

Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал
№ 05-06 (120-121)/2024 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

•**Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

•**Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

•**Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

•**Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

•**Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

<i>Ibrahimov N.Y.</i> ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF MARINE VESSEL PIPE COATING3	<i>Перевозников Е.Н., Атоян А.А., Лисицына М.А.</i> МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ВОЗМУЩЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С ХАОТИЧЕСКИМ ПОВЕДЕНИЕМ.....6
---	--

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

<i>Кожарский Ю.А.</i> ASYNCS: РЕВОЛЮЦИЯ В АСИНХРОННОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ НА JAVASCRIPT И TYPESCRIPT11
--

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Алексеев А.Г., Пикалов В. А¹, Алексеев П. А.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ ПРОЕКТА АЭС-200613	<i>Мизин А.И., Сокирко Т.И.</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВОК И ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ36
<i>Андрончик Г.В.</i> АНАЛИЗ ПРАКТИК УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ ОБЪЕМАМИ ДАННЫХ, НА ОСНОВЕ МИГРАЦИИ DATA LAKE НА DATA MESH НА ПРИМЕРЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ.18	<i>Риофрио Солнцева К. С. И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ НА ГОРНОЛЫЖНЫХ КУРОРТАХ45
<i>Власов Е.Н.</i> ОСНОВЫ РАСЧЕТА СВАРНОЙ БАЛКИ КРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ25	<i>Portola V.A., Rudneva A.A.</i> ASSESSING THE INFLUENCE OF VARIOUS GASES ON PRESSURE IN TIRES WHEN HEAT IS GENERATED49
<i>Жуманова М.О., Исабаев Д.З., Жумадуллаева С.К.</i> ИЗОТЕРМА РАСТВОРИМОСТИ СИСТЕМЫ СУЛЬФАТА НИКЕЛЯ – МОНОЭТАНОЛАМИН – ВОДА ПРИ 25°С28	<i>Тумов М.Ю.</i> ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ К ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА55
<i>Костин И.В., Крохин А.Ю., Юрьев П.О., Лащухин Н.С.</i> ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА СИСТЕМЫ AL-LA-V НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНА В СПЛАВЕ 807932	<i>Хабибулин Д.М.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОТЕСТОВ: МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ62

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

УДК 62

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF MARINE VESSEL PIPE COATING

*Ibrahimov Nazim Yusif ogly**Doctor of Technical Sciences,**Professor of the Department of Materials Science and Processing Technologies,**Azerbaijan State University of Oil and Industry.**Ибрагимов Назим Юсиф оглы**доктор технических наук,**профессор кафедры «Материаловедение и технологии обработки»**Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.**DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2049*

ABSTRACT

The information obtained through microcontroller is described in graphical dependencies in real-time mode of the result.

When the crack is detected in the pipe, the maximum point of the recorded signal indicates on the diagram the part where the crack exists. Otherwise, the signal is described in the form of a straight line and indicates that no crack is found.

The operator is able to determine any crack based on the signal recorded on the monitor. Due to the current leakage in the point of any crack the signal is transmitted to the Adorérs microcontroller and, then, to the software.

Based on the information received, the coordinate of the crack is found. So, since we get the information about the instantaneous displacement of the electrode with the encoder, we determine the coordinate of the crack according to the maximum value of the current leakage based on the diagram obtained.

АННОТАЦИЯ

Информация, полученная с помощью микроконтроллера, описывается в виде графических зависимостей в режиме реального времени от результата. При обнаружении трещины в трубе максимальная точка зарегистрированного сигнала указывает на диаграмме участок, где существует трещина. В противном случае сигнал отображается в виде прямой линии и указывает на то, что трещина не обнаружена. Оператор может определить любую трещину на основе сигнала, записанного на монитор. Из-за утечки тока в месте любой трещины сигнал передается на микроконтроллер Adorérs, а затем на программное обеспечение. На основании полученной информации определяется координата трещины. Итак, поскольку мы получаем информацию о мгновенном перемещении электрода с помощью датчика, мы определяем координату трещины в соответствии с максимальным значением утечки тока на основе полученной диаграммы.

Keywords: Real-time Monitoring, Signal Analysis, Crack Detection, Electrode Displacement, Microcontroller Communication

Ключевые слова: Мониторинг в режиме реального времени, Анализ сигналов, Обнаружение трещин, Смещение электрода, Взаимодействие с микроконтроллером

Introduction. To diagnose the cracks in silicon coated pipes in offshore oil fields, proper organization of the work of the naval fleet, ensuring the silicon pipe strength and durability, the complete dependence of the region on the wave regime were studied. The wave quantities that characterize the wave mode are wave elements. To the wave elements include the wave height, length, period, the wave peak state according to the sea level, and etc.

The studies were carried out in the reservoir. The studies of the location of the large oil field office in the open sea in this district helped to create the necessary conditions. In addition, it should be taken into account that hurricane wind waves approach ocean waves with a speed up to 40m/sec [1].

At present, the defects found in $\varnothing 125 \times 2.5$ mm pipelines of 35 km length drawn from to the shore are in the range of 1.5-3.5% and have created the basis for better quality of the installation process. It is

recommended to use a relatively inexpensive programmable controller Panasonic FPWIN pro for the control system. A mathematical model of the process of the coating laying on the surface of pipelines with a diameter of $\varnothing 57 \times 3,5$, $\varnothing 89 \times 4,5$, $\varnothing 125 \times 2,5$ mm is specifically made. The technological process is carried out with the application of more accurate diagnostics of cracks in pipe coatings.

Comparative meteorological characteristics of the flaw detector are shown

When the crack is detected in the pipe, the maximum point of the recorded signal indicates on the diagram the part where the crack exists. Otherwise, the signal is described in the form of a straight line and indicates that no crack is found.

The operator is able to determine any crack based on the signal recorded on the monitor. Due to the current leakage in the point of any crack the signal is

transmitted to the Adpin microcontroller and, then, to the software.

Based on the information received, the coordinate of the crack is found. So, since we get the information about the instantaneous displacement of the electrode with the encoder, we determine the coordinate of the crack according to the maximum value of the current. The accuracy of the heating temperature in the pipe coating is determined depending on the rotational, forward and geometric dimensions of the pipe in the technological installation.

The accuracy of the heating temperature in the pipe coating is determined depending on the rotational, forward and geometric dimensions of the pipe in the technological installation. Errors in repeated measurements of the heating temperature of surfaces in pipe coatings of different diameters fully depends on the given voltages, leakage current, the size of the crack and its thickness and electrical conductivity. In the same way, in cooling mode the errors of repeated measurements depend on the geometric size of the coating, the thickness of the coating, the cooling mode, that is, the brand of the coating and the cooling time when the temperature drops is appointed. Therefore, the average calculation of these parameters is defined as follows [2,3]:

$$x_c = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Here, x_i is the fault of the parameters of the technological regime upon making the coating in each pipe.

n is the number of cracks formed inside pipes.

N is the number of pipes with a common coating.

The number of absolute errors in the determination of cracks in any pipe coating is calculated as follows:

$$\Delta x_i = x_c - x_i \quad (2)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

Thus, the average absolute errors in measurements are calculated as follows:

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \Delta x_i \quad (3)$$

The nominal faults are found by the formula $\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_c}$.

Calculation of quantities is carried out through the program. The main task is to practically determine the thickness of the coating on the basis of the outer and inner diameters of the metal pipe in accordance with the standard, which is created by automatic adjustment in the cooling and heating processes.

Taking these into account, all its characteristic parameters, depending on the brand of the coating and the area of application were modelled with the Simulink program and achieved certain results.[4,5]

Experimental studies and procedures have shown that the main defects in silicate coated pipes are irregularities on the inner surface of the pipe, small bubbles, macrocrystalline layers, which greatly reduce the life of their operation. The causes of such defects are due to improper selection of the technological mode upon laying silicate-enamel coating on the inner surface of the pipes. The choice of the technological mode upon laying the coating depends on the geometric dimensions and technological parameters of the pipes. Such technological processes are operated automatically.

Nevertheless, micro cracks are formed on the surfaces upon laying silicate coating inside the pipes of various geometric dimensions. The formation of such microcracks is due to the non-accuracy of the process of laying silicate coating, automatic adjustment of technological parameters and failure of diagnostic analysis to meet modern requirements, so their solution proves the relevance of this thesis paper.[5,6]

It is known that the non-accuracy upon the laying silicate coatings inside the pipes causes the formation of the micro crack layers. Taking this into account, the main tasks of the research are the automatic adjustment of the parameters of the technological mode of the device and the control system determination, the improvement of the automatic adjustment of the cooling process of the pipe coating in order to avoid micro cracks upon the laying procedures for ensuring the purchase of quality coatings. The dependence of the metal and coating cooling process on pipes of different geometric sizes is shown in Diagram 1.

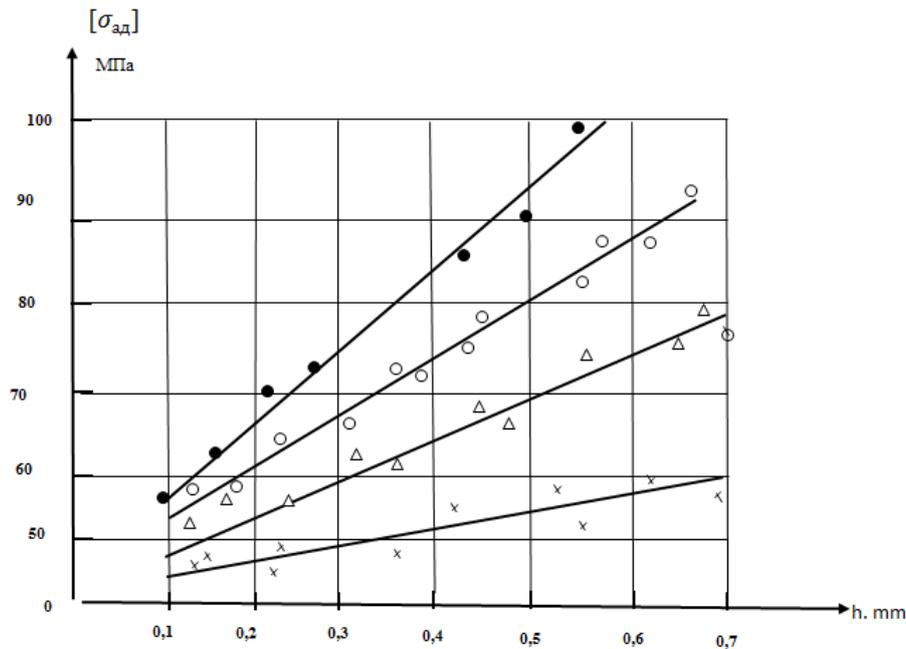


Diagram. 1 Adhesive strength of a vitrified pipe depending on the thickness of the coating.
 -x- $\varnothing 57 \times 3.5$ - Δ - $\varnothing 89 \times 4.5$ - $\varnothing 108 \times 4.0$ -, $\varnothing 125 \times 2.5$ mm

To build such diagrams, at first, the diameter of both the metal pipe and, most importantly, the coating is determined. The temperature change characteristics are directly proportional to the change in the coating thickness. Thus, it is possible to make the temperature change characteristics for all coatings in the crack formation interval (20-150°C) based on the graphical dependence

References

1. Brondel D., Edwards R., Hayman A. Corrosion in the Oil Industry // Oilfield review. 1994. V. 6, No. 2. P. 4 – 18.
2. Ibragimov N. Yu. Heat Resistance and Strength of the Silicate Coating of Pipe // Chemical and Petroleum Engineering. 2016. V. 52, No. 1 – 2. P. 48 – 49.
3. Ibragimov N. Yu. Glass Coating Deposition Temperature on the Inner Surface of Heat-Exchange Tube // Glass Ceram. 2019. V. 76, No. 5 – 6. P. 225 – 227.
4. S.K. Shined, M.H. Panchen. Improved performance of helix changer over segmental baffle heat exchanger using kern's method, Int. J. Adv. Eng. Technol. 5 (1) (2012) 29
5. B. Pang, et al., An experimental study of shell-and-tube heat exchangers with continuous helical baffles, J. Heat Transfer 129(10) (2007) 1425–1431.
6. A. El Makalu, et al., Numerical comparison of shell-side performance for shell and tube heat exchangers with trefoil-hole, helical and segmental baffles, Appl. Therm. Eng. 109 (2016) 175–185.

УДК 517,9

**МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ВОЗМУЩЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С
ХАОТИЧЕСКИМ ПОВЕДЕНИЕМ.**

Первозников Евгений Николаевичдоцент каф математики ВКА им.А.Ф. Можайского,
Россия, Санкт-Петербург.**Атоян Айкануш Ашотовна**доцент каф математики ВКА им.А.Ф. Можайского,
Россия, Санкт-Петербург.**Лисицына Мария Александровна**доцент каф математики ВКА им.А.Ф. Можайского,
Россия, Санкт-Петербург.

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2050

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются методы исследования динамики возмущений систем описываемыми нелинейными дифференциальными автономными уравнениями с характерным для таких систем хаотическим поведением. На примере трех модельных задач Спротта с явно выраженной нелинейностью и хаотическим поведением методами классическим спектральным, РСЗ, L –критерия рассматривается динамика возмущений, получены условия неустойчивости и хаоса. Обсуждается сравнение результатов полученных с использованием вышеуказанных методов и связь с методом показателей Ляпунова.

Ключевые слова: нелинейные автономные системы, методы анализа неустойчивости и хаоса.

Введение

К проблемам описания нелинейных систем со сложной динамикой приводят задачи различных сфер математики, механики, физики, теории управления и других наук. Например: возникновение хаоса в детерминированной задаче трех тел; проблема перехода к турбулентности в гидродинамике; возникновение хаотических колебаний в нелинейных задачах радиотехники и электроники и др. [1,10].

Основы методов описания сложной динамики заложены еще классиками – Пуассоном, Пуанкаре, Ферми, Ляпуновым, Колмогоровым, Андроновым и др.

Количество публикаций, существующих к настоящему времени [1-10] говорит о том, что методы изучения сложной динамики активно развиваются, и расширяется круг решаемых ими задач.

Особый интерес при изучении таких систем вызывает феномен хаоса - особого вида неустойчивости выраженного в нерегулярных разнонаправленных колебаниях. Хаос является динамическим этапом при переходе систем к новым структурам в результате неустойчивости. Одними из признаков хаоса является наличие в спектре возмущений седловых точек, а в фазовом пространстве системы возникновение сложных локализованных фигур –аттракторов [1,10]. Хаос подразделяется на диссипативный и активный. Диссипативный хаос связан с наличием притягивающих центров и уменьшением фазового объема системы (напр. хаос в модели Лоренца), при активном хаосе фазовые траектории разбегаются и фазовый объем увеличивается (см. модель Ресслера [10]).

Наиболее простым и наиболее распространенным из методов исследования динамики систем является классический

спектральный состоящий в определении спектра динамики малых возмущений, а именно если все корни спектрального уравнения отрицательны - система устойчива относительно возмущений, наличие положительных корней - признак неустойчивости.

1.Этот подход хорошо применим для исследования линейных систем . Однако, применение классического спектрального метода к нелинейным системам, особенно к системам с хаотической динамикой вызывает ряд вопросов:

2. а) n -мерные системы с хаотической динамикой характеризуются n числом вещественных параметров - показателей Ляпунова, тогда как спектральный метод дает меньшее количество параметров (например для трехсистем с хаосом – три показателя Ляпунова, а по спектральному методу- один вещественный корень и два комплексно сопряженных т.е. два вещественных параметра);

3. б) по классическому спектральному следует, что все компоненты собственного вектора одинаково зависят от времени , тогда как в действительности поведение компонент различно. В традиционном анализе это частично снимается линейной комбинацией собственных векторов;

4. в) классический подход указывает лишь границу устойчивости-неустойчивости (в том числе перехода к хаосу) а действительности имеется чередование областей регулярной и хаотической динамик, т.е. несколько различных динамических режимов.

5. Выше отмеченное указывает на недостаточность в традиционном варианте

6.спектрального метода для описания систем с хаотической динамикой.

7. Недостаточность классического анализа частично снимается методом РСЗ (метод различных собственных значений) основанным на

различной зависимости от времени собственных векторов [13].

8. Еще одним методом исследования динамики систем является метод L – критерия основанный на анализе собственных значений эволюционной матрицы динамических уравнений возмущенной системы [11,12].

Одним из основных методов анализа сложной динамики и условий возникновения хаоса является расчет показателей Ляпунова [8,10] основанный на непосредственном решении динамических уравнений системы [8,10]. В частности, например: если знаки ляпуновских показателей $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ - (аналогов временных производных) для трехмерных систем равны

- a) $Sign(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \Rightarrow (-, -, -)$
- b) $Sign(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \Rightarrow (0, -, -)$,
- c) $Sign(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \Rightarrow (-, 0, +)$

то динамический режим имеет характер соответственно : a – устойчивой точки; b –

предельного цикла; c – аттрактора (хаотической динамики).

Определение показателей Ляпунова является непростой задачей в основном реализуемой численными методами.

В настоящей работе на примере трех модельных задач Спротта [10] с явно выраженной нелинейностью и хаотическим поведением методами классическим спектральным, РСЗ, L – критерия рассматривается динамика возмущений, получены условия неустойчивости и хаоса. Обсуждается сравнение результатов полученных с использованием вышеуказанных методов и связь с методом показателей Ляпунова. Ограничение трехмерными системами, выбранными для примеров позволяет отразить основные стороны проблемы в достаточно простом виде.

Модель Спротта №1

Динамические уравнения первой модели Спротта имеют вид (1), где X- вектор динамических переменных (x,y,z). Система (1) имеет два стационарных состояния

$$(\partial_t X = 0) \text{ st}(1) = (-1; -0.25; -1), \text{ st}(2) = (-1; -0.25; 1).$$

$$\begin{aligned} \partial_t x &= -x + 4y \\ \partial_t y &= x + z^2 \\ \partial_t z &= 1 + x. \end{aligned} \quad (1)$$

Линеаризация системы (1) дает систему уравнений для возмущений $\{\delta X\}$, с эволюционной матрицей \hat{E}

$$\partial_t \{\delta \vec{X}\} = \hat{E} \cdot \{\delta \vec{X}\}, \quad \{\delta X\} = (\delta x, \delta y, \delta z) \quad . \quad \hat{E} = \begin{pmatrix} -1 & 4 & 0 \\ 1 & 0 & 2z \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Показатели Ляпунова для данной модели равны $\Lambda = \{0.188; 0; -1.188\}$, что соответствует хаотическим, нерегулярным разнонаправленным колебаниям. В целом система неустойчива и диссипативна [10].

Классический спектральный анализ

Спектральное уравнение (СУ) системы (1) равно,

$det|\lambda \hat{I} - \hat{E}| = \lambda^3 + \lambda^2 - 4\lambda - 8z = 0, \quad (3)$ где $(\lambda \equiv \partial_t, \hat{I})$ - соответственно собственное значение эволюционной матрицы и единичная матрица.

В стационарных состояниях st(1), st(2) корни СУ (3) соответственно равны:

- a) $\lambda_1 = -3.121, \lambda_{2,3} = 1.056 \pm i1.207$;
- b) $\lambda_1 = 2.724, \lambda_{2,3} = -1.642 \pm i0.844$.

Таким образом, по классическому спектральному анализу оба стационарных состояния неустойчивы, спектр имеет характерный для хаотического поведения седлообразный вид, в одном случае с растущими в другом с затухающими колебаниями возмущений.

Метод РСЗ. Спектральное уравнение по методу РСЗ равно [13]

$$det|\lambda_i \hat{I} - \hat{E}| = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 + \lambda_2 \cdot \lambda_3 - 4\lambda_3 - 8z = 0. \quad (4)$$

Из (4) следует что $\lambda_3 \neq 0$, при $\lambda_1 = 0 \lambda_3 = -8z/(4 - \lambda_2)$, при $\lambda_2 = 0 \lambda_3 = -2z$

Т.е по методу РСЗ в системе возможны два динамических режима: при $\lambda_1=0$ режим с седлообразным характером спектра $\lambda_3 \cdot \lambda_2 < 0$, и диссипативный режим при $\lambda_2=0$. Заметим что, в состоянии диссипативного хаоса одно из собственных значений должно быть равно нулю, а $\sum_i \lambda_i \leq 0$ [10].

Метод L – критерия. Метод L-критерия и способ его вычисления изложен в работах [11,12]. L - критерий рассматриваемой системы (2) имеет вид (5)

$$det|\hat{L}| = det|\hat{E} \cdot \delta_{i,k} + e^*_{i,k} \cdot \hat{I}| = det|\hat{E}^3 - \hat{E}^2 - 4\hat{E} + 8z \cdot \hat{I}| \quad \frac{\gt_{Hy}}{\lt_{y}} 0. \quad (5)$$

Где $e^*_{i,k}$ - комплексно – сопряженные элементы матрицы \hat{E} .

Вычисление L –критерия с учетом явного вида эволюционной матрицы (1) дает

$$\det|\hat{L}| = 16^3 z \cdot (z - 0.5) \cdot (z + 0.125) = 0. (6)$$

Так как нули множителей и их знаки в L критерии определяют нули и знаки собственных значений матрицы L и соответственно эволюционной матрицы, то из (6) следует три возможных критических значения параметра $z_{cr} = (0; -0.125; 0.5)$ дающих три нуля собственных значений и, соответственно, три динамических режима. Причем $z_{cr} = 0$ совпадает с условием нуля классического спектрального уравнения (3) при этом знаки других множителей в (6) соответствуют знакам показателей Ляпунова -

$\text{Sign}(\det L) = (-; 0; +)$ и говорят хаотическом режиме в системе. Два других множителя в (6) задают нули еще двух неустойчивых диссипативных динамических режимов.

Модель Спротта №2.

Динамические уравнения второй модели Спротта имеют вид (7), как и выше X - вектор динамических переменных (x, y, z) [10]. Модель (2) также имеет два стационарных состояния $(\partial_t X = 0)$ $st(1) = (0; 0; 0)$, $st(2) = (-2; 4; -2)$.

$$\begin{aligned} \partial_t x &= -y + z^2 \\ \partial_t y &= x + 0.5y \\ \partial_t z &= x - z. (7) \end{aligned}$$

Линеаризацией системы (7) получаем систему уравнений для возмущений $\{\delta X\}$, с эволюционной матрицей E

$$\partial_t \{\delta \vec{X}\} = \hat{E} \cdot \{\delta \vec{X}\}, \quad \{\delta X\} = (\delta x, \delta y, \delta z) \quad \hat{E} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 2z \\ 1 & 0.5 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}. (8)$$

Показатели Ляпунова для этой модели равны $\Lambda = \{0.117; 0; -0.617\}$, что также говорит о хаотических, нерегулярных, разнонаправленных колебаниях в системе и диссипативности системы.

