектировании информационной системы была разработана диаграмма прецедентов, приведенная на рисунке 1 [2, 6].

Из диаграммы прецедентов можно увидеть, что основными действующими лицами, осуществляющими взаимодействие с информационной системой являются: менеджер, директор компании по перевозке грузов, водитель и клиент, обратившийся в компанию.

Директор и менеджер выполняют некоторые общие функции, поэтому на диаграмме отображено, что директор наследует некоторые прецеденты от менеджера, а также выполняет свои уникальные функции, связанные в основном с работой, непосредственно, с клиентами.

Информационная система имеет несколько подсистем: ведение баз данных (БД), ведение заказов, взаимодействие с водителями и взаимодействие с клиентами. Ведение БД подразумевает обычную работу с БД: чтение данных, добавление, обновление и удаление данных из БД.

Ведение заказов – подсистема, которая описывает ведение заказа с момента его создания до момента его полного завершения: получение заказа, его утверждение, контроль выполнения и подтверждение его выполнения. Также в процессе ведения заказа будет выполняться оформление всех сопутствующих документов (путевые листы, накладные и т.д.).

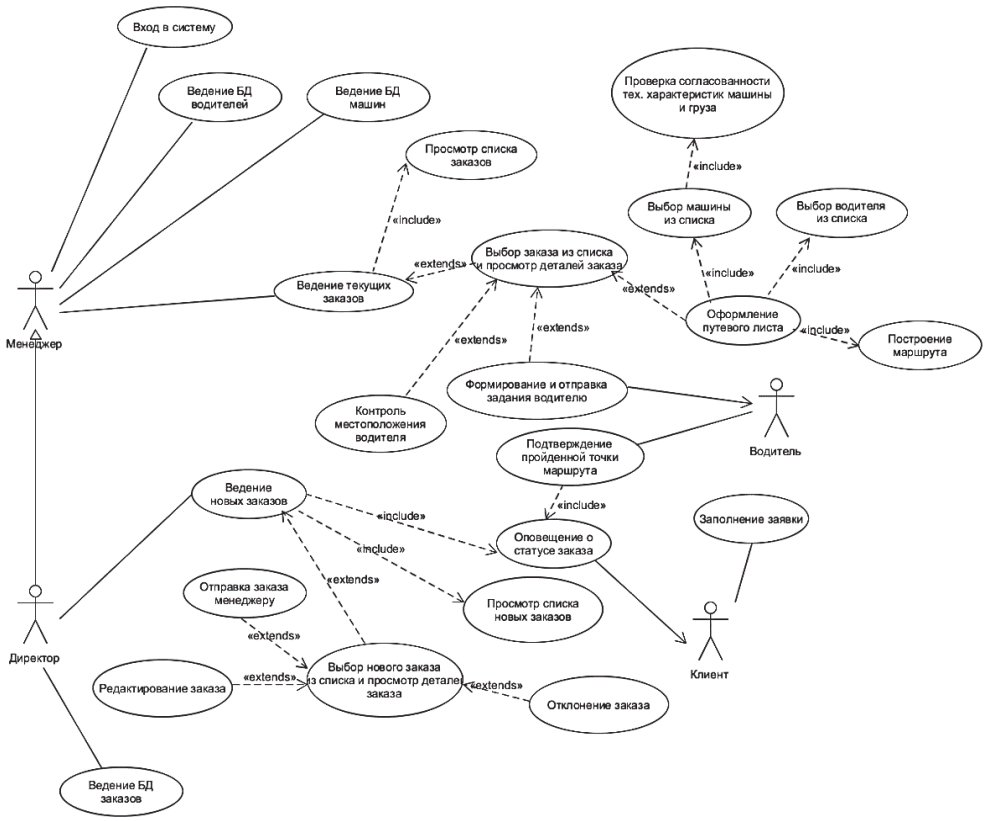


Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов

Взаимодействие с водителями – это получение информации от водителей о процессе выполнения заказа (текущее местоположение водителей).

Взаимодействие с клиентами – непосредственно процесс получения заказа от клиента и отправка уведомлений клиенту, содержащих в себе статус заказа и его местоположение.

Вывод. Был выполнен анализ предметной области – компании по перевозке грузов и выявлены основные объекты данной предметной области: директор, менеджер, водитель и клиент. Данные объекты выполняют работу по организации перевозок грузов, причем основную работу с заказами выполняет менеджер.