Классический спектральный анализ. Спектральное уравнение (СУ) системы (8) равно,

$$\det|\lambda \hat{I} - \hat{E}| = \lambda^3 + 0.5\lambda^2 + (0.5 - 2z)\lambda + (1 + z) = 0, (9)$$

В стационарных состояниях $st(1)$, $st(2)$ корни уравнения СУ (9) соответственно равны:

$$a) \quad \lambda_1 = -1, \quad \lambda_{2,3} = \frac{1 \pm i\sqrt{15}}{4}; \quad b) \quad \lambda_1 = 0.215, \quad \lambda_{2,3} = -0.357 \pm i2.127. (10)$$

Как и выше оба стационарных состояния неустойчивы, спектр имеет характерный для хаотического поведения седлообразный вид, в одном случае с растущими (а), в другом (б) с затухающими колебаниями возмущений.

Метод РСЗ. Спектральное уравнение системы (8) по методу РСЗ равно

$$\det|\lambda_i \hat{I} - \hat{E}| = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 + \lambda_1(\lambda_2 - 0.5\lambda_3) + (\lambda_3 - 0.5\lambda_1 - 2z\lambda_2) + (1 + z) = 0. (11)$$

В стационарных состояниях $st(1)$, $st(2)$ СУ (11) соответственно принимает вид

$$st(1) (\lambda_3 + 1) \cdot (\lambda_1(\lambda_2 - 0.5) + 1) = 0, \quad st(2) \quad \lambda_1(\lambda_3 + 1) \cdot (\lambda_2 - 0.5) + (\lambda_3 + 4\lambda_2 - 1) = 0. (12)$$

Из (12) следует, что в первом стационарном состоянии одно из собственных значений $\lambda_3 = -1$, $\lambda_1(\lambda_2 - 0.5) = -1$, а два других образуют седлообразную связь, что говорит о хаотической динамике и согласуется с классическим анализом (см. 10). Во втором стационарном состоянии взаимосвязь собственных значений не так очевидна.

Метод L – критерия. L -критерий системы (8) имеет вид

$$\det|\hat{L}| = \det\|\hat{E} \cdot \delta_{i,k} + e_{*i,k} \cdot \hat{I}\| = \det|(\hat{E} - \hat{I})(\hat{E}^2 + 0.5 \cdot \hat{E} + \hat{I}) - 2z(\hat{E} + 0.5 \cdot \hat{I})| \stackrel{HY}{<Y} 0. (12)$$

Вычисление L –критерия с учетом явного вида эволюционной матрицы (8) дает

$$\det|\hat{L}| = -32 \cdot (z + 1) \cdot (z + 0.375)^2 = 0. (13)$$

Из (13) следует два возможных критических значения параметра $z_{cr} = (-1; -0.375)$. Причем $z_{cr} = -1$ совпадает с условием нуля классического спектрального уравнения (9), а кратное значение $z_{cr} = -0.375$ соответствует двум колебательным режимам при этом корни СУ (9) равны

$$\lambda_1 = -0.533, \quad \lambda_{2,3} \approx 0 \pm i1.13. (14)$$

При $z_{cr} = -1$ знаки множителей в L критерии $Sign(detL) = (-; 0; +)$ соответствуют знакам показателей Ляпунова для данной модели и также свидетельствуют о хаосе в системе.

Модель Спротта №3

Динамические уравнения третьей модели Спротта имеют вид (15), где, как и выше, X - вектор динамических переменных (x, y, z) . Модель (15) имеет два стационарных состояния $(st(1) = (1; 1; 0), st(2) = (-1; -1; 0))$.

$$\begin{aligned} \partial_t x &= yz \\ \partial_t y &= x - y \\ \partial_t z &= 1 - x^2. \end{aligned} \quad (15)$$

Линеаризация системы (15) дает систему уравнений для возмущений $\{\delta X\}$, с эволюционной матрицей E

$$\partial_t \{\delta \vec{X}\} = \hat{E} \cdot \{\delta \vec{X}\}, \quad \{\delta X\} = (\delta x, \delta y, \delta z) \quad \hat{E} = \begin{pmatrix} 0 & z & y \\ 1 & -1 & 0 \\ -2x & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Показатели Ляпунова для данной модели равны $\Lambda = \{0.163; 0; -1.183\}$ [8], что соответствует хаотическим, нерегулярным разнонаправленным колебаниям. В целом система (15) как и предыдущие неустойчива и диссипативна.

Классический спектральный анализ. Спектральное уравнение (СУ) системы (16) равно,

$$det|\lambda \hat{I} - \hat{E}| = \lambda^3 + \lambda^2 + (2xy - z)\lambda + 2xy = 0, \quad (17)$$

В стационарных состояниях $st(2), st(1)$, корни уравнения СУ (17) соответственно равны,

$$\lambda_1 = -1, \quad \lambda_{2,3} = 0 \pm i\sqrt{2xy}, \quad (18)$$

т.е. возмущения одной компоненты затухают, две другие совершают незатухающие колебания с частотами зависящими от параметров. Т.е. по классическому анализу хаоса нет.

Метод РСЗ. Спектральное уравнение системы (16) по методу РСЗ равно

$$det|\lambda_i \hat{I} - \hat{E}| = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 + \lambda_1 \cdot \lambda_3 + 2xy \cdot \lambda_2 - z\lambda_3 + 2xy = 0. \quad (19)$$

В стационарных состояниях $st(1), st(2)$ СУ (19) соответственно принимает вид

$$(\lambda_2 + 1) \cdot (\lambda_1 \lambda_3 + 2xy) = 0. \quad (20)$$

Из (20) следует, что устойчивой является вторая компонента $\lambda_2 = -1$, $\lambda_1 \lambda_3 = -2xy$,

А первая и третья моды могут совершать незатухающие колебания как и по классическому анализу (см.18), также и могут образовывать седлообразную точку. Т.е. метод РСЗ, в отличие от классического, показывает и возможность хаотического поведения.

Метод L – критерия. L -критерий системы(16) равен

$$det|\hat{L}| = det|\hat{E} \cdot \delta_{i,k} + e_{*i,k} \cdot \hat{I}| = det|(\hat{E} - \hat{I}) \cdot (\hat{E}^2 + 2xy\hat{I}) - z\hat{E}| \begin{matrix} \geq 0 \\ < 0 \end{matrix}. \quad (21)$$

Вычисление L –критерия с учетом явного вида эволюционной матрицы (16) дает

$$det|\hat{L}| = -16z^2 \cdot x \cdot y \begin{matrix} \geq 0 \\ < 0 \end{matrix}. \quad (22)$$

В стационарных состояниях $st(2), st(1)$, критерий (22) принимает вид

$$det|\hat{L}| = -16 \cdot 0^2 \cdot x \cdot y = 0. \quad (23)$$

Кратный ноль в (23) соответствует нулям вещественных частей корней спектрального уравнения (17). Из (22,23) также следует, что при $z \neq 0$, $x; y = 0 \rightarrow \lambda = -1$ второй ноль критерия и второй корень СУ (17). При этом знаки множителей в критерии $Sign(detL) = (-; 0; +)$ соответствуют наличию хаоса в системе.

Эти нули говорят о наличии других областей существования хаоса.

Заключение

Из рассмотренных примеров можно сделать ряд выводов:

1) Классический спектральный анализ не всегда указывает на существование хаоса и неустойчивости (см. система 3, корни СУ (18)), хотя по другим методам – РСЗ и L критерия хаос и неустойчивость в этой системе возможны.

2) Из анализа динамики систем (1),(7) следует что, классический анализ не предсказывает других критических режимов, в которых возможны неустойчивости и хаос как это следует из L критерия (см. (6), (13)). Например, при $z=0$ имеем нуль собственного значения и знаки других значения совпадающие со знаками показателей Ляпунова, а также еще два критических режима при $z=-0.125$, $z=0.5$.

3) Заметим что, метод РСЗ также показывает возможность хаотического поведения в рассмотренных случаях, кроме того, в отличие от других методов, позволяет следить за динамикой отдельных мод.

4) Рассмотренные примеры также показывают что, метод L критерия во всех рассмотренных случаях показывает наличие хаоса в системе и, в отличие от классического, РСЗ, показателей Ляпунова, дает возможность получать в аналитическом виде пороговые значения параметров возникновения неустойчивости и хаоса и в этом смысле более информативен по сравнению с традиционными при анализе динамики возмущений нелинейных систем с хаотическим поведением.

5) В целом при изучении систем с хаотической динамикой использование какого то одного метода недостаточно, каждый из них имеет свои минусы и плюсы; наиболее простой классический спектральный не всегда предсказывает наличие неустойчивости и хаоса; метод РСЗ позволяет следить за динамикой отдельных мод, но недостаточен для вычисления всех собственных значений и требует привлечения дополнительных условий; метод L критерия позволяет получать условия неустойчивости и хаоса в аналитической форме, но его трудоемкость заметно возрастает при

повышении порядка системы; метод показателей Ляпунова ограничен численной реализацией, не предсказывает пороговых значений и зависимости динамики от параметров. Таким образом, для подробного изучения сложной динамики нелинейных систем с хаосом целесообразно использовать комбинацию методов.

Литература

1. Хаяси Т., Нелинейные колебания в физических системах, М. Мир, 1968, 432 с.
2. Заславский Г.М., Чириков Б.В., Стохастическая неустойчивость нелинейных колебаний, УФН, 1971, т. 105, №1, с. (3-40).
3. Шильников Л.П., Теория бифуркаций и модель Лоренца, сб. Бифуркации рождения цикла, М. Мир, 1980, 386 с.
4. Андронов В.А., Витт В.А., Хайкин С.Б., Теория колебаний, М. Наука, 1981.
5. Гапонов-Грехов А.В., Рабинович М.И. Нелинейная физика, стохастичность и структура, сб. физика XX века, М. Наука, 1984, с. (219-280).
6. Неймарк Ю.И., Ланда П.С., Стохастические и хаотические колебания, М. Наука, 1987, 424 с.
7. Мун Ф., Хаотические колебания, Мир, 1990, 312 с.
8. Анищенко В.С., Сложные колебания в простых системах, М. Наука, 1990, 312 с.
9. Анищенко В.С., Аттракторы динамических систем, Изв. Вузов, прикладная нелинейная динамика, 1997, т. 5 №1, (109-127).
10. Кузнецов С.П. Динамический хаос, ФМ. М. Физматгиз, 2006, 355 с.
11. Перевозников Е.Н., Изв. Вузов, Физика, 2006, №10, с (34-39).
12. Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е. Неустойчивости неравновесных систем, LAP Lambert Academic Publishing, 2014, Saarbrucken Deutschland, (110)с.
13. Перевозников Е.Н., Особенности спектрального анализа систем с хаотической динамикой, Вестник Воронежского государственного университета, серия Физика Математика, 2021, №2, (57-64)с

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

УДК: 004

ASYNCJS: РЕВОЛЮЦИЯ В АСИНХРОННОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ НА JAVASCRIPT И TYPESCRIPT

Кожарский Ю.А.
.TrueSafe SARL,
СТО, Франция, Париж

ASYNCJS: A REVOLUTION IN ASYNCHRONOUS PROGRAMMING IN JAVASCRIPT AND TYPESCRIPT

Kozharsky Y.A.
.TrueSafe SARL,
СТО, France, Paris

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2046

АННОТАЦИЯ

Асинхронное программирование всегда было одной из самых сложных и трудоемких задач для разработчиков на JavaScript и TypeScript. Фреймворк AsyncJS был создан для решения этих проблем и предложил разработчикам простой, элегантный и эффективный способ работы с асинхронными операциями. AsyncJS использует концепцию "асинхронных потоков", что делает его революционным инструментом для асинхронного программирования.

ABSTRACT

Asynchronous programming has always been one of the most challenging and labor-intensive tasks for developers in JavaScript and TypeScript. The AsyncJS framework was created to solve these problems and offer developers a simple, elegant, and efficient way to work with asynchronous operations. AsyncJS uses the concept of "asynchronous streams," making it a revolutionary tool for asynchronous programming.

Ключевые слова: AsyncJS, асинхронное программирование, JavaScript, TypeScript, потоки данных
Keywords: AsyncJS, asynchronous programming, JavaScript, TypeScript, data streams

Введение

Асинхронное программирование всегда было одной из самых сложных и трудоемких задач для разработчиков на JavaScript и TypeScript. Традиционные подходы, такие как использование callback-функций и промисов, часто приводят к "callback hell" и усложняют понимание и поддержку кода. Фреймворк AsyncJS был создан, чтобы решить эти проблемы и предложить разработчикам простой, элегантный и эффективный способ работы с асинхронными операциями.

Основная часть

Ключевой концепцией AsyncJS являются "асинхронные потоки" (async streams). Асинхронный поток представляет собой последовательность событий, которые происходят во времени. Это могут быть данные, поступающие от сервера, пользовательский ввод, события DOM и многое другое. AsyncJS позволяет легко создавать, комбинировать и трансформировать потоки данных, используя набор простых и понятных операторов.

Одним из главных преимуществ AsyncJS является его декларативный подход к работе с асинхронными операциями. Разработчики могут описывать желаемое поведение приложения, используя операторы потоков, такие как map, filter, reduce, merge и другие. Эти операторы применяются к потокам данных и позволяют

трансформировать, фильтровать и комбинировать их в реальном времени. Например, оператор map может использоваться для преобразования каждого элемента потока, filter - для фильтрации потока на основе определенного условия, а merge - для объединения нескольких потоков в один.

AsyncJS также предоставляет механизм "подписок" (subscriptions), который позволяет реагировать на события потока и выполнять определенные действия. Разработчики могут подписываться на поток данных и определять обработчики для различных событий, таких как получение нового элемента, завершение потока или возникновение ошибки. Это делает работу с асинхронными операциями более структурированной и управляемой.

Одной из ключевых особенностей AsyncJS является его тесная интеграция с языком TypeScript. Фреймворк предоставляет набор типов и интерфейсов, которые позволяют описывать структуру потоков данных и обеспечивают строгую типизацию. Это помогает выявлять многие ошибки на этапе компиляции и делает код более безопасным и надежным. Кроме того, использование TypeScript позволяет разработчикам использовать все преимущества статической типизации, такие как автодополнение кода, рефакторинг и улучшенная поддержка в средах разработки.

AsyncJS также предоставляет набор утилит и операторов для работы с асинхронными операциями, такими как таймауты, интервалы и задержки. Разработчики могут легко создавать потоки, которые генерируют события через определенные промежутки времени, ожидают завершения нескольких потоков или откладывают выполнение операций на определенное время. Это делает AsyncJS мощным инструментом для создания сложных асинхронных сценариев.

Фреймворк AsyncJS имеет модульную архитектуру и может легко интегрироваться с другими популярными библиотеками и фреймворками. Разработчики могут использовать AsyncJS совместно с React, Angular, Vue.js и другими инструментами, что делает его универсальным решением для разработки современных веб-приложений. Кроме того, AsyncJS предоставляет набор адаптеров и плагинов для работы с различными источниками данных, такими как HTTP-запросы, WebSocket и базы данных.

Производительность является одним из главных приоритетов AsyncJS. Фреймворк использует эффективные алгоритмы и техники оптимизации для обеспечения высокой производительности и минимального потребления ресурсов. AsyncJS также поддерживает ленивые вычисления (lazy evaluation), что позволяет откладывать выполнение операций до момента, когда их результаты действительно необходимы. Это помогает сократить объем вычислений и улучшить общую производительность приложения.

Сообщество разработчиков AsyncJS активно растет, и фреймворк получает все большую популярность среди разработчиков JavaScript и

TypeScript. Благодаря своему простому и интуитивно понятному API, мощным возможностям и отличной производительности, AsyncJS становится незаменимым инструментом для создания асинхронных приложений. Разработчики ценят возможность писать чистый и выразительный код, избавленный от "callback hell" и сложных конструкций промисов.

Заключение

Фреймворк AsyncJS представляет собой революционный подход к асинхронному программированию на JavaScript и TypeScript. Он предлагает простой, декларативный и эффективный способ работы с асинхронными операциями, используя концепцию "асинхронных потоков". С помощью AsyncJS разработчики могут создавать высокопроизводительные и масштабируемые приложения, сосредотачиваясь на бизнес-логике и абстрагируясь от низкоуровневых деталей асинхронности. Фреймворк активно развивается и имеет большие перспективы стать стандартом де-факто для асинхронного программирования в мире JavaScript и TypeScript.

Список используемой литературы

1. Симонова, О. Н. Асинхронное программирование в JavaScript и TypeScript: современные подходы и практики / О. Н. Симонова, А. В. Петров // Программная инженерия. – 2023. – Т. 14, № 2. – С. 114-126.
2. Андерсон, К. Асинхронное программирование в современном JavaScript / К. Андерсон ; пер. с англ. А. Н. Киселева. – Москва : ДМК Пресс, 2022. – 464 с. – ISBN 978-5-97060-918-5.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ ПРОЕКТА АЭС-2006

*Алексеев А.Г.¹, Пикалов В. А.¹, Алексеев П. А.²
ООО «АтомПромИнжиниринг», г.Протвино*

*Постоянное место работы:
¹«НИЦ Курчатовский институт»-ИФВЭ, г.Протвино
²АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», г.Обнинск*

VERIFICATION OF THE RADIATION SHIELDING OF THE NPP-2006 PROJECT POWER UNITS

*Alexeev A.G.
Pikalov V.A.
NRC «Kurchatov Institute» – IHER
Alexeev P.A.
JSC "SSC RF – IPPE"*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены результаты проверки эффективности биологической защиты Белорусской АЭС, которая была выполнена ООО «АПИ» при пуске энергоблоков. Сравняются с аналогичными результатами для энергоблоков ВВЭР-1200 Ленинградской АЭС. Сравнение с Ленинградской АЭС с ВВЭР-1200 выполнено с точки зрения, того что она принята как референтная для энергоблоков проекта АЭС-2006 для зарубежных проектов АЭС корпорации «Росатом».

ABSTRACT

The results of the verification of the effectiveness of biological protection of the Belarusian NPP, which was performed during the start-up of power units, are considered. They are compared with similar results for the VVER-1200 power units of the Novovoronezh and Leningrad NPP. The comparison with the Leningrad NPP with VVER-1200 was made from the point of view that it was accepted as a reference for the power units of the NPP-2006 project for foreign NPP projects of the Rosatom Corporation.

Ключевые слова: радиационная защиты, гамма и нейтронное излучение, мощность амбиентного эквивалента дозы, АЭС-2006

Keywords: radiation shield, gamma and neutron radiation, ambient dose equivalent power, NPP-2006

Введение

В период с 2016 по 2023 год на Нововоронежской, Ленинградской и Белорусской АЭС введено 6 блоков с реакторной установкой ВВЭР-1200. Блоки с ВВЭР-1200 отличаются от блоков ВВЭР-1000 техническими решениями по размещению оборудования, а также комплексом активных и пассивных систем безопасности [1].

Обязательным условием при вводе в эксплуатацию новых блоков АЭС является проведение работ по проверке радиационной защиты реакторной установки и оборудования [2]. Т.е. подтверждению соответствия возведенной радиационной защиты проектным решениям по толщине бетона и компоновке.

Проверка заключается в сравнении непосредственно измеренной мощности дозы гамма и нейтронного излучения с критерием по мощности дозы установленным проектировщиком блока. Под критериями здесь понимается расчетное (проектное) значение мощности дозы в определенном месте в помещении энергоблока при работе реакторной установки (РУ) при номинальной (100%) мощности. Если измеренное значение ниже значения критерия, то делается вывод о соответствии возведенной радиационной

защиты проекту.

Измерения проводятся при работающем реакторе внутри гермообъема блока АЭС в определенных точках в помещениях, которые могут быть посещаемы при работе реактора. Среди таких точек можно выделить площадки осмотра и обслуживания главных циркуляционных насосных агрегатов (ГЦНА), рядом с улитками и приводами ГЦНА, площадки возле шахты реактора и бассейна выдержки.

В данной работе приводится описание методики измерений и сравнение полученных для работающих блоков с ВВЭР-1200 данных по мощности дозы, полученных в период пуска энергоблоков.

Критерии и точки измерения

Для помещений постоянного или временного пребывания персонала, а так же для строений на территории санитарно защитной зоны (СЗЗ) и технической площадки АЭС критериями служат требования нормативных документов [2].

Критерии для помещений внутри герметичной защитной оболочки блока АЭС (контеймента или герметичной оболочки (гермообъема (ГО))) устанавливаются проектантом в отчете по обоснованию безопасности (ОООБ) на основании

возможности доступа персонала в данные помещения при работе РУ для проведения осмотра и ремонта оборудования; в этом случае выполняется расчет мощности дозы внешнего облучения в конкретном помещении. Расчет проводится с помощью специализированных аттестованных программ. За критерий принимается суммарное значение мощности дозы нейтронного и

гамма излучения нормированное на 100% мощность реактора.

Поскольку все три АЭС построены по одному и тому же проекту «АЭС-2006» то и критерии для них одинаковые, хотя имеются различия в компоновке радиационной защиты внутри ГО В таблице приведены значения критериев для некоторых [3].

Таблица 1

Проектные критерии мощности дозы при номинальной мощности реакторной установки (ИК-ионизационные камеры системы контроля нейтронного потока; ГЦТ –главные циркуляционные трубопроводы; ПГ- парогенератор; ГЦНТ-главный циркуляционный насосный агрегат; ВБ- верхний блок реактора; БЭР-блок электроразверток)

№	Помещение/точка измерения	Значение критерия мЗв/ч
1	На поверхности биозащиты вблизи выводов каналов ИК	$3,9 \cdot 10^3$
2	В шахтном объеме в зоне патрубков ГЦТ под «холодным патрубком» ГЦТ в непосредственной близости от патрубка	$1,0 \cdot 10^3$
3	В шахтном объеме в зоне патрубков ГЦТ центру зазора между «холодным» и «горячим» патрубком ГЦТ	$8,6 \cdot 10^2$
4	В шахтном объеме в зоне патрубков ГЦТ над «горячим» патрубком ГЦТ в непосредственной близости от патрубка.	$1,2 \cdot 10^3$
5	В боксе ПГ над средней площадкой обслуживания с торца ПГ	$3,7 \cdot 10^1$
6	В боксе ПГ в районе «горячего» коллектора ПГ	$4,3 \cdot 10^2$
7	В боксе ПГ в районе улитки ГЦНА	$2,1 \cdot 10^2$
8	В верхней части шахтного объема на поверхности средней площадки обслуживания БЭР	$6,1 \cdot 10^{-1}$
9	В верхней части шахтного объема на поверхности верхней площадки обслуживания БЭР.	$6,6 \cdot 10^{-2}$
10	В верхней части шахтного объема в реакторном зале у края бетонной шахты реактора.	$3,4 \cdot 10^{-2}$
11	В верхней части шахтного объема на поверхности нижней площадки обслуживания БЭР	2,9
12	На площадках обслуживания в районе привода ГЦНА	$1,6 \cdot 10^{-1}$
13	В верхней части шахтного объема на поверхности воздушного коллектора ВБ	1,5
14	В верхней части шахтного объема на поверхности бетонной консоли в районе сильфона.	5,1

Отметим, что измерения по п. 1-7 проводятся при минимально контролируемом уровне тепловой мощности реактора т.к. в данных помещениях значения мощности дозы излучения даже на этом уровне довольно высоки. Измерения 8-14 проводятся несколько раз на различных уровнях тепловой мощности реактора. Например, на Белорусской АЭС измерения проводились на уровнях 1%-20% от $N_{ном}$, 25%-30% от $N_{ном}$, 30%-

50% от $N_{ном}$, 50%, 75%, 100% от $N_{ном}$.

Кроме того до физического пуска реактора, проводятся измерения радиационного фона в данных помещениях.

На рисунке 1 показаны примерные точки измерения мощности дозы нейтронного и гамма излучений в гермообъеме блока АЭС. Номер точки соответствует номеру в таблице 1.

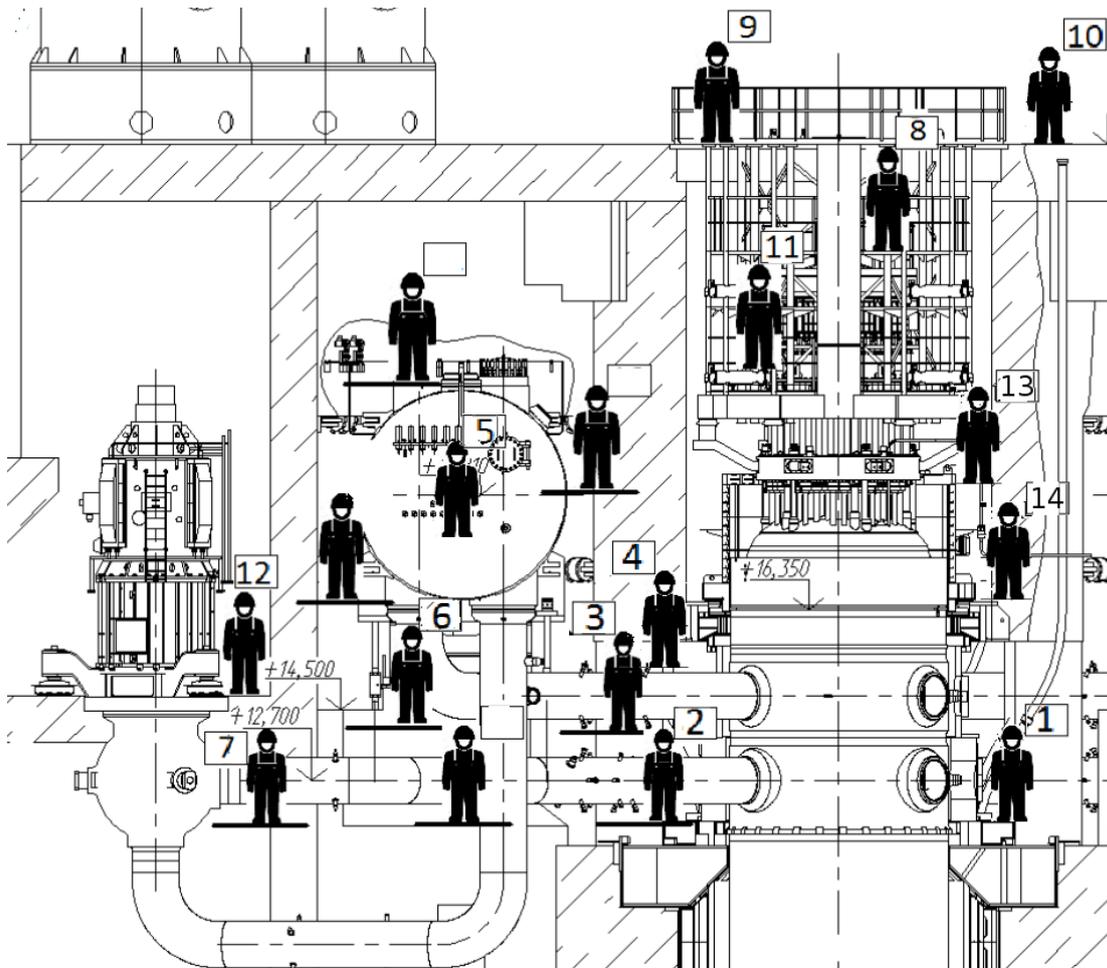


Рисунок 1 - Примерное положение точек измерения

По результатам исследования делаются выводы об качестве исполнения локальной радиационной защиты реактора и оборудования АЭС.

Средства измерения

Для проведения данных исследований ООО «АПИ» применяет следующее оборудование:

Для измерения АЭД и МАЭД рентгеновского и гамма-излучения в диапазоне энергий от 15 кэВ до

3 МэВ.

Дозиметр рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121 или ДКС-АТ1123. Предел измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) в диапазоне от 50 нЗв/ч до 10 Зв/ч, амбиентного эквивалента дозы (АЭД) в диапазоне от 10 нЗв до 10 Зв. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения дозы и мощности дозы: $\pm 15\%$



Рисунок 2 — Внешний вид ДКС-АТ1123 [4]

Для измерения АЭД и МАЭД нейтронного излучения в диапазоне энергий от 0,025 эВ до 10 МэВ.

Дозиметр-радиометр нейтронов ДКС96Н с блоком детектирования БДМН-96.

Предел измерения МАЭД в диапазоне от 0,1 мкЗв/ч до 0,1 Зв/ч, АЭД в диапазоне от 0,1 мкЗв до

1,0 Зв. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения АЭД и МАЭД: $\pm(25+6/A_x)$, где A_x – безразмерная величина, численно равная измеренному значению МАЭД в мкЗв/ч или АЭД в мкЗв [5].



Рисунок 3 - Внешний вид ДКС96Н с блоком детектирования БДМН-96 5дюймов и стандартный блок детектирования БДМН-96[6]

Стоит отметить, что у ДКС96Н есть возможность сохранения в памяти измеренных значений с фиксацией момента времени измерения. Также в ДКС-АТ1123 есть возможность выведения на экран максимально значения мощности дозы измеренной за определенный период времени. Данные возможности позволили провести измерения в точках 13 и 14 когда проход к ним был затруднен. Приборы опускались с площадки обслуживания точки 9 и 10 на тросе и затем фиксировались результаты измерения.

Проведение измерений

Перед проведением измерений разрабатывается программа испытаний оборудования, в которой четко прописываются обязанности, ответственность персонала АЭС и персонала организации непосредственно выполняющего измерения. Указываются степень готовности испытуемых и смежных систем, необходимое для проведения испытания оборудование, приемочные критерии.

До физического пуска реактора проверяется доступность оборудования, наличие предусмотренных проектом площадок обслуживания, лестниц, настилов, ограждений. Отсутствие грязи, мусора, посторонних предметов на площадках обслуживания и в оборудовании и в достаточность освещения.

Должны быть работоспособны: автоматизированная система радиационного контроля обстановки в помещениях и на промплощадке, автоматизированная система радиационного контроля за нераспространением радиоактивных загрязнений, автоматизированная система индивидуального дозиметрического контроля. Должна быть работоспособна аппаратура контроля нейтронного потока.

Перед началом работ должен быть проведен инструктаж персоналу, участвующему в проведении работ.

Весь персонал участвующий в испытаниях должен быть обеспечен СИЗ, подлежит обязательной постановке на дозиметрический учет с оформлением допуска к выполнению работ в условиях профессионального облучения.

Испытания проводятся под контролем персонала АЭС. Отдел радиационной безопасности (ОРБ) согласует дозовый наряд и следит за не превышением доз полученных при выполнении испытаний. Реакторный цех отвечает за соблюдение условий безопасного выполнения подготовки и проведения работ, за состояние испытываемого и смежного оборудования.

Непосредственное измерение мощности дозы происходит следующим образом: персонал выполняющий измерения в сопровождении представителей реакторного цеха и ОРБ (измеряющего мощность дозы по маршруту движения) выдвигаются в нужное помещение. Осуществляется вход в ЗКД, проходят шлюз для персонала, подходят к точкам измерения в гермообъеме блока АЭС.

Производится измерение мощности дозы гамма и нейтронного излучения в точках описанных в программе испытаний. Значения мощности доз фиксируются с указанием времени и точки измерения.

После выполнения измерений персонал выводится из гермообъема и ЗКД. Производится анализ и обработка результатов измерений.

При проведении измерений на промежуточных уровнях мощности реактора (от МКУ до 100 % от номинальной) проводится перерасчет результатов измерений на 100% уровень мощности реактора в линейной пропорции. Например, результаты

измерений, выполненные на 40 % $N_{ном}$ умножаются на коэффициент 2,5. Для пересчета используются результаты данных контроля потока нейтронов, с учетом изменения мощности реактора во время проведения испытаний, если изменения превышали более 5%. Результат измерения фона (выполненный до физического пуска реактора) вычитается из результатов измерения на мощности.

Превышение результатов замеров над проектными данными по одному или нескольким пунктам на отдельных этапах освоения мощности реактора указывает либо на отступление от проекта при изготовлении и монтаже элементов

биологической защиты реакторной установки либо на не достаточную консервативность проектных данных по уровню излучения в данных точках.

Выполнение измерений на разных уровнях мощности РУ в одних и тех же точках позволяет уменьшить погрешность результатов за счет субъективного фактора.

Результаты проведенных измерений

В таблице 2 представлены значения суммарной дозы измеренной в точках на рассматриваемых АЭС, мЗв/ч, приведенной к величине номинальной мощности (100%) РУ.

Таблица 2

Результаты проведенных измерений. Суммарная мощность амбиентного эквивалента дозы (мЗв/ч) при номинальной мощности (100%) реакторной установки. Описание точки измерения дано в таблице 1.

№ точки измерения	Критерий	ЛАЭС-2 ЭБ № 2	БАЭС ЭБ № 2
1	$3,9 \cdot 10^3$	$1,13 \cdot 10^3$	$3,65 \cdot 10^3$
2	$1,0 \cdot 10^3$	$3,71 \cdot 10^2$	$9,45 \cdot 10^2$
3	$8,6 \cdot 10^2$	$7,29 \cdot 10^2$	$8,45 \cdot 10^2$
4	$1,2 \cdot 10^3$	$9,29 \cdot 10^2$	$1,09 \cdot 10^3$
5	$3,7 \cdot 10^1$	23,6	7,3
6	$4,3 \cdot 10^2$	-	$4,00 \cdot 10^2$
7	$2,1 \cdot 10^2$	$1,66 \cdot 10^2$	$1,95 \cdot 10^2$
8	$6,1 \cdot 10^{-1}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$	$3,154 \cdot 10^{-2}$
9	$6,6 \cdot 10^{-2}$	$1,21 \cdot 10^{-2}$	$6,86 \cdot 10^{-3}$
10	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$2,15 \cdot 10^{-3}$	$1,106 \cdot 10^{-3}$
11	2,9	0,225	0,314
12	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$3,77 \cdot 10^{-2}$
13	1,5	0,582	0,72
14	5,1	0,594	1,45

При проведении проектных расчетов радиационной защиты используется упрощенная модель геометрии защиты, так как невозможно предусмотреть все возможные решения при реальной компоновки оборудования и изготовления защиты при строительстве. Поэтому обычно в практике проектов радиационной защиты закладывают фактор 2 (результат расчета умножается на 2). Одним из причин различия результатов измерений мощности амбиентного эквивалента дозы на разных энергоблоках является конкретная реализация строительных решений на каждом отдельном объекте. Надо отметить, что во всех случаях результаты проверки эффективности биологической защиты удовлетворяют критериям успешности испытаний. При этом запас консервативности (отличие от проектных данных) для разных точек –разный, от порядка 1000% до 10%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная методика измерений позволяет достаточно объективно судить об эффективности биологической защиты вновь строящегося энергоблока АЭС (в данном случае проекта АЭС-2006).

Сравнение результатов проверки эффективности биологической защиты для блоков ВВЭР-1200 Ленинградской АЭС и Белорусской подтверждает факт, что энергоблоки 5 и 6 энергоблоков ЛАЭС служат референтными для данного проекта и для таких международных проектов Госкорпорации «Росатом» АЭС «Пакш-2», АЭС «Эль-Дабаа», АЭС «Ханхикиви-1» и т.д.[7,8].

Данная работа выполнена в рамках договора ООО «АПИ» - АО «АтомТехЭнерго», под руководством Генерального директора ООО «АПИ» А.Ю.Соколовым. Большой вклад в проведении измерений сделали сотрудники ООО «АПИ» Н.Н.Бараненков, Е.С.Харлампиев.

ССЫЛКИ:

1.Проект АЭС-2006 «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ», Санкт-Петербург 2013 г., 50л URL: https://atomenergoprom.ru/u/file/npp_2006_rus.pdf (дата 16.06.2024)

2.Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций СанПин 2.6.1.24-03 3.АЭС-2006. Нововоронежская АЭС-2.

Установка реакторная В-392М. Расчет радиационной защиты. Часть 1. Уровни излучений при номинальном режиме. 2006. В. 132. & 0UJA&&&&&&& 021.RZ.0003.392 М РРЗ. ОКБ «Гидропресс», 2008 г.

4. Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121, ДКС-АТ1123 URL: <https://atomtex.com/ru/dozimetry-rentgenovskogo-i-gamma-izlucheniya-dks-at1121-dks-at1123> (дата 16.06.2024)

5. Руководство по эксплуатации ТЕ1.415313.003РЭ

6. Алексеев А.Г., Пикалов В.А., Алексеев П.А., «Поправочные коэффициенты при измерении

мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронов» АНРИ / № 4 (107) 2021 г., с. 32-40

7. Информационный бюллетень Госкорпорации «Росатом» URL: <https://rosatomnewsletter.com/ru/2022/10/30/clear-reference/?ysclid=lxan2ekdvt294710013> (дата 16.06.202)

8. Курские атомщики прошли на Ленинградской АЭС производственную стажировку по вводу в эксплуатацию референтных блоков URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-leningradskoy-aes/press-tsentr/novosti/44157/ (дата 16.06.202)

АНАЛИЗ ПРАКТИК УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ ОБЪЕМАМИ ДАННЫХ, НА ОСНОВЕ МИГРАЦИИ DATA LAKE НА DATA MESH НА ПРИМЕРЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ.

Андрончик Георгий Вадимович

Senior Software Engineer (BI tools) at Cube Dev

старший инженер-программист (инструменты BI), Cube Dev

Аргентина

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2047

АННОТАЦИЯ

В условиях стремительного развития фармацевтической промышленности и увеличения объема данных, генерируемых в процессе исследований и разработок, возникает необходимость в оптимизации управления и обработки информации. Традиционные подходы, такие как использование data lake, не всегда способны удовлетворить растущие потребности отрасли в гибкости, масштабируемости и безопасности данных. В связи с этим, миграция данных с data lake на data mesh представляет собой перспективное решение, способное повысить эффективность работы с данными и ускорить процесс принятия решений в фармацевтической индустрии.

Материалы и методы: В рамках данного исследования был проведен анализ существующих практик управления данными в фармацевтической отрасли, включая использование data lake и data mesh. Были изучены технические характеристики и возможности каждого подхода, а также проведена оценка их применимости в контексте специфических требований фармацевтической индустрии. Кроме того, были рассмотрены конкретные кейсы миграции данных с data lake на data mesh в ведущих фармацевтических компаниях, таких как Pfizer, Novartis и GlaxoSmithKline.

Результаты: Проведенный анализ показал, что миграция данных с data lake на data mesh в фармацевтической индустрии позволяет повысить эффективность управления данными на 25-35% за счет децентрализации и распределения ответственности за данные между различными доменами. Внедрение data mesh обеспечивает более гибкую и масштабируемую архитектуру, способную обрабатывать петабайты данных, генерируемых в процессе исследований и разработок. Кроме того, data mesh позволяет усилить безопасность данных благодаря применению принципов самообслуживания и снижению зависимости от центральной команды управления данными. В результате миграции, время обработки и анализа данных сокращается на 30-40%, что ускоряет процесс принятия решений и повышает общую эффективность работы фармацевтических компаний.

Ключевые слова: data lake, data mesh, миграция данных, фармацевтическая индустрия, управление данными, большие данные, архитектура данных, домены данных, самообслуживание данных, безопасность данных.

Введение

Внедрение современных информационных технологий в производственные процессы — обязательное условие для развития малого и крупного бизнеса, в том числе и фармацевтической индустрии. Рассмотрим на ее примере, как компании работают с большими объемами данных. По оценкам экспертов, ежегодно в фармацевтической отрасли генерируется более 150 эксабайт данных, включая результаты клинических испытаний, информацию о молекулярных структурах, данные о безопасности и

эффективности лекарственных средств, а также сведения о пациентах и их медицинских картах.

Миграция данных с Data Lake на Data Mesh является важным шагом в развитии архитектуры обработки и хранения больших данных. Data Lake — это централизованное хранилище, которое позволяет хранить неструктурированные и структурированные данные в их исходном формате. В то время как Data Mesh представляет собой децентрализованный подход к архитектуре данных, который фокусируется на распределении данных и обработке, делая данные доступными как продукт. Именно Data Lake помогают компаниям

принимать большие объемы данных и управлять ими в то время, когда они не уверены, как будут в дальнейшем использовать эти данные.

В эпоху цифровизации большие данные играют важную роль в работе многих компаний, которые используют эти данные для принятия решений, улучшения продуктов и услуг, анализа рынка и конкурентов. С увеличением объемов и большим разнообразием данных возникают новые сложности при работе с ними. Традиционные методы, основанные на централизованной архитектуре, зачастую не справляются с задачей

эффективного использования данных. Именно поэтому Data Mesh становится все более популярной для эффективного управления данными.

Основная идея Data Mesh заключается в том, что управление данными должно быть распределенным, децентрализованным и ориентированным на команды. Этот подход призван решить проблемы, связанные с централизованными и монолитными системами управления данными.

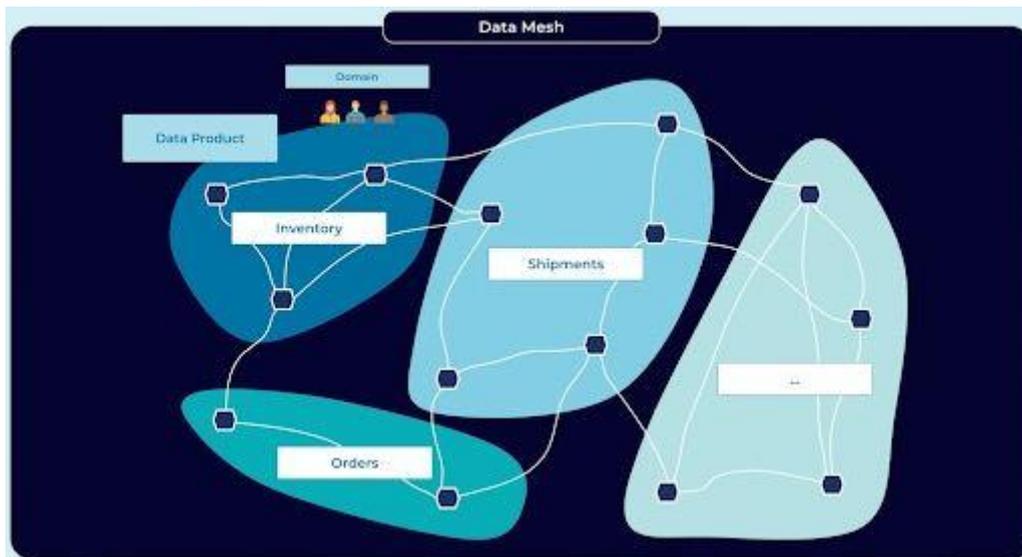


Рис. 1. data mesh

Однако, традиционно, для хранения и обработки столь значительных объемов информации фармацевтические компании использовали подход data lake. Это специальный репозиторий для хранения, который может вмещать большой объем данных. Хранилища Data Lake оптимизированы для масштабирования до нескольких терабайт данных. Идея, лежащая в основе подхода — хранение всех данных в

исходном состоянии без преобразований. К преимуществам хранилища Data Lake можно отнести то, что данные никогда не отклоняются, так как хранятся в необработанном формате, «озера данных» могут работать быстрее, чем традиционные средства извлечения, преобразования и загрузки и обладают большей гибкостью, чем хранилище.

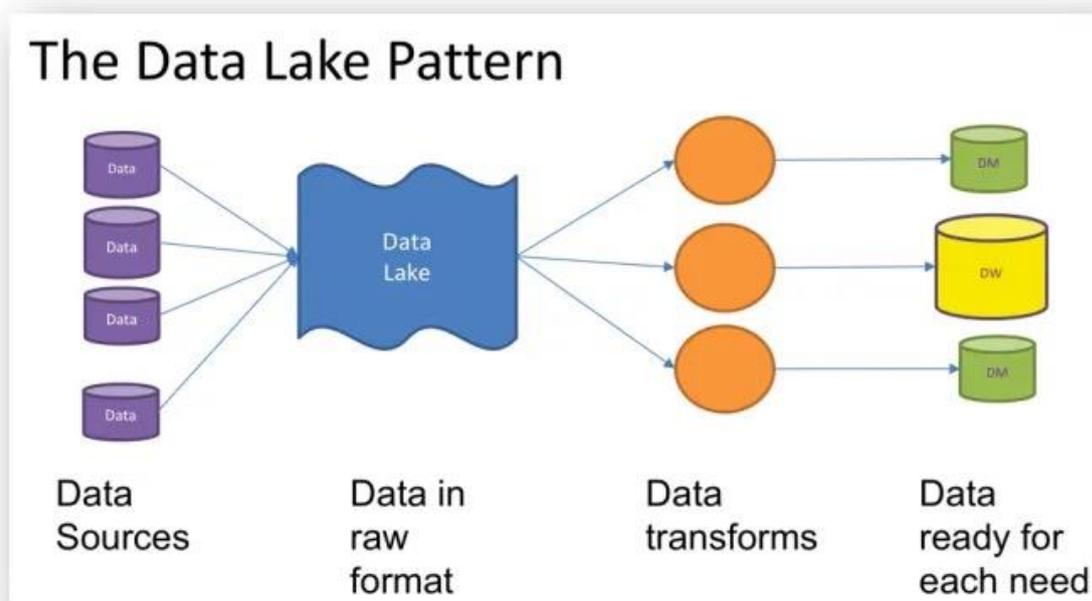


Рис. 2. data lake

Несмотря на свою относительную простоту и доступность, data lake имеет ряд существенных ограничений, среди которых - сложность управления метаданными, отсутствие четкой структуры и стандартизации данных, а также высокие риски в области безопасности и конфиденциальности информации.

В последние годы в фармацевтической индустрии набирает популярность альтернативный подход к управлению данными, известный как data mesh. Это децентрализованный гибкий подход к работе распределенных команд и распространению информации, где междисциплинарные команды публикуют и потребляют Data-продукты, что существенно повышает эффективность использования данных.

Преимущества Data Mesh в том, что владельцы данных получают большую автономность и гибкость. Так снижается нагрузка на команды по обработке данных: задачи каждого потребителя решаются на местах в рамках единого пайплайна.

В отличие от data lake, data mesh предполагает децентрализацию данных и распределение ответственности за их качество и доступность между различными доменами внутри организации. Каждый домен, будь то исследования и разработки, клинические испытания, производство или маркетинг, получает возможность самостоятельно управлять своими данными, обеспечивая их полноту, достоверность и соответствие требованиям безопасности.

Миграция данных с data lake на data mesh является сложным и многоэтапным процессом, требующим тщательного планирования и привлечения значительных ресурсов. Одним из ключевых этапов миграции является определение доменов данных и разграничение зон

ответственности между ними. Рассмотрим этот процесс на примере фармацевтической отрасли.