Была создана и описана диаграмма прецедентов, которая в общем виде демонстрирует функциональные требования к программному компоненту информационной системы, с помощью которого будут приниматься и выполняться заказы.

Разработку информационной системы планируется выполнять на платформе 1С:Предприятие [1, 3, 4, 5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алишерова, Ш. Э. Разработка приложения для сотрудника туристической компании / Ш. Э. Алишерова, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 6-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол.

: Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 214-216.

2 Киргизов, А. А. Разработка приложения «Управление временем» для платформы Universal Windows Platform / А. А. Киргизов, С. Ю. Александров // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской науч.-техн. конф., Комсомольск-на-Амуре, 09-20 апреля 2018 г. : в 2 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – Ч. 2. – С. 181-183.

3 Ковалев, М. Ю. Обеспечение масштабируемости и повышение быстродействия автоматизированных информационеых систем на базе технологической платформы 1С и СУБД / М. Ю. Ковалев, В. А. Тихомиров // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской науч.-техн. конф., Комсомольск-на-Амуре, 09-20 апреля 2018 г. : в 2 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – Ч. 2. – С. 184-186.

4 Остапчук, А. О. Разработка компонент системы учета для акционерного общества «Комсомольский-на-амуре аэропорт» / А. О. Остапчук, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 2. – С. 386-389.

5 Тимофеев Г.А. Опыт организации репозитория для "гибридного" проекта на 1С / Г. А. Тимофеев, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 6-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 396-399.

6 Яминский, И. А. Разработка WEB – приложения для товарищества собственников недвижимости / И. А. Яминский, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 6-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 425-428.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ХИМИЧЕСКИХ НАУКАХ**…….. 3

Мартынова Ю.З., Хайруллина В.Р., Мустафин А.Г.
QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНГИБИТОРОВ 3С-ПОДОБНОЙ ПРОТЕАЗЫ SARS-COV-2……... 3

Титова М.Е., Свахина Я.А., Кашурин Р.Р., Литвинова Т.Е.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСТВОРЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЛАНТАНОИДОВ В КАРБОНАТНЫХ СРЕДАХ…….. 6

СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФИЗИКА..... 9

Басалаева М.Ю.
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИПОТЕТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММНОГО КОДА CRYSTAL…… 9

Гордеев И.И., Саенко Н.С.
АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ АЛГОРИТМА ГРАССБЕРГЕРА ДЛЯ ПОИСКА ПЕРКОЛЯЦИОННОГО ОСТОВА НА КВАДРАТНОЙ РЕШЕТКЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ…….. 12

Дудин А.Н.
МОДЕЛИРОВАНИЕ КАСКАДОВ ПРОТОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ С ЧАСТИЦАМИ ZnO МОДИФИЦИРОВАННЫМИ SiO_2 …….. 15

Евстигнеева А.А., Харламова О.С., Григорьева А.Л.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК, ВЛИЯЮЩИХ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ…… 17

Звягин Д.С.
ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТРИЧНОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА СТОХАСТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПЕТРИ С ЧЕТЫРНАДЦАТЬЮ ПОЗИЦИЯМИ И ПЕРЕХОДАМИ……. 21

Костиков С.А.
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С НЕСКОЛЬКИМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛА…… 24

Полякова Т.Д., Козлова О.В.
ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАДАЧЕ ОБ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ ПОЛОГО ЦИЛИНДРА…… 28

Серый А.И., Серая З.Н.
О ФОРМАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ФИЗИКЕ…… 30

Юсупов М.Ш., Минеева Н.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ГИПЕРОКРУЖНОСТЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОЙ УПРУГОСТИ…….. 33

СЕКЦИЯ 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУКАХ…….. 37

Афанасьева Е.А., Афанасьева О.С., Егорова Г.Ф.
ПАРАДОКС ДИСКРЕТНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ……. 37

Хряпенко К.Д., Альхименко И.Н., Базюк А.И., Чепурных М.А., Григорьева А.Л.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ… 40

СЕКЦИЯ 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНЖЕНЕРНЫХ НАУКАХ……. 43

Альхименко И.Н., Базюк А.И., Хасаншин С.Д.
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЧЕСКИХ СИСТЕМАХ……. 43

Альхименко И.Н., Хасаншин С.Д., Хряпенко К.Д.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕЙ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ…… 45