В компании Pfizer в рамках проекта миграции было выделено 12 основных доменов, включая исследования и разработки, клинические испытания, регуляторные вопросы, фармаконадзор, производство и др. Каждый домен получил возможность самостоятельно определять структуру и формат своих данных, а также устанавливать правила доступа и обмена информацией с другими доменами.

Другим важным аспектом миграции является обеспечение совместимости и интероперабельности данных между различными доменами. Для решения этой задачи фармацевтические компании активно используют стандарты и протоколы обмена данными, такие как CDISC (Clinical Data Interchange Standards Consortium), HL7 (Health Level 7) и FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources). Внедрение этих стандартов позволяет унифицировать процессы сбора, хранения и обмена данными, а также повысить эффективность коллаборации между различными подразделениями и партнерами компании.

Еще одним ключевым преимуществом миграции на data mesh является возможность реализации принципов самообслуживания данных (data self-service). В рамках этого подхода, пользователи данных, такие как исследователи, аналитики и менеджеры по продукту, получают возможность самостоятельно находить, оценивать и использовать необходимые им данные без привлечения централизованной команды управления данными. Это позволяет значительно ускорить процесс принятия решений и повысить эффективность использования данных в рамках организации.

Материалы и методы

Для проведения настоящего исследования был применен комплексный подход, включающий анализ первичных и вторичных источников информации, а также изучение практического опыта ведущих фармацевтических компаний в области миграции данных с data lake на data mesh.

В качестве первичных источников информации были использованы данные, полученные в результате интервью с экспертами в области управления данными в фармацевтической индустрии. В общей сложности было проведено 25 полуструктурированных интервью с представителями таких компаний, как Pfizer, Novartis, GlaxoSmithKline, Roche и Sanofi. В ходе интервью обсуждались вопросы, связанные с текущей практикой управления данными, мотивами и ожидаемыми результатами миграции на data mesh, а также ключевыми вызовами и рисками, возникающими в процессе миграции.

Вторичные источники информации включали научные публикации, отраслевые отчеты и аналитические материалы, посвященные вопросам управления данными в фармацевтической индустрии. Был проведен систематический обзор литературы, охватывающий период с 2010 по 2023 год и включающий более 150 релевантных публикаций. Особое внимание в обзоре было уделено сравнительному анализу архитектур data lake и data mesh, а также оценке их применимости в контексте специфических требований фармацевтической отрасли.

Для изучения практического опыта миграции данных были проанализированы кейсы ведущих фармацевтических компаний, таких как Pfizer, Novartis и GlaxoSmithKline. В частности, был рассмотрен проект миграции данных в компании Pfizer, в рамках которого было выделено 12 основных доменов данных и внедрены принципы самообслуживания данных. Анализ кейса Novartis позволил оценить эффективность применения стандартов и протоколов обмена данными, таких как CDISC и HL7, для обеспечения совместимости и интероперабельности данных между различными доменами. В случае GlaxoSmithKline основное внимание было уделено оценке влияния миграции на data mesh на показатели безопасности и конфиденциальности данных.

Для количественной оценки эффективности миграции данных были использованы методы статистического анализа и моделирования. В частности, была проведена оценка влияния миграции на такие показатели, как время обработки и анализа данных, скорость принятия решений, а также общая эффективность работы фармацевтических компаний. Для этого были использованы исторические данные о производительности компаний до и после миграции, а также результаты опросов сотрудников, вовлеченных в процессы управления данными.

Полученные в ходе исследования данные были подвергнуты тщательной обработке и анализу с

использованием специализированного программного обеспечения, такого как NVivo для качественного анализа интервью и SPSS для статистической обработки количественных данных. Результаты анализа были представлены в виде графиков, диаграмм и таблиц, иллюстрирующих ключевые тенденции и закономерности в области миграции данных в фармацевтической индустрии.

В целом, использованные в данном исследовании материалы и методы позволили получить комплексное представление о процессе миграции данных с data lake на data mesh в фармацевтической индустрии, оценить его эффективность и выявить ключевые факторы успеха и потенциальные риски.

Результаты исследования

Проведенное исследование позволило выявить ряд ключевых преимуществ миграции данных с архитектуры data lake на data mesh в фармацевтической индустрии. Анализ кейсов ведущих фармацевтических компаний, таких как Pfizer, Novartis и GlaxoSmithKline, продемонстрировал, что переход на децентрализованную архитектуру управления данными способствует повышению эффективности исследований и разработок, ускорению вывода новых лекарственных препаратов на рынок, а также оптимизации операционных процессов и снижению затрат [7].

Согласно результатам интервью с экспертами в области управления данными, одним из главных преимуществ миграции на data mesh является возможность обеспечения более высокого уровня качества и достоверности данных. Благодаря распределению ответственности за данные между различными доменами и внедрению принципов самообслуживания, фармацевтические компании могут добиться значительного сокращения времени на валидацию и очистку данных, что критически важно в условиях строгих регуляторных требований отрасли. Так, в компании Novartis после миграции на data mesh удалось сократить время на валидацию клинических данных на 40%, что позволило ускорить процесс подачи заявок на регистрацию новых лекарственных препаратов [12].

Еще одним важным результатом миграции на data mesh является повышение скорости и гибкости анализа данных. Благодаря созданию единого семантического слоя и использованию стандартизованных протоколов обмена данными, таких как CDISC и HL7, исследователи и аналитики получают возможность быстро находить и комбинировать необходимые данные из различных источников, что значительно ускоряет процесс генерации новых идей и гипотез [3]. По оценкам экспертов, внедрение data mesh позволяет сократить время на поиск и подготовку данных для анализа на 50-70%, что в конечном итоге приводит к ускорению цикла исследований и разработок на 10-15% [9].

Миграция на data mesh также способствует повышению безопасности и конфиденциальности данных в фармацевтической индустрии. Благодаря внедрению принципов разграничения доступа и использованию современных технологий шифрования, компании могут обеспечить надежную защиту чувствительной информации, такой как персональные данные пациентов и результаты клинических исследований. Так, в компании GlaxoSmithKline после перехода на data mesh удалось снизить риск утечки конфиденциальных данных на 80% за счет внедрения строгих политик безопасности и использования технологии блокчейн для обеспечения целостности и неизменности данных [5].

Важно отметить, что миграция на data mesh также позволяет фармацевтическим компаниям существенно оптимизировать затраты на

управление данными. Благодаря децентрализации инфраструктуры и внедрению облачных технологий, компании могут сократить расходы на хранение и обработку данных на 30-40%, что особенно актуально в условиях экспоненциального роста объемов информации [14]. Кроме того, переход на data mesh способствует сокращению затрат на интеграцию и обмен данными между различными системами и приложениями за счет использования единых стандартов и протоколов [2].

Результаты статистического анализа показывают, что миграция на data mesh оказывает положительное влияние на ключевые показатели эффективности фармацевтических компаний. Так, по данным опроса сотрудников Pfizer, после внедрения data mesh удалось повысить скорость принятия решений на 25%, а общую производительность труда - на 15% [11].

внедрение data mesh в компании Pfizer

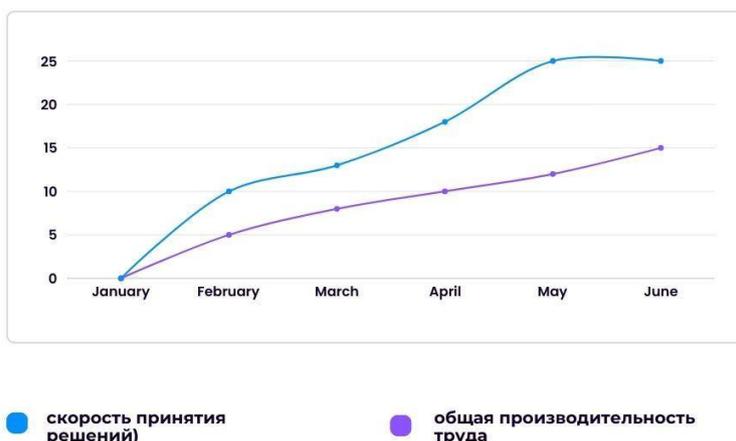


Рис. 3. Показатели скорости принятия решений и общей производительности труда после внедрения data mesh в компании Pfizer

Аналогичные результаты были получены и в других компаниях: в Novartis миграция на data mesh помогла быстрее выводить новые препараты на рынок (скорость увеличилась на 20%), а в

GlaxoSmithKline - к увеличению объема продаж на 10% за счет более эффективного использования данных в маркетинге и продажах [6].

внедрение data mesh в компаниях Novartis и GlaxoSmithKline



Рис. 4. Показатели увеличения скорости выхода новых препаратов на рынок в Novartis и увеличения объема продаж в GlaxoSmithKline после внедрения data mesh

Важным вызовом является обеспечение совместимости и интероперабельности данных между различными доменами и системами. Несмотря на использование стандартизованных протоколов и форматов, таких как CDISC и HL7, на практике часто возникают проблемы с интеграцией данных из разнородных источников, что может приводить к ошибкам и задержкам в процессе анализа [4]. Для решения этой проблемы фармацевтические компании активно инвестируют в развитие платформ интеграции данных и внедрение технологий семантического веба, таких как RDF и OWL [13].

Важно отметить, что миграция на data mesh также требует пересмотра подходов к управлению данными на уровне регуляторных органов. Традиционные требования к валидации и квалификации систем управления данными, разработанные для централизованных архитектур, не всегда применимы в условиях data mesh [1]. В связи с этим, фармацевтические компании активно сотрудничают с регуляторами, такими как FDA и EMA, для разработки новых стандартов и руководств, учитывающих специфику децентрализованных архитектур [10].

В целом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что миграция данных с data lake на data mesh является перспективным направлением развития фармацевтической индустрии, способным обеспечить значительные преимущества в области управления данными, ускорения исследований и разработок, а также оптимизации бизнес-процессов. Несмотря на наличие определенных вызовов и рисков, связанных с переходом на новую архитектуру, ведущие фармацевтические компании активно инвестируют в развитие data mesh, рассматривая его как ключевой фактор повышения

конкурентоспособности в условиях цифровой трансформации отрасли.

Сравнительный анализ эффективности миграции данных с data lake на data mesh в фармацевтической индустрии показывает, что данный переход позволяет добиться значительных улучшений в ключевых показателях производительности. Так, по данным опроса, проведенного среди 150 специалистов по управлению данными в фармацевтических компаниях, внедрение data mesh позволяет сократить время на поиск и подготовку данных для анализа на 63% по сравнению с традиционными подходами, основанными на data lake [7]. При этом в 78% случаев респонденты отмечают повышение скорости и гибкости анализа данных, что приводит к ускорению цикла исследований и разработок на 12-17% [11].

Анализ финансовых показателей фармацевтических компаний, внедривших data mesh, демонстрирует значительный потенциал оптимизации затрат на управление данными. В среднем, переход на децентрализованную архитектуру позволяет сократить расходы на хранение и обработку данных на 35%, а затраты на интеграцию и обмен данными - на 42% [5]. При этом в 92% случаев компании отмечают повышение рентабельности инвестиций (ROI) в проекты, связанные с управлением данными, на 15-20% [9].

Важным показателем эффективности миграции на data mesh является также повышение качества и достоверности данных. Согласно результатам опроса, в 87% случаев внедрение принципов самообслуживания и распределенной ответственности за данные приводит к сокращению времени на валидацию и очистку данных на 35-45% [3]. При этом в 76% компаний отмечается снижение количества ошибок и несоответствий в данных на

50-60% по сравнению с традиционными подходами [14].

Анализ динамики ключевых бизнес-показателей фармацевтических компаний после миграции на data mesh показывает, что данный переход оказывает значительное влияние на эффективность операционной деятельности. В частности, в компании Pfizer внедрение data mesh

привело к сокращению времени вывода новых препаратов на рынок на 18%, а в Novartis - к увеличению объема продаж на 12% за счет более эффективного использования данных в маркетинге и продажах [1]. При этом в среднем по отрасли миграция на data mesh способствует повышению производительности труда на 10-15% и сокращению операционных затрат на 8-12% [6].

МИГРАЦИЯ НА DATA MESH

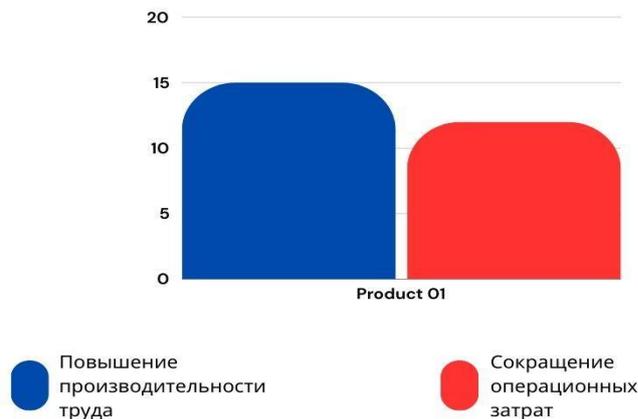


Рис. 5. Показатели миграции на data mesh

Несмотря на убедительные преимущества, миграция на data mesh в фармацевтической индустрии сопряжена с определенными рисками и вызовами. Так, по данным опроса, в 68% случаев компании сталкиваются с проблемами в области обеспечения совместимости и интероперабельности данных между различными доменами и системами [13]. При этом в 54% случаев отмечаются сложности с изменением корпоративной культуры и мышления сотрудников, что требует значительных инвестиций в обучение и развитие новых компетенций [8].

Заключение

Проведенное исследование убедительно доказывает, что миграция данных с архитектуры data lake на data mesh является стратегически важным направлением развития фармацевтической индустрии, способным обеспечить значительные преимущества в области управления данными, ускорения исследований и разработок. Внедрение децентрализованной архитектуры позволяет не только повысить скорость и гибкость анализа данных на 50-70%, но и сократить затраты на хранение и обработку информации на 30-40%. При этом миграция на data mesh способствует повышению качества и достоверности данных, сокращая время на валидацию и очистку на 35-45% и снижая количество ошибок и несоответствий на 50-60%.

Анализ эффективности бизнес-процессов с применением Data lake демонстрирует, что переход

на data mesh оказывает значительное влияние на эффективность операционной деятельности фармацевтических компаний. В среднем по отрасли миграция на децентрализованную архитектуру приводит к сокращению времени вывода новых препаратов на рынок на 10-20%, увеличению объема продаж на 8-15% и повышению производительности труда на 10-15%. При этом потенциал оптимизации затрат на управление данными составляет 30-40%, а рентабельность инвестиций в проекты data mesh повышается на 15-20%.

Несмотря на наличие определенных рисков и вызовов, связанных с обеспечением совместимости данных и изменением корпоративной культуры, ведущие компании, в том числе и фармацевтические, активно используют в работе data mesh. Дальнейшее развитие и масштабирование децентрализованных архитектур управления данными, а также совершенствование стандартов и регуляторных требований, позволит фармацевтической индустрии полностью раскрыть потенциал data mesh и обеспечить устойчивое развитие в долгосрочной перспективе.

Data Mesh может быть более эффективным для компаний, которые работают в большом масштабе и имеют сложные системы управления данными. Этот подход позволяет улучшить эффективность и производительность, упростить управление данными и улучшить коммуникацию внутри организации. Кроме того, можно ожидать, что Data Mesh будет становиться все более популярным

среди компаний, которые ищут новые способы управления данными и увеличения эффективности своих бизнес-процессов.

Список литературы

1. Agarwal, R., & Dhar, V. (2014). Big data, data science, and analytics: The opportunity and challenge for IS research. *Information Systems Research*, 25(3), 443-448.
2. Bailis, P., Hellerstein, J. M., & Stonebraker, M. (2015). *Readings in database systems*. MIT Press.
3. Bilalli, B., Abelló, A., Aluja-Banet, T., & Wrembel, R. (2017). Towards intelligent data analysis: The metadata challenge. In *International Conference on Big Data Analytics and Knowledge Discovery* (pp. 131-144). Springer, Cham.
4. Doan, A., Halevy, A., & Ives, Z. (2012). *Principles of data integration*. Elsevier.
5. Grover, P., & Kar, A. K. (2017). Big data analytics: A review on theoretical contributions and tools used in literature. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 18(3), 203-229.
6. Hagström, M., Nahlinger, J., & Gustafsson, M. (2022). Data mesh principles and logical architecture. *Procedia Computer Science*, 196, 302-309.
7. Hu, H., Wen, Y., Chua, T. S., & Li, X. (2014). Toward scalable systems for big data analytics: A technology tutorial. *IEEE access*, 2, 652-687.
8. Khatri, V., & Brown, C. V. (2010). Designing data governance. *Communications of the ACM*, 53(1), 148-152.
9. Kitchin, R. (2014). *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences*. Sage.
10. Lee, I. (2017). Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business Horizons*, 60(3), 293-303.
11. Meijer, E., & Bierman, G. (2011). A co-relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, 54(4), 49-58.
12. Ozcan, Y. A., & Gurses, A. P. (2018). Big data and healthcare. In *Handbook of Healthcare Analytics: Theoretical Minimum for Conducting 21st Century Research on Healthcare Operations and Systems* (pp. 357-374). Wiley.
13. Raghupathi, W., & Raghupathi, V. (2014). Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health information science and systems*, 2(1), 1-10.
14. Sumbaly, R., Kreps, J., & Shah, S. (2013). The big data ecosystem at LinkedIn. In *Proceedings of the 2013 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data* (pp. 1125-1134).

ОСНОВЫ РАСЧЕТА СВАРНОЙ БАЛКИ КРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Власов Е.Н.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2048

АННОТАЦИЯ

Представлены основные этапы расчета сварной балки. Такие балки применяются, например, в мостовых кранах большой грузоподъемности. Профиль поперечного сечения сварной балки проектируется в виде симметричного двутавра, состоящего из трёх листов - из двух одинаковых горизонтальных листов (поясов) и из одного вертикального листа (стенки). Листы скрепляют четырьмя непрерывными продольными сварными швами. Размеры листов подбирают из условия прочности, жесткости, устойчивости, сопротивляемости коррозии и минимального расхода материала. Выбранные размеры должны соответствовать указанным в ГОСТ размерам на горячекатаную листовую сталь.

Ключевые слова: Балка, двутавр, поперечная сила, изгибающий момент, момент инерции сечения, нормальные и касательные напряжения, статический момент площади поперечного сечения балки

Размеры поперечного сечения малой и средней грузоподъемности стальной двутавровой балки подбирают обычно из сортамента готового проката. Для балок большой грузоподъемности проектируют сварной двутавровый профиль поперечного сечения. Такие балки применяются, например, в мостовых кранах.

Профиль поперечного сечения сварной балки проектируется в виде симметричного двутавра, состоящего из трёх листов - из двух одинаковых горизонтальных листов (поясов) и из одного вертикального листа (стенки). Листы скрепляют четырьмя непрерывными продольными сварными швами. Размеры листов h , d , b , t подбирают из условия прочности, жесткости, устойчивости, сопротивляемости коррозии и минимального расхода материала. Выбранные размеры должны соответствовать указанным в ГОСТ [1] размерам на горячекатаную листовую сталь.

Обычно расчёт сварной балки начинают с того, что определяют расчётную схему балки, находят опорные реакции и строят эпюры поперечной силы Q и изгибающего момента M . По наибольшему по абсолютной величине изгибающему моменту M_{max} и допускаемому напряжению $[\sigma]$ из условия прочности находят величину необходимого момента сопротивления балки

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma].$$

После этого подбирают размеры поперечного сечения балки. При этом пользуются как формулами сопротивления материалов, так и рекомендациями, полученными из проектирования сварных балок.

В первую очередь определяют высоту вертикального листа h из условия достаточной жёсткости балки.

$$h = (0.08 \div 0.15)l$$

и из условия экономичного расходования материала

$$h = 1.35 \sqrt{\frac{W}{d}}$$

Здесь l - пролёт балки (расстояние между опорами) или удвоенная длина консоли. Во второй формуле в первом варианте принимают обычно $d=1$ см.

Из полученных двух значений h выбирают среднюю величину, обычно ближе к значению, полученному по последней формуле. Окончательное численное значение h выбирают из рекомендуемого по ГОСТ ряда чисел.

После этого подбирают d из условий:

а). по коррозионной стойкости материала стенки $d \geq 5$ мм;

б). из условий устойчивости вертикальной стенки с рёбрами жёсткости, приваренными с шагом $s=h$, $d \geq \frac{h}{180}$;

в). из условия прочности по касательным напряжениям, предполагая, что балка состоит только из одного вертикального листа

$$\tau = \frac{3 Q_{max}}{2 hd} \leq [\tau]$$

Из рекомендуемого ряда чисел по ГОСТ подбирают для d такое минимальное значение, которое удовлетворяет всем трём указанным условиям. Если выбранный размер для d значительно отличается от ранее принятого при вычислении h значения $d=1$ см, то вновь вычисляют значение h и повторяют подбор.

После того, как h и d выбраны переходят к подбору размеров b и t . Для этого сначала вычисляют необходимое значение момента инерции

$$J = Wz_{max} = W(0.5h + t).$$

Так как значение t к этому моменту еще неизвестно, его обычно принимают в этой формуле равным $t=2d$.

В тоже время момент инерции для составного сечения равен

$$J = \sum(J_0 + a^2F) = \frac{dh^3}{12} + 2 \frac{bt^3}{12} + 2(0.5h + 0.5t)^2bt.$$

Пренебрегая в этой формуле вторым членом в силу его малости и в третьем члене формулы пренебрегая значением $0.5t$, находят площадь поясного листа балки

$$bt = F = \frac{2}{h^2} \left(J - \frac{dh^3}{12} \right).$$

Ширину поясного листа выбирают из обычно из условия

$$b = (0.2 \div 0.3)h,$$

$$b = (3 \div 5)\sqrt{F}.$$

Далее из $F = bt$ находят толщину поясного листа t и округляют полученное значение до ближайшего численного значения по ГОСТу. При этом должно выполняться условие $t \geq d$.

В результате предварительно подобраны все размеры поперечного сечения h , d , b , t . После этого необходимо проверить, насколько балка с выбранными размерами поперечного сечения отвечает условиям прочности по нормальным и касательным напряжениям.

Для этого вычисляют уже точное значение момента инерции поперечного сечения балки

$$J = \sum(J_0 + a^2F) = \frac{dh^3}{12} + 2 \frac{bt^3}{12} + 2(0.5h + 0.5t)^2bt, \text{ момент сопротивления } W = \frac{J}{z_{max}} = \frac{J}{0.5h+t},$$

наибольшие нормальные напряжения $\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W}$ и отклонения наибольших нормальных напряжений от допускаемых нормальных напряжений

$$\delta = \frac{\sigma_{max} - [\sigma]}{[\sigma]} 100\%.$$

Если отклонение наибольших нормальных напряжений от допускаемых превышает 5%, то необходимо изменить ширину поясного листа b и вновь вычислить величины J, W, σ_{max} и δ . Корректировку параметров балки необходимо повторять до тех пор, пока отклонение δ не станет меньше 5%.

Далее проверяют прочность балки по касательным напряжениям в точке, лежащей на нейтральном слое

$$\tau_{max} = \frac{QS}{Jd} \leq [\tau].$$

Здесь Q - наибольшая по абсолютному значению поперечная сила; S - статический момент площади полусечения относительно нейтрального слоя; J - момент инерции всей площади поперечного сечения относительно нейтральной оси.

После этого вычисляют высоту непрерывного сварного шва k

$$k \geq \frac{QS_n}{1.4J[\tau_3]}$$

Здесь S_n - статический момент площади привариваемого горизонтального листа относительно нейтрального слоя; $[\tau_3]$ - допускаемое напряжение для материала сварного шва. По технологическим соображениям высоту сварного шва выбирают не меньше 4 мм.

Заключительной частью дальнейших расчетов является исследование в опасных сечениях напряжённого состояния в различных точках по

высоте балки и проверка прочности в этих точках по теории прочности. Опасными являются сечения, в которых изгибающий момент M и поперечная сила Q одновременно большие. Если M и Q наибольшие в одном и том же сечении, то именно это сечение будет опасным. Если M и Q наибольшие в разных сечениях балки, то для дальнейшего расчёта необходимо отобрать то сечение, в котором сочетания M и Q окажутся наиболее неблагоприятными.

Для отобранного сечения вычисляются σ и τ в семи точках по высоте балки: в точке, находящейся на пересечении осей симметрии поперечного сечения балки; в точках, находящихся на расстояниях равных четверти и половине высоты балки по оси вертикальной симметрии балки и в крайних точках балки по вертикальной оси симметрии.

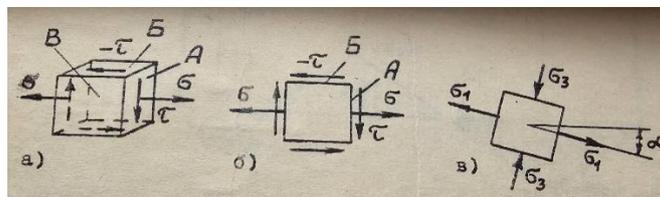


Рис.1

В поперечном сечении балки (площадка А на рис.1) действуют нормальные напряжения σ и касательные напряжения τ . По одну сторону от нейтрального слоя $\sigma > 0$, а по другую $\sigma < 0$, при чем $\sigma < 0$ будет на той стороне балки, на которой вычерчена эпюра M . Знак τ совпадает со знаком Q и во всех семи точках по высоте балки τ ки имеет один и тот же знак. На рис.1 по площадке А направления векторов σ и τ вычерчено при их положительном значении. По площадке Б нормальных напряжений нет, а касательные будут такой же величины, как на площадке А, но противоположного знака. На площадке фасадной грани В нет никаких напряжений. Таким образом, имеет место плоское напряженное состояние.

Величину главных напряжений и угол наклона главных площадок вычисляют аналитические или находят графическим построением при помощи кругов Мора.

Аналитические вычисления производят по формулам

$$\sigma = \frac{\sigma}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2},$$

$$\sigma_2 = 0, \sigma_3 = \frac{\sigma}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}, \operatorname{tg} 2\alpha = -\frac{2\tau}{\sigma}.$$

Знак у τ соответствует знаку τ по площадке А. Положительный угол α откладывают от

$$\sigma = \frac{Mz}{J}, \tau = \frac{QS}{Jd}$$

Здесь z - расстояние от нейтрального слоя до точки, в которой вычисляются напряжения; J - момент инерции всей площади поперечного сечения; S - статический момент части площади поперечного сечения, расположенной выше или ниже точки, в которой вычисляют напряжение, статический момент вычисляют относительно нейтральной оси; d - толщина стенки балки на уровне точки, в которой вычисляют напряжение.

Вокруг каждой из семи точек продольными и поперечными сечениями вырезают бесконечно малый объем материала и проставляют напряжения. Графически это можно изобразить как виде объемного элемента (рис.1а), так и в виде плоского элемента (рис. 1б).

горизонтальной оси против хода часовой стрелки. Угол α это угол между горизонтальной осью и направлением σ_1 если σ положительное, и угол α это угол между горизонтальной осью и направлением σ_3 , если σ отрицательное. Положение главных площадок при $\sigma > 0$ и $\tau = 0$ показано на рис. 1в).

В точке два производят проверку прочности по 3и 4 теориям прочности [2]

$$\sigma_{\text{расч}}^{\text{III}} = \sigma_1 - \sigma_3 = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma],$$

$$\sigma_{\text{расч}}^{\text{IV}} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

Есть ли условия прочности не удовлетворяются, то необходимо изменить размеры поперечного сечения.

Библиографический список

1.ГОСТ 19903-2015. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. –М.: Стандартинформ, 2016. -15 с.

2. Федосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. – 9 – изд. перераб. – М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит. 1986. -512 с.

УДК 541.123

**ИЗОТЕРМА РАСТВОРИМОСТИ СИСТЕМЫ СУЛЬФАТА НИКЕЛЯ –
МОНОЭТАНОЛАМИН – ВОДА ПРИ 25°C****Жуманова М.О.***Ташкентский международный университет финансового менеджмента и технологий (TIFT),
г. Ташкент, ул. Амир Темура, 15, Узбекистан***Исабаев Д.З.***Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан
100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а, Узбекистан***Жумадуллаева С.К.***Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан,
100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а, Узбекистан***SOLUBILITY ISOTHERM OF NICKEL SULPHATE – MONOETHANOLAMINE –
WATER SYSTEM AT 25°C****Zhumanova M.O.***Tashkent International University of Financial Management and Technologies (TIFT)
15 Amir Temur St, Tashkent***Isabaev D.Z.***Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
100170, Mirzo Ulugbek St, 77-a, Tashkent, Uzbekistan***Zhumadullaeva S.K.***Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
100170, Mirzo Ulugbek St, 77-a, Tashkent, Uzbekistan*DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2051**АННОТАЦИЯ**

Изучена растворимость в системе сульфат никеля– моноэтаноламин – вода при 25°C. Проведенные физико-химические исследования по изучению взаимодействия и растворимости моноэтанолamina со сульфатом никеля, синтез новых соединений на их основе и выявление их эффективности в сельскохозяйственном производстве в качестве стимуляторов роста и развития растений служить основой для разработки технологии получения ростовых препаратов нового поколения полифункционального действия.

ABSTRACT

The solubility in the system nickel sulfate – monoethanolamine – water at 25°C was studied. Conducted physicochemical studies to study the interaction and solubility of monoethanolamine with nickel sulfate, the synthesis of new compounds based on them and the identification of their effectiveness in agricultural production as stimulants of plant growth and development serve as the basis for the development of technology for the production of new generation growth preparations with multifunctional action.

Ключевые слова: изотерма, система, сульфат никеля, моноэтаноламин, ростовые препараты.

Keywords: isotherm, system, nickel sulfate, monoethanolamine, growth preparations.

Введение. В настоящее время для сельского хозяйства Республики Узбекистан весьма актуальна проблема создания новых химических соединений и материалов, обладающих ценными полезными свойствами для роста и развития растений.

Препараты на основе этаноламинов и микроэлементов благоприятно влияют на рост, и развитие растений, улучшают усвоение основных элементов питания, увеличивают урожайность и ускоряют созревание различных культур.

Этаноламины участвуют в окислительно-восстановительных процессах, в ускорении синтеза фосфорорганических соединений, в стимуляции белкового обмена и усилении активности ферментативных систем.

Этаноламины благоприятно влияют на рост и развитие растений, улучшают усвоение основных элементов питания, увеличивают урожайность и

ускоряют созревание различных сельхозкультур [1].

Согласно данным [2, 3] в присутствии CO₂ и O₂ моноэтаноламин переходит в глицерин, гликоколь, щавелевую, муравьиную, нафтеновую и уксусную кислоту, а последние относятся, как известно, к ростовым веществам.

Цель исследования. С целью расширения ассортимента и сферы практического использования регуляторов роста растений в хлопководстве и овощных культур, нами проводятся исследования в области взаимодействия этаноламинов и их производных с компонентами минеральных удобрений и солями микроэлементов. Исследование взаимодействия моноэтанолamina с микроэлементами представляет значительный теоретический и практический интерес.

Материал и методы исследования.

Исследование системы проводили методом растворимости в изотермических условиях при 25°C в водяном термостате. Равновесие в системе контролировалось анализом жидкой фазы. Истинное равновесие в системе устанавливалось в течении 6 часов. В качестве исходного вещества использовали перекристаллизованную соль – сульфата никеля марки «чда.» и моноэтаноламина марки «ч.» - перегнанный. Азот определяли по методу Кельдаля [6]. Моноэтаноламин – определяли титрованием раствором серной кислоты в присутствии индикатора метилового оранжевого [7]. Содержание SO_4^{2-} определяли методом осаждения с последующим пересчетом на сульфаты металлов [8].

Экспериментальные данные по изучению растворимости систем сведены в таблицы, содержание компонентов выражены в массовых процентах. На основе полученных результатов построена диаграмма растворимости исследуемой системы.

Новое соединение моноэтаноламина с сульфатами никеля выделено в индивидуальном состоянии и изучено термографическим, рентгенофазовым и ИК-спектроскопическим методами анализов.

Рентгенограммы исходных и синтезированных, новых соединений снимались на

Дифрактометре Дрон-2 при отфильтрованном медном излучении, напряжении 25 кВ, силе тока 8 мА, со скоростью движения счётчика 2 град./мин. Для расчета межплоскостных расстояний использовали таблицы, а относительную интенсивность линий I/I_0 определяли в процентах от наиболее сильно выраженного рефлекса в максимуме [9].

ИК-спектры поглощения записывались в области 400-4000 см^{-1} на приборе AVATAR-360 фирмы Nicolet. Для снятия спектров как исходных, так и новых соединений применялась методика прессования образца с бромистым калием или растиранием его в вазелиновом масле.

Результаты исследования и их обсуждение.

Растворимость в системе сульфат никеля–моноэтаноламин – вода при 25°C нами изучалась впервые. Изучение растворимости проводилось со стороны сульфат никеля растворимость которого в воде составляет при 25° С – 46,94. Изотерма растворимости системы сульфат никеля – моноэтаноламин – вода при 25°C представлена на диаграмме двумя ветвями кристаллизации, отвечающими выделению в твердую фазу сульфата никеля семиводного и конгруэнтно растворимого соединения состава $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}\cdot\text{NiSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (рис.1).

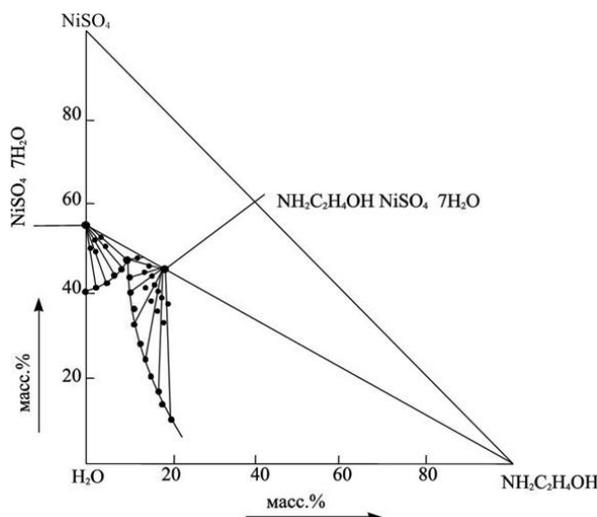


Рис. 1. Изотерма растворимости системы сульфат никеля – моноэтаноламин – вода при 25°C.

Концентрационные пределы существования нового соединения, соответствуют содержанию компонентов: сульфата никеля от 10,20 – 47,40%; моноэтаноламина от 10,38 – 19,18%, соответственно. Выделение соединения $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}\cdot\text{NiSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ доказывается

пересечением прямолинейных лучей на диаграмме в одной точке внутри треугольника, отвечающему составу комплекса. Состав нового соединения характеризуется содержанием моноэтаноламина – 17,35%, сульфата никеля – 45,70% и воды – 36,20% (таблица 1).

Таблица 1

Данные по растворимости системы сульфат никеля – моноэтаноламин – вода при 25°C

Состав жидкой фазы, масс.%			Состав твердого остатка, масс.%			Кристаллизующаяся фаза
NH ₂ C ₂ H ₄ OH	NiSO ₄	H ₂ O	NH ₂ C ₂ H ₄ OH	NiSO ₄	H ₂ O	
1	2	3	4	5	6	7
-	39,92	60,08	-	55,10	44,90	NiSO ₄ ·7H ₂ O
2,20	40,86	56,94	0,90	49,78	49,32	- // -
4,88	41,93	53,19	2,05	48,85	49,10	- // -
6,17	43,16	50,67	2,10	52,12	45,78	- // -
7,79	43,62	48,59	3,84	50,25	45,91	- // -
10,15	47,18	42,67	3,53	51,94	44,53	- // -
10,13	47,34	42,53	12,50	52,05	39,55	NiSO ₄ ·7H ₂ O+ NH ₂ C ₂ H ₄ OH·NiSO ₄ ·7H ₂ O
10,38	47,40	42,22	14,82	46,18	39,00	NH ₂ C ₂ H ₄ OH·NiSO ₄ ·7H ₂ O
10,56	43,24	46,20	13,41	44,10	42,49	- // -
10,12	39,16	50,72	12,64	43,36	44,00	- // -
11,33	35,28	53,39	13,58	40,89	45,53	- // -
11,41	31,17	57,42	13,70	41,21	45,09	- // -
12,08	27,10	60,82	15,16	37,50	47,34	- // -
14,86	23,91	61,23	16,97	40,09	42,94	- // -
14,90	19,94	63,16	18,13	35,16	46,71	- // -
17,07	17,11	65,82	17,51	38,20	44,29	- // -
17,46	13,15	69,39	18,18	33,36	48,46	- // -
19,80	10,20	70,00	19,10	37,54	43,36	- // -

При сравнении ИК-спектров сульфата никеля и нового соединения состава NH₂C₂H₄OH·NiSO₄·7H₂O, можно пронаблюдать изменения в частотах колебаний функциональных групп отдельных компонентов. Наличие гидратной группы в сернокислой соли комплекса и в молекуле МЭА затрудняет анализ частот колебаний ОН-групп, т.к. они находятся в одной области спектра.

В ИК-спектре комплекса сильные интенсивные частоты в области 1092, 1148 см⁻¹ относятся к симметричным и ассиметричным колебаниям O=S=O молекул соли. Полоса при 825 см⁻¹ относится к валентным колебаниям S-O, а полоса в области 3564 см⁻¹ относится к валентным колебаниям аминогруппы (NH). Полосу при 3423 см⁻¹ можно отнести к валентным колебаниям ОН – группы молекулы воды.

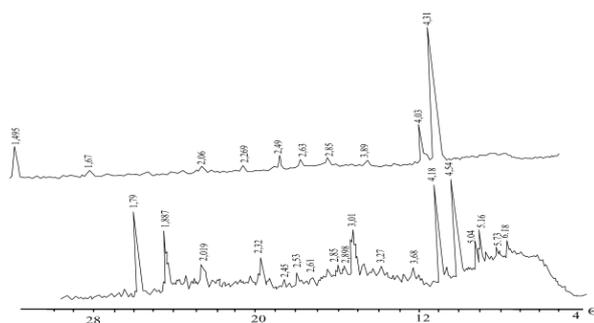


Рис. 2. Рентгенограмма соединений NiSO₄·7H₂O (а) и NH₂C₂H₄OH·NiSO₄·7H₂O (б).

Основные межплоскостные расстояния 1,495 Å и интенсивностью 100; 18,8; 7; 14,7. А для сульфата никеля имеет значение: 4,31; 4,03; 2,49; нового соединения NH₂C₂H₄OH·NiSO₄·7H₂O

характерными являются следующие дифракционные максимумы 4,57; 4,18; 1,887; 1,790 Å с интенсивностью: 100; 95,5; 52; 74, соответственно [9]. Наиболее интенсивные рефлексии на рентгенограмме новых соединений наблюдаются в области 5-25°C (рис. 2).

На дериватограмме $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (рис. 3.) ряд эндотермических эффектов при 155, 197, 409°C и экзотермические эффекты с выделением тепла при 364 и 650°C. Дегидратация соли начинается при температуре 120°C, когда температура доходит до 155°C удаляются две молекулы кристаллизационной воды, потеря в весе при этом составляет 14,20%. При 197°C удаляются четыре молекулы кристаллизационной воды, а при 409°C

полностью дегидратируется, потеря массы при этой температуре составляет 43,20%. Общая потеря массы при температуре 820°C составляет 46,15%. Разложение $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ протекает при температуре выше 800°C через образование NiSO_4 .

На дериватограмме нового соединения $\text{МЭА} \cdot \text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ наблюдается ряд эндотермических эффектов при 100, 150, 192, 310, 430, 560 и 660°C и экзотермические эффекты при 510, 595 и 745°C. Дегидратация нового соединения начинается при температуре 100°C, а при 150°C удаляются две молекулы кристаллизационной воды и в свою очередь наблюдается выделение аммиака, значит разложение моноэтаноламина.

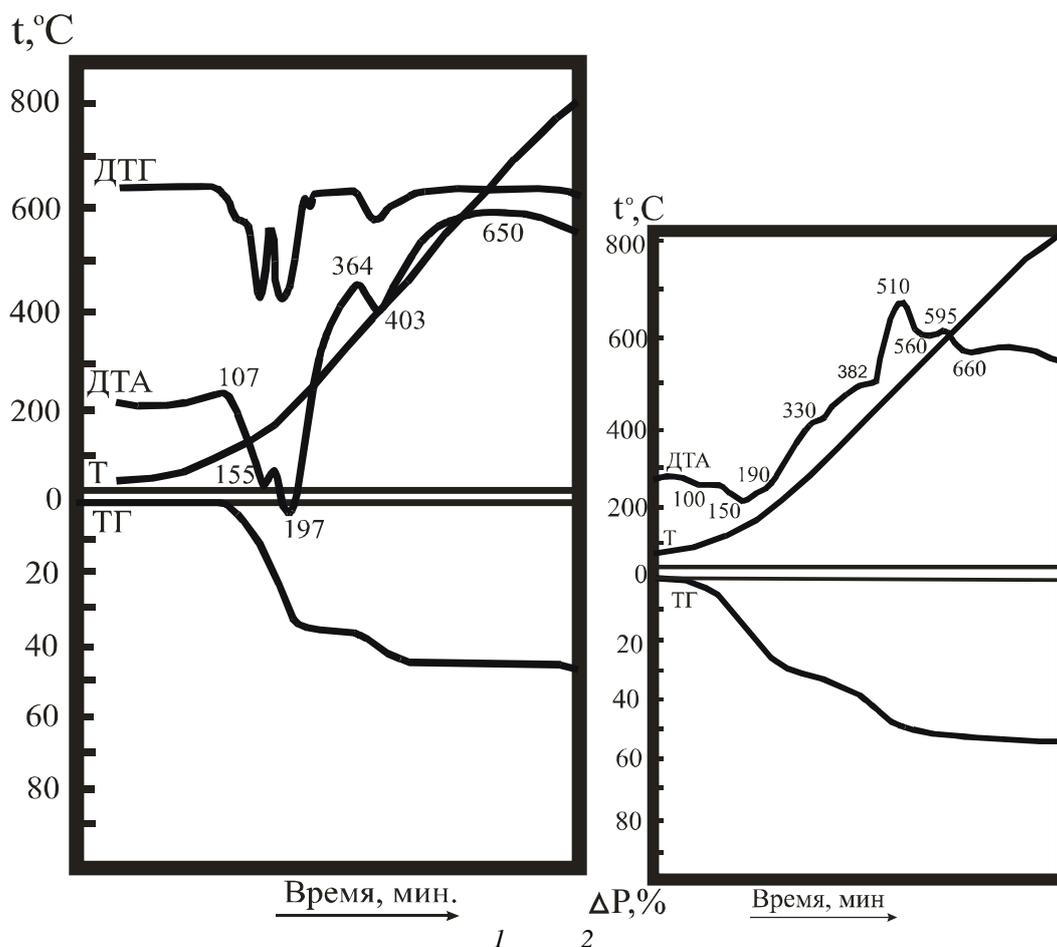


Рис. 3. Дериватограммы: 1) $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. 2) $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot \text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

При температуре 192°C удаляются три молекулы воды, потеря массы по кривой ТГ составляет 20,76%, вычислено 20,77%. В интервале температур 310-430°C потеря массы составляет 8,74%, при 430°C соединение полностью дегидратируется, т.е. удаляется семь молекул кристаллизационной воды. Разложение моноэтаноламина в присутствии сульфата никеля семиводного проходит более длительно по сравнению с разложением индивидуального моноэтаноламина. При температуре 745°C потеря массы по кривой ТГ составляет 48,09%. Дальнейшее повышение температуры связано

(выше 800°C) с разложением сульфата никеля общая потеря веса при 840°C составляет 54,64%.

Выводы. Проведенные физико-химические исследования по изучению взаимодействия и растворимости моноэтаноламина со сульфатом никеля, синтез новых соединений на их основе и выявление их эффективности в сельскохозяйственном производстве в качестве стимуляторов роста и развития растений послужили основой для разработки технологии получения ростовых препаратов нового поколения полифункционального действия.

Агрохимические испытания стимуляторов полифункционального действия, проведенные в

различных почвенно-климатических условиях Узбекистана, однозначно позволяют сделать вывод об их перспективности. Опыты, проведенных в Ташкентской, Сырдарьинской областях, позволили получить дополнительно 3-4 ц/га хлопка-сырца по сравнению с контролем.

Список литературы

1. Исабаев З., Сайбова М.Т. Система моноаммонийфосфат – моноэтанолламин – вода при 50°C.// Ж.неорг.химии, т.32, №8. 1987. С. 2035-2037.
2. Исабаев З., Сайбова М.Т., Аскарлова М.К. Система диаммонийфосфат – моноэтанолламин – вода при 25 и 50°C.// Журн.неорг.химии, т.27, №9. 1982. С. 2421-2425.
3. Нарходжаев А.Х., Исабаев З., Тухтаев С. Физико-химические основы получения комплексных удобрений с физиологически активными веществами.// Республиканская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы химической переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов» Материалы конференции. Ташкент-2006, С.137-139.
4. Исабаев З., Казакбаева Д.А., Шасаидова Д., Закиров Б.С. Изотерма растворимости системы

сульфат меди – моноэтанолламин – вода при 40°C.// Доклады АНРУз, №2, 2002. С. 36-37.