Атюков Н.В., Григорьева А.Л.
РАЗРАБОТКА СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В СИСТЕМЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ…….. 48

Базюк А.И., Хряпенко К.Д., Чепурных М.А.
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ КОТЛОВ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКОЙ ТОПЛИВА... 50

Барботько М.А., Любимова О.Н.
АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ТЕРМОВЯЗКОУПРУГОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ СТЕКЛЯННОГО СЛОЯ В СОСТАВЕ СТЕКЛОМЕТАЛЛОКОМПОЗИТА ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ОБРАБОТКАХ…….. 52

Бойсунов Б.П., Короткова Л.А.
ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (РТС)…….. 55

Вилисов В.Я.
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА……... 60

Гаер К.П., Козлова О.В.
ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА…….. 62

Журавлёв Д.О., Бердоносов В.Д.
О ПРОГРАММЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ МЕЖДУ НИМИ……... 66

Карпенко В.А., Щелкунов Е.Б.
3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ В T-FLEX CAD……. 69

Каталажнова И.Н., Волобоев А.К.
ВЫБОР КРИТЕРИЕВ НАДЁЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ... 72

Красиков Н.А., Щелкунов Е.Б.
ШАБЛОНЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОМПОНОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ……. 74
Логинов В.Н., Широкова З.В.
АППРОКСИМАЦИЯ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ……...……. 78
Логинов В.Н., Широкова З.В.
РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ УПРУГОСТИ…… 81
Ломакина Н.С., Григорьева А.Л.
ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ……. 84
Машевский В.А.,Канашин И.В., Григорьева А.Л., Хромов А.И.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМАЦИИ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОКРУЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ…..…… 87
Мин Ко Ко, Тарануха Н.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ВИБРОМЕТРА (POLYTEC HSV-2000 HIGH SPEED LASER VIBROMETER) В ИНЖЕНЕРНОЙ СФЕРЕ…..…….. 90
Мосин М.А.
ВИРТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОДНОПРОХОДНОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ УГЛОВЫХ ШВОВ ОБЪЕМНЫХ МОСТОВЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ…….. 95
Попова О.В., Григорьев Я.Ю., Жарикова Е.П.
МОДЕЛИ УМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ……... 98
Полосков С.С.
ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ НАПЛАВКЕ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКОЙ…….. 101
Фаттахов И.И., Муфтахов Е.М.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВА ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ, ДВИЖУЩЕЙСЯ В ТРУБОПРОВОДЕ… 104
Филиппов О.И.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОДУГОВОЙ СВАРКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЫКОВ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ…… 106
Филяков А.Е.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ…….. 109
Челухин В.А., Абрамсон Е.В., Pyae Zone Aung
ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР……. 112
Челухин В.А., Абрамсон В.А.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ…… 114

Челухин В.А., Абрамсон В.А.
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ……. 117
Чжан Дань, Сун Пэн, Чжан Бяо, Ли Дэген
АЛГОРИТМ РЕКОНСТРУКЦИИ НАГРУЗКИ РЕЗАНИЯ
ОЧИСТНОГО БАРАБАНА НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ
ТЕОРИИ……..... 120
Шабалин А.С., Шабалин А.С.
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕВЕРСИВНОГО УСТРОЙСТВА ТРДД…… 123
Шабалина О.К., Шабалин А.С.
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТОЧНОСТИ
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА ЖИДКОСТИ…….. 126
Шамак В.А., Недиков И.О., Бердоносов В.Д.
НОМЕНКЛАТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ
ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ……. 129

СЕКЦИЯ 5. **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**
В ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАУКАХ……. 133

Дианов Д.В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ В ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКОНОМИКИ…… 133
Емельянов И.Е., Крупина А.В., Абросимов В.А.,
Лариков Р.Д., Решетов А.Д.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК АКТУАЛЬНОЕ
И ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ…….. 136
Квашнин А., Гордин С.А.
МЕТОДЫ И РАСЧЕТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА
ОТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ
ТЕРРИТОРИЙ……... 139
Мироненко Ю.А., Котляров В.П.
ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ВЗАИМООТНОШЕНИЙ С КЛИЕНТАМИ ДЛЯ МАЛЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ СФЕРЫ УСЛУГ……. 142
Черников А.М., Яковенко К.Ю., Смирнов А.,
Богданова И.С., Григорьева А.Л.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ
ЗАВИСИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ
ГРАЖДАН РФ……... 146
Черпаков М., Котляров В.П.
ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ СОПРОВОЖДЕНИЯ
НЕСООТВЕТСТВИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ……. 149