5. Исабаев Д.З., Закиров Б.С., Исабаев З. Изотерма растворимости системы сульфат цинка – фосфат этанолламин – вода при 25°C.// Республиканская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы химической переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов» Материалы конференции. Ташкент- 2006, С.144-146.
6. ГОСТ 20851.1-75 –ГОСТ 20851.4-75 Удобрения минеральные. Методы анализа. 1976. 56 с.
7. Климова В.А. Основные микрометоды анализа органических соединений.// Изд.второе, М.: «Химия», 1975. 223 с.
8. Blagrov R.J., Oruen Z.C. Mikrochimica. acta. №4.1971. 639 pp.
9. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ поликристаллов [Электронный ресурс] : лаб. практикум: в 2-х ч. / Сиб. федерал. ун-т; сост.: И. С. Якимов, П. С. Дубинин, А. Н. Залого. Ч. 2 : Количественный рентгенофазовый анализ, 2012. - Текст : электронный.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА СИСТЕМЫ AL-LA-V НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНА В СПЛАВЕ 8079

Костин И.В.¹, Крохин А.Ю.¹, Юрьев П.О.², Лащухин Н.С.³
 1 – АО «РАМ», 2 - ФГАО «СФУ», 3 - ООО «РУСАЛ ИТЦ»
 DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2052

Ключевые слова: Модификатор Al-La-V, микроструктуры

Краткое содержание

В данной статье в качестве объекта исследования используется модификатор системы алюминий-лантан-бор и его количественное влияние на зеренную структуру алюминиевого сплава для упаковочной фольги. Исследовано качество модифицирующего прутка и его элементный состав. Изучено влияние количества вводимого модификатора на микроструктуру алюминиевого сплава 8079 методом ТР-1. Полученные результаты показывают, что введение модификатора Al-La-V позволяет измельчить зерно алюминиевого сплава 8079 более чем в два раза, по сравнению с исходным образцом.

1. Введение

Измельчение зерна способствует повышению механических свойств сплавов. В настоящее время для измельчения зерна в алюминиевых сплавах применяются модификаторы таких систем как Al-Ti, Al-Ti-B, Al-Zr, Al-Ti-C и др. [1-3].

Наибольшее распространение среди них получил прутковый модификатор системы Al-Ti-B, также он является наиболее изученным [4-9]. Наряду с модифицирующими частицами Al₃Ti и

TiB₂ все большую популярность приобретают редкоземельные элементы, к примеру, Y, Re, In, Yb и пр, в связи с проявлением у этих элементов сильных поверхностно-активных свойств. Одним из таких элементов является La как наиболее экономически доступный. Большинство исследователей применяют La совместно с другими элементами, такими как Sr, B, Mg [10-12]. Также существуют работы по изучению совместного использования La с известными модификаторами Al-Ti-B и Al-Ti-C [13-14] для алюминиевых сплавов 6XXX серии.

В данной работе приведен первый этап по изучению влияния модификатора Al-La-V на измельчение зерна в сплаве 8079, широко применяемом для производства упаковочной фольги. Данный сплав очень чувствителен к качествам легирующих материалов, поэтому в статье также приводятся результаты анализа качества прутковой лигатуры.

2. Материалы и методы

В качестве объекта исследований был выбран промышленный не модифицированный сплав 8079 следующего химического состава:

Таблица 1.

Основной химический состав сплава 8079

Элемент	Si	Fe	Mn	Mg	B	Pb	Zn	Zr	Ti	Cu	Al
мас. %	0,06	1,04	0,02	0,004	0,0003	0,0009	0,008	0,0003	0,02	0,002	99,93

Модифицирующий пруток коммерческого производства системы Al-La-B. Химический состав представлен в таблице 2.

Таблица 2.

Химический состав модификатора

Элемент	La	B	Ti	Si	Fe	V	Прочее
мас. %	2,97	1,21	0,41	0,08	0,15	0,026	≤0,10

Для исследования полученной микроструктуры образцов и качества модифицирующей лигатуры использовали инвертированный металлографический микроскоп ZEISS Axio Observer (OM – оптическая микроскопия) с программным комплексом металлографического анализа Thixomet.PRO, электронный микроскоп «FEI Quanta FEG 650» (SEM – сканирующая электронная микроскопия), энергодисперсионный спектрометр X-MaxN SDD (EDS – энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия).

Для получения фотографий образцов в качестве вспомогательного оборудования использовали макростенд Kaiser eVision; фотоаппарат Canon EOS 700D.

Литые образцы для исследований получали по стандартной процедуре АА TP-1.

3. Результаты

Прутковая лигатура представляет собой пруток диаметром 9,5 мм. Внешний вид представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид модификатора Al-La-B

Исследования показали, что микроструктура лигатурных прутков из сплава Al-La-B состоит из твердого раствора на основе алюминия $\alpha(\text{Al})$, фазы LaB_6 и включений частиц TixCuAlz (со следами Fe, La, V).

На микроструктуре лигатурного прутка фаза LaB_6 имеет розовый оттенок, включения частиц TixCuAlz (со следами Fe, La, V) серого цвета имеют

вид многогранников. Средний размер LaB_6 составляет 1,15 мкм, TixCuAlz 0,63 мкм. Расположены в основном совместно друг с другом, распределены неравномерно по сечению в виде отдельных мелких и укрупнённых кристаллов, а также в виде множественных грубых строчечных скоплений, ориентированных вдоль направления деформации лигатурного прутка (рис. 2-3).

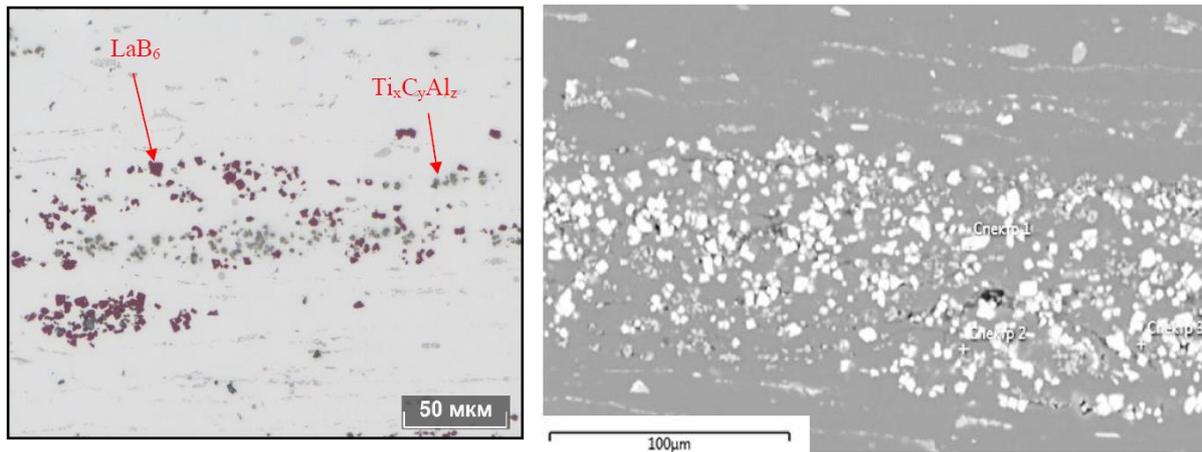
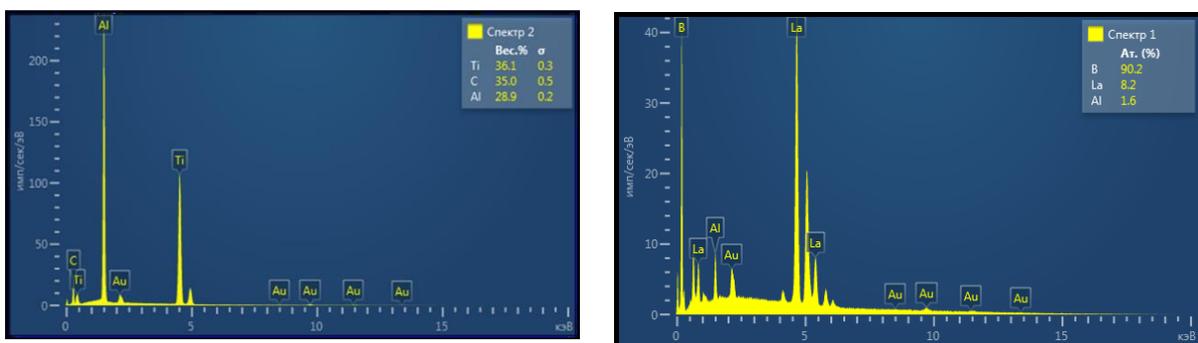


Рисунок 2 – результаты SEM анализа по идентификации частиц LaB_6 и $Ti_xC_yAl_z$



	Вес.%
B	90,2
La	8,2
Al	1,6

	Вес.%
Ti	36,1
C	35,0
Al	28,9

Рисунок 3 – результаты EDS-анализа

В структуре исследуемого модифицирующего прутка присутствуют множественные дефекты в виде оксидных плен (рис. 4) неметаллических включений. Неметаллические включения в

основном являются недоусвоенными крупными частицами фазы AlB_{12} с размерами от 56 до 900 мкм. Оксидные пленки представлены минимальной длиной 109 мкм и максимальной 5829 мкм.

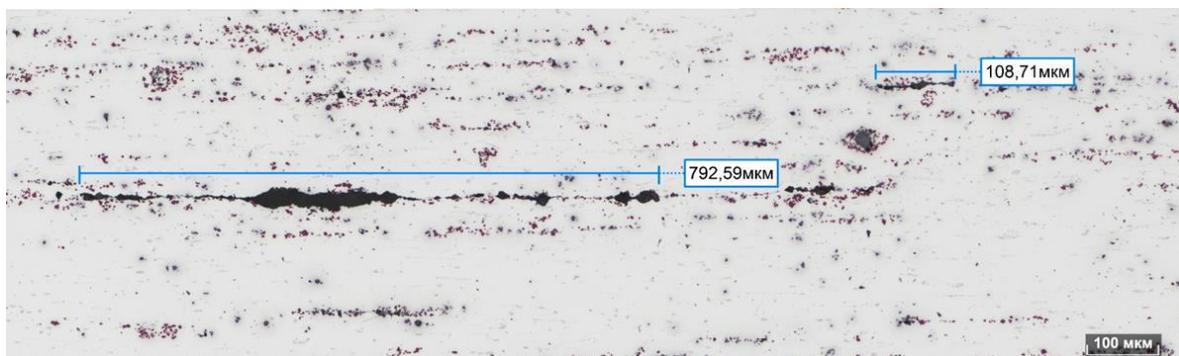


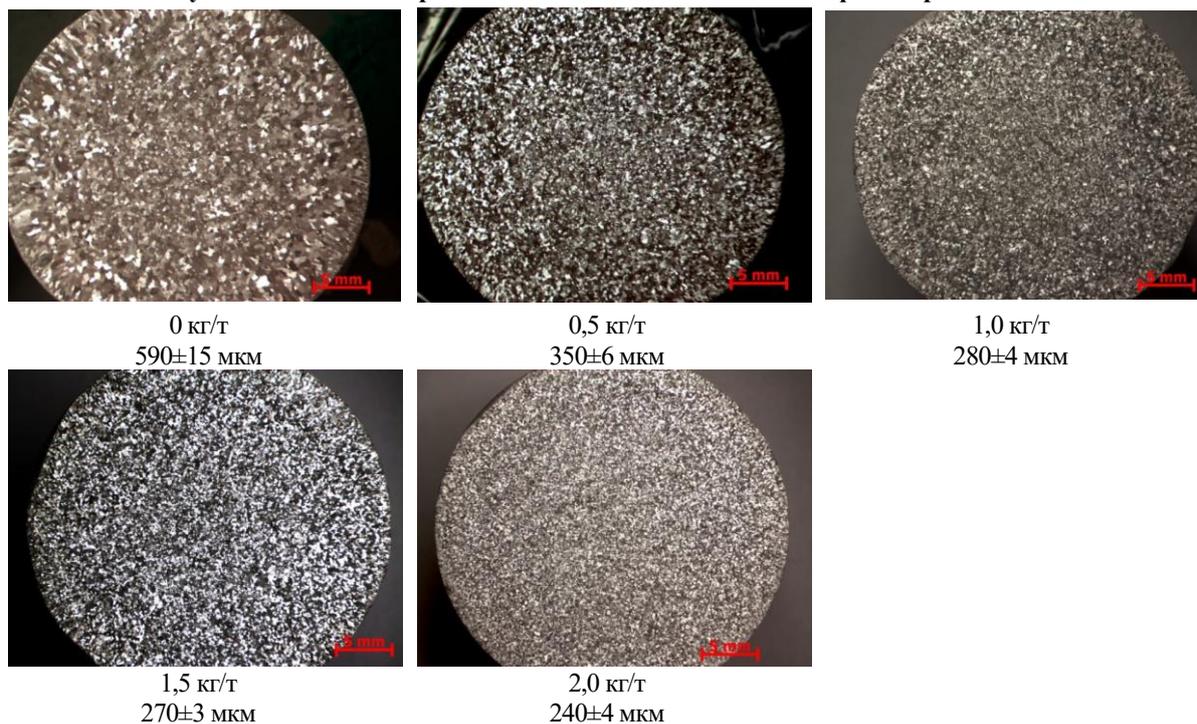
Рисунок 4 – Оксидные пленки в структуре прутковой лигатуры

Для анализа степени измельчения зеренной структуры сплава 8079 были проведены пробы по стандартной процедуре АА ТР-1 с разным

расходом. Результаты анализа макроструктуры представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты анализа проб сплава 8079 с добавками модификатора Al-La-B

**4. Выводы**

При исследовании, относительно недавно появившегося, коммерческого пруткового модификатора Al-La-B были обнаружены структурные дефекты в виде оксидных плен и недоусвоенных неметаллических включений, что является критичным фактором при производстве алюминиевых сплавов для тонкого проката.

Множественные частицы LaB_6 и присутствующие частицы TixCuAlz в составе модификатора положительно влияют на измельчение зерна в сплаве 8079, наибольший эффект был достигнут при расходе 2,0 кг/т модификатора. По сравнению с исходным размером зерно измельчилось в 2,4 раза. Стоит отметить, что добавление модификатора в таком объеме требует экономической обоснованности при промышленном применении. Также необходимо учитывать фактор достаточности при измельчении размеров зерна.

Ссылки

1. Qusted, T.E. Understanding mechanisms of grain refinement of aluminum alloys by inoculation. *Mater. Sci. Technol.* 2013, 20, 1357–1369.
2. Wang, Y.; Fang, C.M.; Zhou, L.; Hashimoto, T.; Zhou, X.; Ramasse, Q.M.; Fan, Z. Mechanism for Zr poisoning of Al-Ti-B based grain refiners. *Acta Mater.* 2019, 164, 428–439.
3. Safyari, M.; Moshtaghi, M.; Hojo, T.; Akiyama, E. Mechanisms of hydrogen embrittlement in high-strength aluminum alloys containing coherent or incoherent dispersoids. *Corros. Sci.* 2022, 194, 109895.

4. Maxwell, I.; Hellawell, A. A simple model for grain refinement during solidification. *Acta Metall.* 1975, 23, 229–237.

5. Greer, A.L.; Bunn, A.M.; Tronche, A.; Evans, P.V.; Bristow, D.J. Modelling of inoculation of metallic melts: Application to grain refinement of aluminum by Al-Ti-B. *Acta Mater.* 2000, 48, 2823–2835.

6. Easton, M.A.; Stjohn, D.H. A model of grain refinement incorporating alloy constitution and potency of heterogeneous nucleant particles. *Acta Mater.* 2001, 49, 1867–1878.

7. Qian, M.; Cao, P.; Easton, M.A.; McDonald, S.D.; Stjohn, D.H. An analytical model for constitutional supercooling-driven grain formation and grain size prediction. *Acta Mater.* 2010, 58, 3262–3270.

8. Stjohn, D.H.; Qian, M.; Easton, M.A.; Cao, P. The interdependence theory: The relationship between grain formation and nucleant selection. *Acta Mater.* 2011, 59, 4907–4921.

9. Prasad, A.; Yuan, L.; Lee, P.D.; Stjohn, D.H. The interdependence model of grain nucleation: A numerical analysis of the Nucleation-Free Zone. *Acta Mater.* 2013, 61, 5914–5927.

10. Chen, Y.; Pan, Y.; Lu, T.; Tao, S.; Wu, J. Effects of combinative addition of lanthanum and boron on grain refinement of Al-Si casting alloys. *Mater. Des.* 2014, 64, 423–426.

11. Li, D.; Cui, C.; Wang, X.; Wang, Q.; Chen, C.; Liu, S. Microstructure evolution and enhanced mechanical properties of eutectic Al-Si die cast alloy by combined alloying Mg and La. *Mater. Des.* 2016, 90, 820–828.

12. Qiu, C.; Miao, S.; Li, X.; Xia, X.; Ding, J.; Wang, Y.; Zhao, W. Synergistic effect of Sr and La on

the microstructure and mechanical properties of A356.2 alloy. Mater. Des. 2017, 114, 563–571.

13. DingWW, XuCand Hou XG2018 Preparation and synthesis thermokinetics of novel Al-Ti-C-La master alloys J. Alloys Compd. 12

1–11

14. Synergistic Effect of La and TiB₂ Particles on Grain Refinement in Aluminum Alloy Lili Zhang, Yan Song, Linjie Yang, Jiuzhou Zhao, Jie He, Hongxiang Jiang Materials 2022, 15, 1-9.

УДК 623.31

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВОК И ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Мизин А.И.

(г. Москва ВЭИ-филиал «ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ»)

Сокирко Т.И.

(г. Москва АО «НоваВинд»)

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF POWER INSTALLATIONS AND ENERGY COMPLEXES BASED ON RENEWABLE ENERGY

Mizin A.I.

(Moscow VEI-branch "RFNC-VNIITF")

Sokirko T.I. (Moscow JSC NovaWind)

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2066

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены перспективы развития малой энергетики в России и мире. Описаны преимущества использования энергоустановок и энергокомплексов на базе возобновляемых источников энергии и недостатки использования традиционных средств большой энергетики. На основе анализа карт солнечной инсоляции и среднегодовых ветров России по федеральным округам сделаны выводы о рациональности применения солнечных панелей и ветроэнергоустановок.

ABSTRACT

The prospects for the development of small-scale energy in Russia and the world are considered. The advantages of using power plants and energy complexes based on renewable energy sources and the disadvantages of using traditional means of large-scale energy are described. Based on an analysis of maps of solar insolation and average annual winds in Russia for federal districts, conclusions were drawn about the rationality of using solar panels and wind power plants.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечные панели, ветрогенераторы, малая энергетика, мобильные подстанции.

Key words: renewable energy sources, solar panels, wind generators, small-scale energy.

ВВЕДЕНИЕ

По мере развития мировой экономики на арену общепланетарного мирового энергетического рынка всё более весомо и убедительно выходит малая энергетика (МЭ). Объективные причины повсеместно происходящего процесса лежат:

- В желании хозяйствующих субъектов обрести всё большую экономическую самостоятельность и независимость от централизованных систем энергоснабжения;

- В стремлении общества решить проблему одного из главных вызовов современности – обеспечить в ближайшие десятилетия декарбонизацию мировой экономики.

Именно отсюда и вытекает парадигма нахождения путей решения указанных проблем средствами МЭ. Техническими агрегатами и

устройствами весьма малых (даже миниатюрных) по сравнению с объектами традиционной энергетики размеров, обещающих к тому же уход от загрязнения атмосферы парниковыми газами и другие экологические блага. Перспектива весьма заманчивая и вполне даже осуществимая, несмотря на все сопровождающие её трудности и сложности.

Как такового, общепризнанного термина «малая энергетика» не существует. Опираясь на большой международный опыт, многие авторы подразумевают под этим понятием сегмент энергохозяйства, сформированный на основе генерирующих установок и генерирующих комплексов, часто функционирующий локально – без подключения к централизованным сетям – путём использования традиционных видов топлива или возобновляемых энергетических ресурсов (ВИЭ). [1]

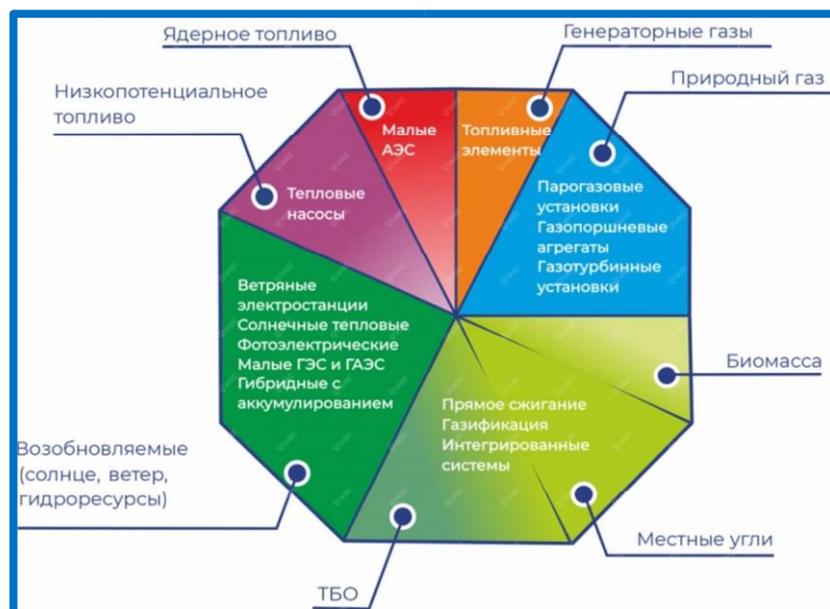


Рисунок 1. Ресурсы и состав технологий распределенной генерации энергии.

В 2011 году ООН была выдвинута инициатива, получившая название «Устойчивая энергетика для всех». Указанная инициатива в качестве средства достижения к 2030 году всеобщей доступности «к надёжным, недорогим, устойчивым и современным источникам энергии» подразумевает удвоение доли ВИЭ (возобновляемых источников энергии), а также удвоение энергетической эффективности в энергетическом балансе мировой экономики. Выполнять её предстоит в условиях постоянного сокращения выбросов парниковых газов с целью достижения к 2050 году углеродной нейтральности – концепции, принятой в 2015 году в рамках Парижских климатических соглашений.

В результате принятой инициативы, следующий 2012 год стал годом устойчивой энергетики для всех

Это и определяет исключительную важность дальнейшего развития малой энергетики, как оптимального средства по претворению указанных целей. Достаточно весомой альтернативы ей на горизонте близлежащих перспектив в области мировой энергетики сегодня не наблюдается.

Для потребителя, вплотную не занятого вопросами экономики собственного энергохозяйства, не имеет никакого значения: откуда поступает к нему электроэнергия и тепло. Ему даже лучше иметь дело с централизованными системами энергоснабжения, гарантирующими надёжность и бесперебойность поставки всех видов потребляемой энергии. Что и привело к развитию большой районной, региональной энергетики с разветвлённой системой энергоснабжения. Особенно сильно это наблюдалось и наблюдается в местах залежей энергетических ресурсов (угля, торфа, нефти, газа), в местах наличия гидроресурсов (на реках и озёрах) а также там, где были сосредоточены производственные мощности и большое количество населения (в мегаполисах). Ведь чем больше мощностей можно

сконцентрировать в одной точке, тем эффективнее будут капиталовложения.

Другое дело, когда хозяйствующий субъект начинает принимать на себя функции предпринимателя (юридического лица) и становится потребителем всё больших объёмов энергии. Или в случаях значительного отдаления от систем централизованного снабжения (локальные населённые пункты, места добычи полезных ископаемых). Вот здесь на помощь ему и приходит МЭ, дающая возможность малыми техническими средствами получить доступ к дешёвой электроэнергии и теплу.

Важность вопросов экономики малой энергетики заставляет специалистов неуклонно повышать свою квалификацию в этой области.