СЕКЦИЯ 6. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ…….. 155

Ефимова Ю.А., Семенов А.А.
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАМКНУТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ……. 155

Костиков С.А.
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СТЕНЫ ТРОМБА…… 158

Садовникова Ю.Д., Григорьева А.Л., Хромов А.И.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ БЕТОННЫХ БЛОКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ…… 161

Шумилов К.А., Гурьева Ю.А.
О КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ ПАКЕТОВ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ BIM СТУДЕНТАМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И АРХИТЕКТУРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ……... 166

СЕКЦИЯ 7. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИИ... 169

Волков М.С., Репп В.А., Григорьева А.Л.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ПОПУЛЯЦИИ АМУРСКОГО ТИГРА В ХАБАРОВСКОМ И ПРИМОРСКОМ КРАЯХ ОТ ЧИСЛЕННОСТИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ…… 169

Газизова А.Ф., Мингазетдинов И.Х.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КОМБИНИРОВАННОМ УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ ЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ МНОГОФАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ…….. 173

Емельянов И.Е., Крупина А.В., Абросимов В.А., Лариков Р.Д., Решетов А.Д.
К ВОПРОСУ ИНТЕГРАЦИИ СРЕДСТВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА…… 175

Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю.
РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ……... 177

Жарикова Е.П.; Лосев Р.А., Григорьев Я.Ю.
МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ В ПРОЦЕССАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ……. 180

Шелопугина Е.О., Проскурова Е.А., Григорьева А.Л.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ВОЗДУХЕ ОТ ВЫРУБКИ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ……... 183

СЕКЦИЯ 8. ИНФОРМАТИКА И РОБОТОТЕХНИКА…….. 187

Челухин В.А., Васильев А.В.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ…… 187

СЕКЦИЯ 9. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ……. 191

Васильев Г.В., Бердоносов В.Д.
АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПОТОКОВ ЭНЕРГИЙ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ……. 191

Васильев Г.В., Бердоносов В.Д.
ЭФФЕКТИВНАЯ МЕТОДИКА ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ В НАУКОМЕТРИЧЕСКИХ БАЗАХ ДАННЫХ…… 194

Дружин Д.С., Штырова И.А.
АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ДЕМОНСТРАЦИИ ЭКРАНА…….. 198

Еремеев А.А., Петрова А.Н.
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ИГРЫ «ШКОЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА»… 201

Ждакаева М.В.
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ……... 204

Иванчихина А.А., Петрова А.Н.
АНАЛИЗ ЗАДАНИЙ ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ ПО ТЕМЕ «КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ» И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ…….. 205

Карамышев М.Д., Петрова А.Н.
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕЙ ИГРЫ ПО ИНФОРМАТИКЕ НА ТЕМУ «ЛОГИКА»……. 209

Мухин Н.П., Щелкунова М.Е.
ЗАДАЧА ПРОГРАММНОЙ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА КАНАЛА СОЕДИНЕНИЯ КЛИЕНТ/СЕРВЕР…… 212

Тимофеев М.Н., Суслин А.А., Ковалева О.А.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ GOOGLEAPPS И OFFICE 365 КАК НАИБОЛЕЕ ПОПУЛЯРНЫХ СЕРВИСОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ SAAS…….. 214

Простотина О.А., Абарникова Е.Б.
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ СТУДЕНТА»……. 216

Скрипко А.А., Кутузов Д.В., Осовский А.В.
ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ «СЕТЬ-НА-КРИСТАЛЛЕ» ДЛЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ 5G/6G……. 219

Соколов М.В., Щелкунова М.Е.
РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ПО ВЕДЕНИЮ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ…….. 222

Тихомиров В.А.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА……. 225
Трещев И.А., Лошманов А.Ю., Коротких А.А.
МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ В ЗАДАЧАХ АСИМПТОТЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ АЛГОРИТМОВ…….. 240
Фролова К.А., Абарникова Е.Б.
РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ «ИНФО-ШКОЛА»…… 243
Ходжибояхмад А.З.
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК….. 246
Челухин В.А., Абрамсон Е.В., Pyae Zone Aung
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР В ТЕЧЕНИЕ СУТОК…… 248
Ячменев А.А., Абарникова Е.Б.
РАЗРАБОТКА САЙТА «ВИРТУАЛЬНЫЙ ФИТНЕС-ТРЕНЕР»…… 250