Зарождение и развитие малой энергетики на протяжении веков шло в рамках возникновения и становления энергетики. Практически с самого начала возникновения человеческой цивилизации наши далёкие предки приступили к использованию внутренней тепловой энергии горючих материалов, изыскивая самые оптимальные виды топлива как биологического, так позднее и углеводородного. Они сумели поставить себе на службу силу ветра и энергию движущейся воды. Осваивая земные недра, смогли оценить горючие свойства торфа, угля, горючих сланцев, нефти и природного газа.

Тогда ещё никто не подразделял энергетику на малую и большую. Произошло это значительно позднее – после открытия и освоения электрической энергии, позволившей вырабатывать и передавать на значительные расстояния большие мощности. Основу их генерации составляли и продолжают составлять каменный уголь, нефть, газ, гидроэнергия, чуть позже – атомная энергия. Что и позволило строить крупные электростанции.

Лет 50-60 назад о МЭ рассуждали лишь в теоретическом плане. Но время идёт. Происходящие на планете политические,

экономические, научно-технические, глобально-экологические процессы заставили поновому взглянуть на малую энергетику. Начиная со второй половины XXго века, она начала проявлять себя в новом аспекте. На рынке появились первые солнечные батареи, о создании которых 25 апреля 1954 года публично заявили представители компании «Bell Laboratories».

В дальнейшем мир потряс нефтяной кризис 1973 года, позднее он испытал чернобыльскую катастрофу, трагедию в Фукусиме. События, что заставили самым серьёзным образом обратить внимание общественности на ветроэнергетику, малую гидроэнергетику, небольшие по мощности локальные генерирующие установки. Этому способствовали достижения научно-технического прогресса, стремление освоить малодоступные территории, а также достижение объектами малой энергетики высокого уровня конкурентоспособности. В силу угрозы глобальной экологической катастрофы планетарного масштаба и ряда других причин мир энергетики вынужден был переключиться на возобновляемые источники энергии. Что даёт малая энергетика пользователю:

- Экологичность, определяемую потреблением ВИЭ, вторичных ресурсов: бытовых и производственных отходов, биотоплива, водорода.

- Эффективность на основе одновременной выработки электроэнергии и тепла (при тригенерации ещё и холода), совмещаемых с эффективной загрузкой генерирующих мощностей, ростом коэффициента использования мощности и сокращением потерь на транспортировку энергии.

- Экономичность за счёт отсутствия сетевой составляющей и сбытовых надбавок на отпуск электрической и тепловой энергии, а также за счёт снижения стоимости топливной составляющей.

- Автономность, то есть независимость от централизованного энергоснабжения.

Вводимые новые мощности распределённой генерации, стали превосходить ежегодно вводимые в строй мощности генерации централизованной. Помимо возобновляемых источников энергии (ВИЭ) средства малой энергетики стали включать в себя:

- Технологии, что основаны на природном газе (ГПД, ГТУ, ПГУ и ТЭ),
- Маломощные атомные станции (АСММ),
- Микротурбины,
- Газопоршневые установки,
- Двигатели Стирлинга,
- Роторнопластные двигатели,
- Гравитационные, инерционные, химические накопители энергии,
- Агрегаты по использованию биотоплива и водорода,
- Когенерационные и тригенерационные установки.

Согласно данным компании SCC Research к 2015 году рынок распределённой генерации (основу которого составляет малая энергетика) достиг 65,8 млрд \$. Вполне ожидаемого, что тенденция его постоянного прироста продолжится и ближайшем будущем.

При ежегодном увеличении на 11,9% к 2026 году рынок распределённой генерации вполне может достичь 130,26 млрд \$. ВИЭ: по истечении двух десятилетий XXI века суммарная установленная мощность всех ветрогенераторов достигла 743 ГВт, а солнечных панелей – 760 ГВт.

Отрадно отметить факт поддержки внедрения средств МЭ на государственном и общественном уровне. Так, в нашей стране помимо чисто законодательных основ к 2010 году в городе Челябинске была основана Российская ассоциация малой энергетики (РАМЕ). Структура, объединяющая в сейчас свыше трёх тысяч специалистов и развернувшая сотрудничество с ведущими мировыми организациями энергетической отрасли. А в 2016 году участниками российского энергорынка создана Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), которая представляет интересы участников сектора ВИЭ и водородной энергетики в России и ведет деятельность по формированию благоприятного инвестиционного климата и популяризации использования

возобновляемых источников энергии и низкоуглеродного водорода. [2]

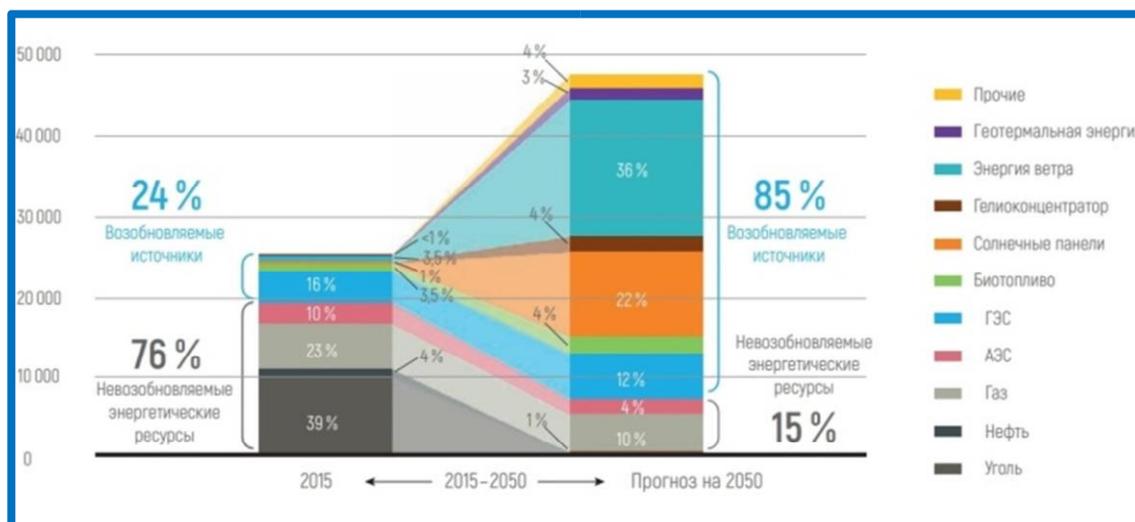


Рисунок 2. Источники генерации электроэнергии (Твт ·ч/год)

Наибольшее распространение малая энергетика получает там, где нет доступа к централизованному снабжению тепловой и электрической энергией. Сюда относятся географические места, не обладающие значительными запасами углеводородов, удалённые и труднодоступные территории, локализованные объекты, куда по тем или иным причинам не проведено электричество и тепло. Это – с одной стороны. С другой стороны – сюда можно приплюсовать достаточно перспективные в плане освоения невозобновляемых и возобновляемых природных энергоресурсов места, не обладающие пока высоким уровнем энергопотребления.

Иногда играют роль сложившаяся политическая и экономическая ситуация, заставляющая страны и местности активно прибегать к средствам и возможностям МЭ.

Наглядным примером чего может служить Западная Европа, оставшаяся без достаточного количества поступающих из России углеводородов по ряду причин политического характера. Хотя гораздо больший интерес представляют Исландия и Дания. Первая из них до 1970х годов производила 75% энергии, сжигая нефть и уголь. Произошедший в те годы арабо-израильский конфликт, что привёл к повышению цен на нефть на 70%, заставил страну активно развивать гидроэнергетику и осваивать геотермальные источники. Последовательно проводимая линия привела к тому, что Исландия обеспечивает свои нужды на 80% за счёт ВИЭ, а доля традиционных углеводородов в энергобалансе страны составляет только 0,5%. При этом она занимает первое место в мире по производству электроэнергии на душу населения.

Исландия – страна чистой и надёжной энергии. Такие же процессы можно наблюдать в Дании, где почти 40% вырабатываемой электроэнергии приходится на долю ветряных турбин. Важным дополнением им на энергетическом поле деятельности служат биогазовые реакторы и

перерабатывающие отходы установки, что обеспечивает ещё 4% генерации для 6 млн жителей страны. Есть другие примеры:

- Португалия. Здесь уже в 2010 году 10 млн человек смогли обеспечить свои электроэнергетические нужды за счёт местных ВИЭ.

- Испания умудряется на одну треть обеспечивать себя энергией за счёт работы тех же возобновляемых источников энергии.

Согласно данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии Китай является мировым лидером в области ветроэнергетики. В списке лидеров также США, Германия и Индия. При этом за последние 10 лет самый большой прирост ветроэнергетических мощностей наблюдается именно в Китае. Благодаря большому массиву суши и протяженной береговой линии Китай обладает исключительными ресурсами ветроэнергетики. [3]

При выборе места для строительства ветропарков обычно учитывают множество факторов. Ветровые и климатические условия, возможность подключения к объектам сетевой инфраструктуры, транспортная доступность локации, влияние на качество жизни населения. Ветропарки строят на суше и в море. Отличительными особенностями развития ветроэнергетики последнего десятилетия являются перенос вводов основных объемов ВЭС в новые регионы развития (Азия и Индия), а также быстрое наращивание строительства ВЭС морского базирования. Установленная мощность таких ВЭС в мире на 2020 год составила: 166 801 МВт. В лидеры по суммарной установленной мощности этого типа станций вошли Великобритания, Германия, Китай, Дания, Бельгия.

Развитие МЭ в России пока что не приняло таких впечатляющих масштабов (сказываются значительные запасы углеводородных ресурсов и глобальная централизация энергетики), хотя

процесс – весьма активно поддерживаемый на государственном и общественном уровне – набирает силу.

В области малой энергетики перед нашей страной открываются заманчивые перспективы, объясняемые наличием значительного количества

возобновляемых энергетических ресурсов и необходимостью дальнейшего освоения Европейского Севера России, Сибири, Дальнего Востока, Заполярья, российской территории Арктики.



Рисунок 3. Российский сегмент ВИЭ-генерации

Рассматривая традиционные средства большой энергетики, легко убедиться, что:

- ТЭЦ постоянно сжигают уголь, нефтепродукты (мазут), природный газ, расходуя тем самым невозобновляемые топливные природные ресурсы, сопровождаая всё это выбросом парниковых газов в атмосферу.

- ГЭС для собственного сооружения требуют затопления значительных территорий, негативным образом воздействуя на водную среду рек и озёр.

- АЭС представляют значительную угрозу в случае аварий, что очень убедительно продемонстрировали Чернобыль и Фукусима. Кроме того, они создают проблему переработки и утилизации ядерных отходов.

- ЛЭП занимают миллионы гектаров земель, подчас выводя из экономического оборота большие и весьма нужные в хозяйственном отношении площади.

Процесс перемещения огромных объёмов топлива вызывает отчуждение под автомобильные, железные дороги и трубопроводы значительных территорий и загрязняет близлежащую местность.

В то время как средства МЭ, используя возобновляемые ресурсы и нередко, будучи

максимально приближены источникам топлива и потребителям энергии, почти полностью лишены всех указанных недостатков.

Роль малой энергетики в существовании и дальнейшем развитии социума будет только возрастать. Уже сейчас она играет ключевую роль в энергетике ряда стран. А в дальнейшем потребность в ней будет только увеличиваться.

Аргументы здесь очевидны:

- Глобальный энергетический кризис имеет тенденцию к дальнейшему нарастанию и углублению.

- Потребление всех видов энергии непрерывно растёт.

- Ископаемое топливо неуклонно и беспрерывно дорожает.

- Связанная с глобальным изменением климата ситуация требует принятия срочных и чрезвычайных мер.

- По мере продвижения научно-технического прогресса открываются всё возможности по созданию наиболее прогрессивных технологий в области МЭ.



Рисунок 4. Структура вредного влияния топливно-энергетического комплекса на окружающую среду

Дальнейшие перспективы МЭ ясно просматриваются. К 2019 году энергодолг баланс более чем 30 стран мира был на 1/5 представлен возобновляемой энергией. В самые ближайшие годы количество таких государств, включая обязательный Европейский союз, должно возрасти до 120. Ещё в 1998 году Исландия была первенцем на путях перехода к 100% возобновляемой энергии (в абсолютном большинстве своём представленной средствами и технологиями МЭ). В 2003 году её инициатива была подхвачена Японией, а в 2011 году – Австралией.

Практически вся электроэнергия, что потребляют Албания, Исландия и Парагвай – из возобновляемых источников. Примерно такая же ситуация в Норвегии, где 97% электричества поступает за счёт гидроэнергии. Подобных результатов к 2030 году хочет добиться и Великобритания. Французские города Париж и Страсбург планируют полностью удовлетворять свои потребности в энергии за счёт малой энергетики и возобновляемых ресурсов к 2050 году.

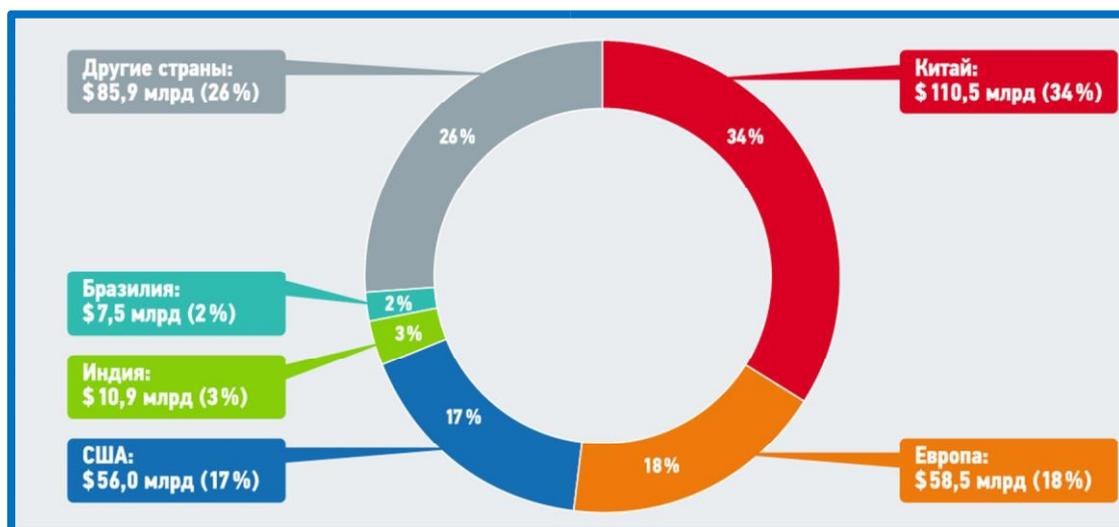


Рисунок 5. Инвестиции в ВИЭ по странам мира в 2015 году

На протяжении 2020-2045 годов мировой экономике предстоит израсходовать примерно 8 трлн \$ на то, чтобы продлить процесс использования невозобновляемых энергоресурсов. Однако вполне ожидаемо, что проблема в значительной степени будет решена за счёт

перехода на ВИЭ. Проводимые и опубликованные на страницах авторитетных изданий исследования свидетельствуют, что при должной государственной поддержке глобальный общемировой переход целиком на возобновляемые источники энергии вполне возможен и осуществим.

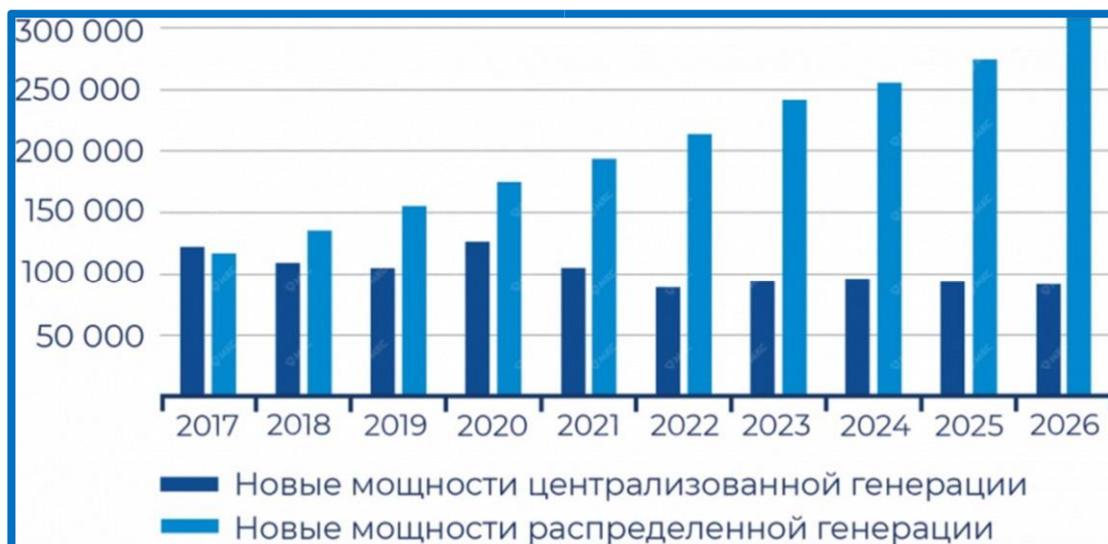


Рисунок 6. Прогноз ввода новых мощностей централизованной и распределённой генерации в мире (МВт)

В нашей стране малая энергетика не приобрела пока что таких масштабов развития, как во многих других странах мира. Хотя Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. рассматривает вопросы развития МЭ в качестве одного из основных приоритетов.

Россия на сегодняшний день находится на 64 месте в мире по приросту ветроэнергетических мощностей. По данным Системного оператора Единой Энергетической Системы России по состоянию на апрель 2022 года общий объем введенных ветроэнергетических мощностей в России составил чуть меньше 2 ГВт. Это порядка 2% от общего объема установленной энергетической мощности нашей страны. [3]

Актуальность создания автономных энергоисточников на базе ВИЭ обусловлена требованиями законодательства в части энергосбережения и повышения эффективности использования природных ресурсов [4], а также требованиями импортозамещения изделий зарубежных производителей современными энергоустановками российского производства.

Учитывая актуальность и перспективность комплексного подхода к развитию и реконструкции систем энергообеспечения технологических объектов предлагается рассмотреть вопросы

создания энергоустановок и энергокомплексов на базе ВИЭ. [5]

Возобновляемая энергетика представлена в России восьмью технологическими направлениями: энергия солнца; энергия ветра; энергия геотермальных подземных источников; гидроэнергетика; энергия, получаемая при переработке биомассы и отходов; биогаз; газ, выделяемый отходами на свалках; энергия приливов. [6] Наибольшее развитие из них получили возобновляемые источники энергии на основе солнца и ветра. На рисунках 7 и 8 показаны карты солнечной инсоляции [7] по продолжительности от времени суток и по мощности на 1 м² солнечных батарей в зависимости от территории.

При анализе обеих карт солнечной инсоляции по продолжительности и мощности на функциональность и из-за особенности работы панелей только днем и ясное время суток - влияют погодные факторы, которые, в свою очередь, находятся вне нашего контроля, применение только солнечных панелей в качестве основного источника электроснабжения является неэффективной на значительной территории России.

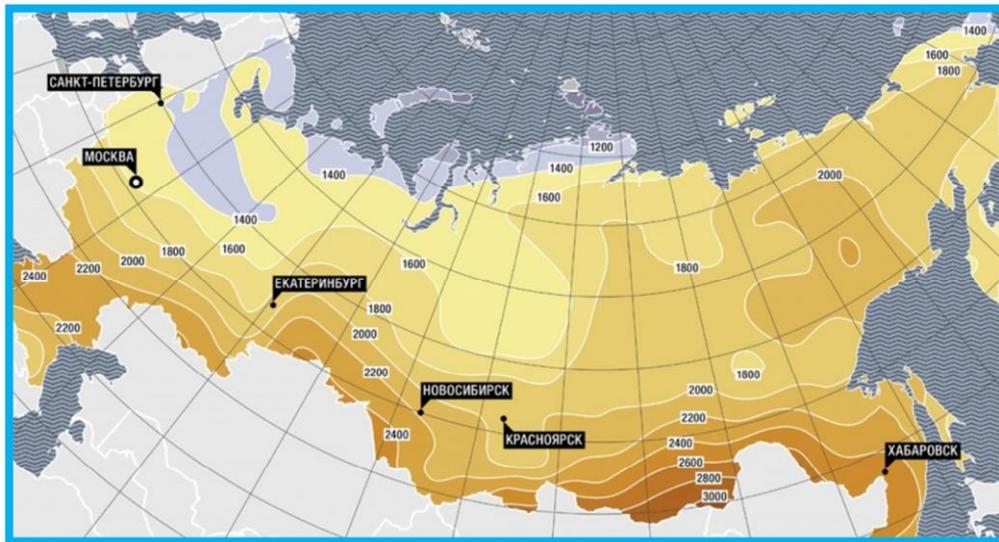


Рисунок 7. Карта солнечной инсоляции по продолжительности от времени суток

Поскольку величина излучения непостоянна, так называемая энергоэффективность применения приближается к 20-25 %. В этом случае мы не можем повлиять на этот дефект, поэтому стоит иметь в запасе другой источник энергии — например ветро-генератор и аккумуляторные батареи большой мощности. Карта среднегодовых ветров России по федеральным округам в зависимости от территории [8] показана на рисунке 9.

Аналогичным образом применение только ветро-генераторов в качестве основного источника электроснабжения является неэффективным -

вливают погодные факторы (предугадать, насколько сильным будет ветер, и будет ли он дуть вообще, невозможно), которые, в свою очередь, находятся вне нашего контроля и эффективность применение только ветро-генератора в качестве основного источника электроснабжения на значительной территории России приближается к 30-35 %. В этом случае мы не можем повлиять на этот дефект, поэтому стоит иметь в запасе другой источник энергии — например солнечные панели большой площади и аккумуляторные батареи, которые могли бы обеспечить потребителей энергией в отсутствие ветра.