СЕКЦИЯ 10. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ…….. 253

Александров В.С., Тахавова Э.Г.
МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ…….. 253
Васильев Г.В., Васильев А.В.
ПАРАЛЛЕЛИЗМ И ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ В ОБРАБОТКЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ…….. 257
Васильев Г.В., Васильев А.В.
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ MAP/REDUCE В АНАЛИЗЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНЫ…….. 260
Шадский В.В., Чекмарев М.А., Сизоненко А.Б.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЛОВ MYSTEM ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ДЕРЕВА ПРЕФИКСНЫХ МОРФОВ И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО УЧЕТА В ПРОЦЕССЕ ФЛЕКСИИ И МОРФЕМНОГО РАЗБОРА……... 263

СЕКЦИЯ 11. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ…….. 267

Белоусов С.А., Вильдяйкин Г.Ф.
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СОБЫТИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ……... 267
Вильдяйкин Г.Ф., Дубровский Е.И.
АНАЛИЗ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ УСЛОВИИ НАЛИЧИЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА…….. 269
Вильдяйкин Г.Ф.
ЗАЩИТА СОБСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ ОБЪЕКТОВ С ПОЗИЦИИ ИХ ИЗМЕНЕНИЙ…… 272
Глухова З.В.
ВЗАИМОСВЯЗЬ И ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ…….. 278

Исаченко Ю.В., Сизоненко А.Б.
МЕТОДИКА РАНЖИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ…….. 281
Ложников К.А., Трещев И.А.
ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CPN НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ……. 284
Кайсаров П.С., Вильдяйкин Г.Ф.
ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА SIEM СИСТЕМ И ИХ ВНЕДРЕНИЕ НА КРУПНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ……. 288
Маргарян М.С.
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРАТКОВРЕМЕННОГО ФУРЬЕ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ГОЛОСОВОЙ БИОМЕТРИИ…….. 291
Меджидов З.У.
ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕВЫХ АТАК…... 293
Сериков В.А., Обласов А.А.
ПРОЕКТ УДОСТОВЕРЯЮЩЕГО ЦЕНТРА С ПОДДЕРЖКОЙ ГОСТ 34.10-2018……... 298
Сериков В.А., Трещев И.А., Ничипорук С.М.
О ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ ОСНОВНЫХ ПОДСИСТЕМ УДОСТОВЕРЯЮЩЕГО ЦЕНТРА В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ 34.10-2018…….. 305
Сериков В.А., Трещев И.А.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮЩЕГО ЦЕНТРА…….. 310
Трещев И.А., Карпова Н.Г.
ЗАЩИТА ПЕРИМЕТРА СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРИ НАЛИЧИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРВЕРОВ ДОСТУПА……. 317
Чекмарев М.А., Клюев С.Г.
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ……. 323
Швалова М.В., Лошманов А.Ю.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ……. 326
СЕКЦИЯ 12. **БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА**……. 329
Гаджиева А.А., Инзарцев А.В.
ВЫЯВЛЕНИЕ ПОДЛЕЖАЩИХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОБЛЕМНЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ……... 329
Кищенко И.И., Никифорова С.А.
ПРИВЛЕЧЕНИЕ НОВЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ПРИЛОЖЕНИЯ РЖД ЗА СЧЕТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО ФУНКЦИОНАЛА…….. 332

Корнеева М.С., Розанова Л.Ф.
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ……. 334
Морошкин Е.М., Щелкунова М.Е.
РАЗРАБОТКА ИГРОВОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА…….. 338
Москвитин Е.С., Щелкунова М.Е., Кондоурова А.А.
РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАКУПОК……... 342
Сонарова А.А., Щелкунова М.Е.
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК…….. 345

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Материалы I Международной научно-практической конференции
молодых учёных
Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 г.

Ответственный редактор А. Л. Григорьева

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 23.06.2021.
Формат 60×84 1/16. Бумага 65 г/м^2. Ризограф RISO EZ 570E.
Усл. печ. л. 20,90. Уч.-изд. л. 20,00. Тираж 23 экз. Заказ 30369.

Полиграфическая лаборатория
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.