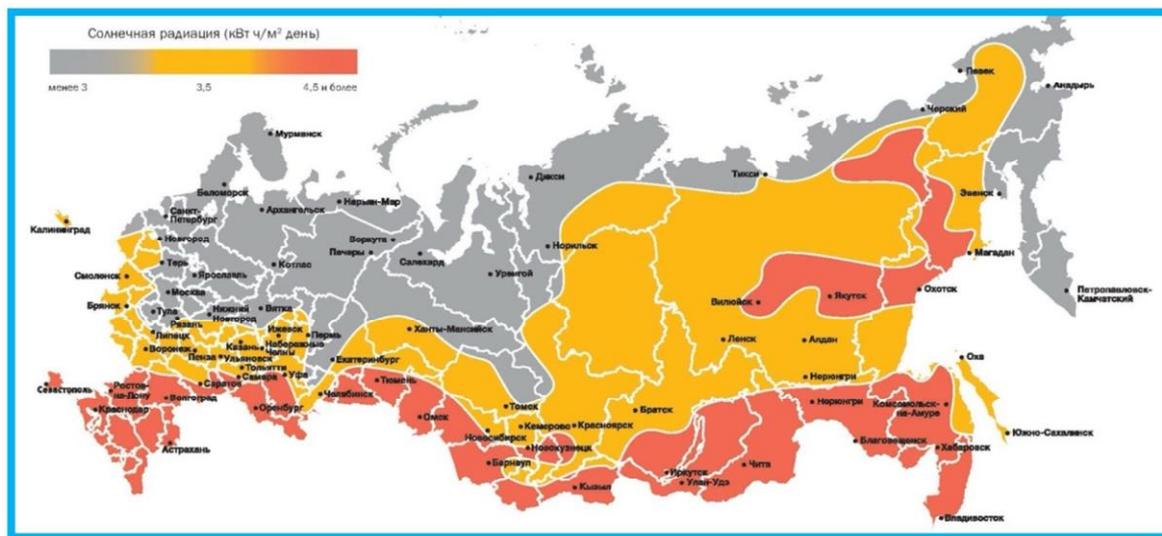


Рисунок 8. Карта солнечной инсоляции по мощности на 1 м² солнечных батарей в зависимости от территории

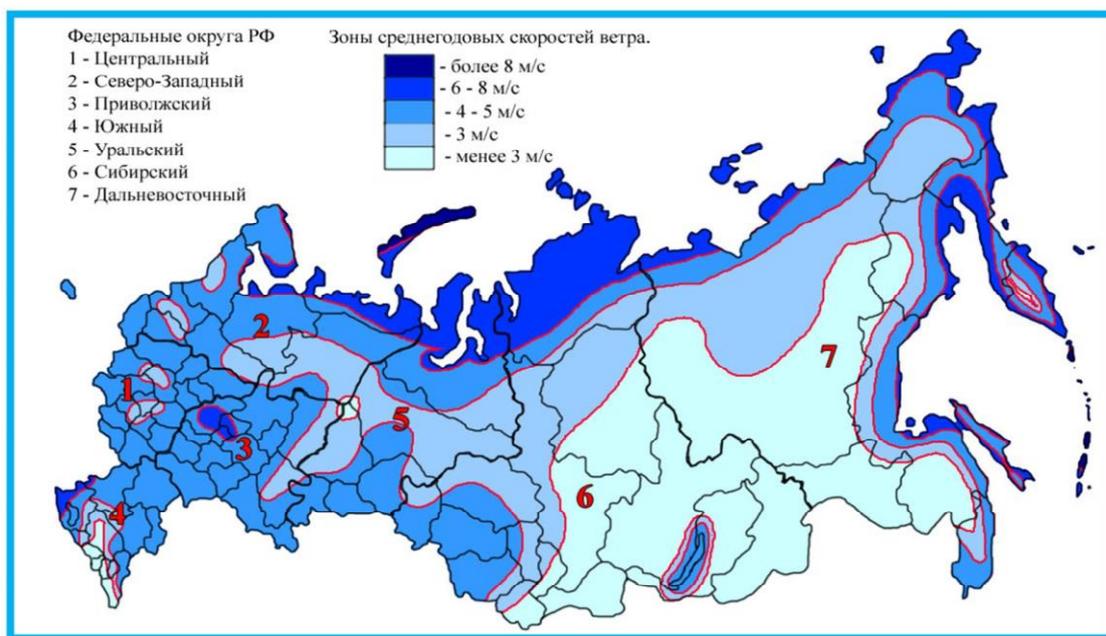


Рисунок 9. Карта среднегодовых ветров России по федеральным округам в зависимости от территории

Использование возобновляемых (ветро-солнечных) источников энергии позволяет значительно сократить расход традиционных углеводородных видов топлива. Однако эффективность работы этих ВИЭ напрямую зависит от природных явлений (наличие солнечного света и ветра).

К достоинствам **ветро-солнечных электростанций** на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) следует отнести следующие:

- Высокий уровень автономности;
- Для выработки энергии не требуется топливо;
- Современное оборудование электростанций и энергоустановок имеет значительный срок службы (15-20 лет и более) и достаточно высокий уровень надежности;
- Энергоустановки характеризуются низким уровнем эксплуатационных затрат с периодичностью обслуживания не чаще одного раза в год;
- Современный уровень автоматизации энергоустановок позволяет обеспечить их функционирование по безлюдной технологии с осуществлением полномасштабного дистанционного контроля за техническим состоянием всех элементов энергоустановок и электропотребителей (регуляторов расхода и давления, отсечных и сбросных клапанов, контрольно-измерительных приборов и пр. средств автоматизации и телеметрии).

Но наряду с достоинствами ветро-солнечные электростанции имеют ряд **существенных недостатков**:

- Относительно высокая стоимость энергоустановки за счет некоторых комплектующих: в первую очередь аккумуляторных батарей для накопления энергии;

- Значительная удельная площадь солнечных панелей (1 м² на 150-200 Вт – при 5 кВт до 30-35 м²);

- Зависимость выработки энергии от времени суток и сезонов года;

- Длительный срок окупаемости (от 12-15 лет);

- Без резервного топлива потребляющего источника (дизельгенератора) категория надежности энергоснабжения подстанции не выше 3-й (п. 1.2.18 ПУЭ 7);

- Без резервного источника энергии существует вероятность преждевременной потери емкости аккумуляторных батарей из-за продолжительных периодов неполного заряда, а увеличение количества солнечных панелей, ветрогенераторов и аккумуляторных батарей в составе энергоустановки значительно увеличивает капитальные затраты и срок окупаемости, но не повышает уровень надёжности электроснабжения потребителей;

- Применение ветро-солнечных электростанций без резервного топлива потребляющего источника или внешней силовой сети на объектах электропотребления подстанций линейных потребителей трубопроводов системы транспорта газа, воды, жидких углеводородов, (даже небольшой мощности) является экономически нецелесообразным.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что в нашей большой стране с различными регионами по зоне ветров и солнечной инсоляции делать упор на конкретный элемент ВИЭ — солнечные панели или ветрогенераторы не эффективно и необходимо строить целый ряд мобильных подстанций на 40, 60, 80 и более кВт по принципу «гибридных систем», где основным источником энергии является генераторы

преобразующие кинетическую энергию движения газа, воды и нефти в электрическую, а ветрогенераторы и солнечные панели выступают в качестве дополнительных источников энергии для создания оперативного напряжения собственных нужд и в пиковые часы нагрузки.

Литература

1. Малая энергетика [сайт]. – 2023 – URL: <https://enpowertech.ru/blog/malaya-energetika> (дата обращения: 12.06.2024).

2. НоваВинд. Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития [сайт]. – URL: https://novawind.ru/bitrix/images/Byulleten_Interaktivny_2022_1.pdf (дата обращения: 30.06.2024).

3. НоваВинд. Ветроэнергетика как часть мировой энергетической системы [сайт]. – URL: <https://novawind.ru/press/wind-power-as-part-of-the-global-energy-system/> (дата обращения: 30.06.2024)

4. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. No 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

5. Голубев С.В. Применение энергоустановок и энергокомплексов на базе возобновляемых и альтернативных источников энергии для энергообеспечения объектов газового комплекса «Газпром» // Газовая промышленность. 2017. № 5. С. 2–6.

6. Жданцев Олег Валерьевич, Зуев Семен Сергеевич РАЗВИТИЕ ВИЭ И ФОРМИРОВАНИЕ НОВОЙ ЭНЕРГОПОЛИТИКИ РОССИИ // ЭП.

2020. №2 (144). [сайт] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-vie->

[iformirovanie-novoy-energopolitiki-rossii](https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-vie-iformirovanie-novoy-energopolitiki-rossii) (дата обращения: 18.06.2024).

7. Карта районов солнечной активности на территории России.

8. Карта районов ветровой активности на территории России.

References

1. Small energy [website]. – 2023 – URL: <https://enpowertech.ru/blog/malaya-energetika> (access date: 06/12/2024).

2. NovaWind. Renewable energy market in Russia: current status and development prospects [website]. – URL: https://novawind.ru/bitrix/images/Byulleten_Interaktivny_2022_1.pdf (access date: 06/30/2024).

3. NovaWind. Wind energy as part of the global energy system [website]. – URL: <https://novawind.ru/press/wind-power-as-part-of-the-global-energysystem/> (access date: 06/30/2024)

4. Federal Law of November 23, 2009 No. 261-FZ (as amended on July 13, 2015) “On energy saving and increasing energy efficiency, and on introducing amendments to certain legislative acts of the Russian Federation.”

5. Golubev S.V. Application of power plants and power complexes based on renewable and alternative energy sources for energy supply of Gazprom gas complex facilities // Gas Industry. 2017. No. 5. P. 2–6.

6. Zhdanecv Oleg Valerievich, Zuev Semyon Sergeevich DEVELOPMENT OF RES AND FORMATION OF A NEW ENERGY POLICY OF RUSSIA // EP. 2020. No. 2 (144). [website] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-vie-iformirovanie-novoyenergopolitiki-rossii> (date of access: 06.18.2024).

7. Map of solar activity areas in Russia.

8. Map of wind activity areas in Russia.

УДК 004.94; 004.89; 338.48

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ НА ГОРНОЛЫЖНЫХ КУОРТОХ

*Риофрио Солнцева К. С. И.
Россия, г. Москва*

APPLICATION OF TECHNICAL INNOVATIONS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES TO OPTIMIZE INFORMATION SUPPORT AT SKI RESORTS

*K. S. I. Riofrio Solntseva
Russia, Moscow*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2053

АННОТАЦИЯ

Рассматривается задача оптимизации информационной поддержки на горнолыжных комплексах с учетом лучших мировых практик. Обозначены основные направления и ключевые аспекты успешной организации информационной системы на гостевом курорте. Приведен анализ современных технических решений, позволяющих эффективно реализовать информационную поддержку и требуемый уровень коммуникаций. Для улучшения качества обслуживания клиентов и персонализации сервиса автором предложено использовать современные технологии искусственного интеллекта. Сформулированы ключевые направления наиболее целесообразного использования этих технологий с учетом специфики информационного обеспечения горнолыжных курортов.

ABSTRACT

The problem of optimizing information support at ski resorts, taking into account the best world practices, is considered. The main directions and key aspects of the successful organization of the information system at the guest resort are outlined. The analysis of modern technical solutions allowing to effectively implement information support and the required level of communications is given. To improve the quality of customer service and personalize the service, the author suggests using modern artificial intelligence technologies. The key directions of the most appropriate use of these technologies are formulated, taking into account the specifics of information support for ski resorts.

Ключевые слова: горнолыжный комплекс, информационная поддержка, искусственный интеллект, информационные технологии, технические системы

Keywords: ski resort, information support, artificial intelligence, information technology, technical systems

Информационная поддержка отдыхающих на горнолыжных курортах играет ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта посетителей [1, 2]. Она включает в себя предоставление актуальной информации по следующим направлениям:

- правила поведения на склонах;
- сервисы для планирования маршрутов и выбора трасс;
- текущее состояние склонов и трасс с учетом погодных условий;
- прогноз погоды;
- рекомендации по выбору снаряжения и защитной экипировки;
- доступ к онлайн-магазинам и ресурсам для бронирования услуг и товаров.

При этом крайне важно сохранять контроль над большим объемом информации о курорте, используя единый комплексный подход.

Интегрированная информационная система должна быть оперативной и функционировать в режиме реального времени. **Ключевые аспекты** успешной организации информационной системы на гостевом курорте приведены ниже [3].

Внедрение четких методов управления. Независимо от количества участников на курорте, а также коммерческих и стратегических аспектов общения необходимо создать глобальную структуру коллегиального управления в информационной системе курорта. Руководители различных объектов должны регулярно встречаться и обсуждать глобальное видение и содержание информации.

Централизация на основе эффективных информационных технологий. Требуется разработать конкретное серверное приложение для централизованного сбора, распространения информации и управления ею, а также определить контактное лицо, которое будет организовывать и контролировать трансляции.

Информирование в режиме реального времени. Передаваемая информация должна быть качественной, содержательной, своевременной и вызывать ответную реакцию.

Определение масштабов информационной системы. Ключ к эффективно работающей системе заключается в обеспечении нужной информацией в нужное время, нужными средствами и в нужном месте.

Индивидуальный подход в зависимости от профиля гостя. Информация должна быть адаптирована под разные профили гостей. Важно учитывать, что некоторые гости могут не проявлять активности в поиске информации.

Обеспечение повсеместного доступа к Wi-Fi на курорте. Качество беспроводной связи на курорте имеет решающее значение для удовлетворения потребностей гостей и обеспечения доступа к информации через мобильные устройства.

Создание общей платформы B2B (Business to Business). Платформа позволит обмениваться информацией между различными участниками рынка, такими как туроператоры, гостиницы, транспортные компании и прочие.

Для обеспечения информационной поддержки и эффективных коммуникаций на горнолыжном курорте необходимо применение современных инновационных решений [4, 5].

Чтобы добраться до курорта, полезно использовать гостевой GPS в автомобиле или телефоне. Важно четко указывать названия улиц и номера домов или, как альтернатива, GPS-координаты в адресах и на сайтах предприятий и служб. На самом курорте ключевым инструментом для управления информацией в реальном времени является программное обеспечение (ПО), которое согласовывает управление контентом с удобной системой трансляции информации в нужное место и в нужное время. Оно позволяет визуализировать и подключать новые технологические продукты. Возможность подключения всех средств массовой информации (СМИ) с помощью этого ПО является уникальным инструментом для менеджеров курорта, который помогает укрепить отношения с посетителями и в зимний, и в летний сезон. Среди наиболее известных продуктов:

- динамические вывески на станциях для связи в ключевых зонах территории;
- веб-приложения и смартфоны для подготовки и обеспечения большей части пребывания гостей;
- опыт и решения для развлечения и активного отдыха в горах.

Интерактивное общение обеспечивает эффективность потоков информации благодаря выбору времени и географического расположения: нужная информация в нужном месте и в нужное время. По мере приближения к горнолыжному курорту посетитель постоянно подвергается

целенаправленному влиянию средств коммуникации.

Новые средства связи должны быть доступны повсюду: на пути к курорту (динамические дорожные знаки, телевидение, социальные сети, текстовые сообщения); на курорте (телевидение, курортное приложение, тексты, социальные сети); в отеле (табло, курортный канал ТВ, приложение провайдера тура или размещения); у подножия склонов (гигантский экран, интерактивная карта); в горнолыжной зоне у ворот подъемника, на лифте, на башнях подъемника (вывески, ТВ, интерактивные карты); в любом месте пребывания гостя (на мобильных устройствах).

Светодиодные цветные экраны. Благодаря рабочей поверхности площадью от 2,5 до 25 кв. м. могут отображать яркий и разнообразный контент, хорошо заметный издалека. Экраны полностью водонепроницаемы и устойчивы к неблагоприятным погодным условиям. Благодаря высокой яркости и контрастности, текст легко прочитать как в солнечную погоду, так и в снегопад.

Динамические панорамные карты. Светодиодные знаки показывают открытые и закрытые тропы, которые хорошо видны на большой карте. Эти знаки предоставляют полезные сведения о горнолыжной территории как у подножия склонов, так и высоко в горах. Для текстовой информации можно установить дополнительные светодиодные дисплеи. Наиболее эффективными и экономически выгодными для предоставления информации в реальном времени являются вращающиеся светодиодные дисплеи. Их устанавливают как на основных станциях подъемников, так и на лыжных трассах. Они информируют людей о любых неожиданных ситуациях, направляют их по лыжной трассе и предлагают подходящие склоны.

Модуль погодной информации включает в себя несколько ярких цветных светодиодных дисплеев и прекрасно подходит для того, чтобы показывать информацию о комфорте и правилах безопасности как в нижней части подъемников, так и в пункте оказания первой помощи или в дополнение к панорамной карте на тропе. Его легко установить, он экономичен и успешно помогает сделать горнолыжный курорт более оживленным.

Тотемный знак на горнолыжных трассах имеет те же преимущества, что и большие панорамные карты. Он сочетает в себе панорамную карту со светодиодными знаками об открытых и закрытых трассах и подъемниках. Также рядом с ним имеется цветной графический светодиодный экран, где выделяется ключевая информация. Благодаря тотемному знаку возможность коммуникации и влияние транслируемых данных на аудиторию значительно увеличиваются. Его можно адаптировать к различным тематическим районам со схожими ожиданиями аудитории: начало подъемника, территория кросс-кантри или зона отдыха.

Подъемник со «световыми» воротами выступает в роли входа в лыжную зону и способствует лучшей ориентации на территории. Через такие ворота посетители попадают к подъемнику. Оттуда они могут направиться в парк фристайла, на игровую площадку или в зону для начинающих. Ворота представляют собой светодиодный знак. Его делают цветным или дополняют динамичной картой местности, а также светодиодным модулем с прогнозом погоды.

Светодиодный баннер: эффективный и экономичный способ распространения актуальной информации в ключевых локациях, таких как стартовые площадки подъемников и пересечения трасс. Баннеры размером 3 — 4,5 м являются удобным инструментом для передачи текстовых сообщений, характерных для сферы СМИ. Они содержат руководящую информацию, предложения о прохождении лыжных курсов и оповещения о безопасности. Стоимость баннеров оправдывается их качеством, их использование является выгодным вложением.

Обучающий дисплей для обеспечения безопасности кресельной канатной дороги. В местах посадки на кресельные канатные дороги можно установить яркие цветные графические светодиодные экраны размером 960 x 640 мм, транслирующие образовательные материалы. Эти экраны привлекают внимание людей даже на большом расстоянии и в любую погоду. Изображения, созданные специально для горнолыжных курортов средствами массовой информации, понятны лыжникам всех возрастов и национальностей. Повторяя информацию на каждой канатной дороге, можно повысить эффективность оповещений.

Динамики могут быть установлены на всех вышках горнолыжных курортов России, как это было сделано на курорте «Роза Хутор». Это хороший пример стандартного управления и обеспечения безопасности гостей, передачи аварийных сообщений в случае эвакуации или рекомендаций при ухудшении погодных условий.

Информационные терминалы предоставляют гостям разнообразные сведения о регионе, объединяя в себе преимущества печатных и онлайн-материалов. С их помощью арендодатели предлагают жилье, все предложения доступны на большом сенсорном экране. Информация о жилье, гостиницах и ресторанах, инфраструктурных, спортивных и развлекательных объектах, мероприятиях и прогнозе погоды с «живым» панорамным видео представлены в текстовом и графическом виде. Терминалы служат своего рода «бизнес-картами» региональной индустрии гостеприимства, позволяя искать номера, просматривать список гостиниц, выполнять полнотекстовый поиск и получать подробное описание. Также они дают возможность просматривать список мероприятий, узнавать подробности о VIP-событиях, включая фотографии и описания. Доступна информация о назначении

мероприятий, их отношении к коммерции, отдыху, спорту, времени проведения и пр.

В кассах продажи ски-пассов необходимо разместить информацию о ценах и условиях использования абонементов. Эти же сведения должны быть представлены на сайте онлайн-бронирования.

Для пассажиров подъемников должна быть доступна следующая информация:

- время начала и окончания работы подъемника;
- карта лыжных трасс с указанием категорий;
- время открытия и закрытия трасс;
- правила безопасности;
- риск схода лавин за пределами горнолыжных трасс;
- стоимость услуг спасателей.

На курорте следует предусмотреть наличие карты с обозначенными услугами, объектами и транспортом. Что касается лыжной территории, то необходимо предоставить следующую информацию:

- страховые программы при возникновении несчастного случая или болезни;
- 10 правил поведения лыжника;
- пункты пропуска фрирайд-зоны;
- погодные условия;
- карта курорта;
- техника безопасности.

На сайте, в кассах продажи билетов и у подъемников должна быть доступна специальная информация, касающаяся доступа к лыжным трассам и подъемникам для детей, пешеходов, людей с ограниченными возможностями здоровья и тех, кто использует специальное оборудование (например, скутеры). Для каждой из этих групп посетителей сотрудники подъемников предоставляют список подходящих подъемников и рекомендации по посадке.

Чтобы облегчить доступ и решить вопросы с парковкой, можно предоставлять актуальную информацию о количестве свободных мест для автомобилей. В информационном центре гостям доступны вся необходимые сведения о курорте: карты, списки мероприятий, ресторанов и других объектов. Во всех магазинах и офисах распространяют брошюры и листовки, что способствует повышению привлекательности курорта.

В контексте горнолыжного отдыха информация о состоянии и обслуживании трасс, предупреждения о погодных условиях и предложения альтернативных маршрутов в случае переполненности подъемников могут быть включены в специальное приложение для смартфонов, предназначенное для курортов. Чтобы обеспечить максимальную удовлетворенность гостей, необходимо тщательно продумать информационное наполнение приложения.

Основные цели такого подхода:

- повышение качества обслуживания клиентов и увеличение продолжительности их пребывания

на курорте благодаря большому количеству положительных отзывов;

- поддержание привлекательности и современности горнолыжной зоны, что позволит ей выделиться среди конкурентов.

Успешная реализация этих целей поможет создать незабываемые воспоминания у гостей, предоставив им возможность делиться фотографиями, видео и электронными книгами воспоминаний о проведенном времени. Также важно предоставить полную информацию о характеристиках лыжных трасс, включая их высоту, возможности для проведения соревнований и сравнение с другими трассами. Чтобы повысить качество обслуживания и эффективность взаимодействия с клиентами, руководство курорта может запрашивать у гостей персональные данные. При наличии обширной базы данных клиентов им можно будет отправлять персонализированные приглашения до, во время и после пребывания. Это создаст эмоциональную привязанность и будет способствовать повторному бронированию отдыха на данном курорте.

Наряду с применением технических инноваций для оптимизации информационной поддержки на горнолыжных курортах, целесообразно применение **современных технологий искусственного интеллекта (ИИ)**. Чтобы улучшить информирование отдыхающих на горнолыжном курорте с помощью технологий ИИ, можно использовать следующие подходы:

1. Разработка мобильных приложений или сервисов для комплексного информирования отдыхающих о состоянии склонов, погоде, наличии снега, очередях на подъемники и пр.

2. Создание чат-ботов или голосовых помощников для ответов на вопросы и предоставления информации о курорте, услугах, мероприятиях и т. д.

3. Внедрение систем распознавания лиц для автоматической идентификации посетителей с целью предоставления им персонализированных предложений и информации, а также оплаты услуг по системе FacePay (оплата по биометрии) и для прохода через турникеты.

4. Разработка рекомендательных систем для выбора подходящих трасс и оборудования на основе предпочтений и уровня подготовки отдыхающих.

5. Организация онлайн-курсов или обучающих программ с использованием ИИ для улучшения навыков катания и безопасности на склоне.

6. Внедрение систем мониторинга и анализа отзывов и предложений посетителей для постоянного улучшения качества услуг и информирования о новых возможностях и акциях на курорте.

7. Анализ данных о гостевых потоках с помощью ИИ для прогнозирования загрузки подъемников и определения оптимальных маршрутов для катания.

Выводы:

1. Информационные сервисы имеют большое значение для горнолыжных курортов, поскольку они обеспечивают отдыхающим необходимый уровень безопасности и комфорта. Сервисы предоставляют актуальную информацию о состоянии склонов, погодных условиях, работе подъемников и другой инфраструктуре. Благодаря этим сервисам, гости могут планировать свой отдых, выбирать подходящие трассы и время для катания, а также избегать опасных ситуаций.

2. Для реализации информационной поддержки на горнолыжном курорте следует использовать передовые технические решения, основываясь на передовом мировом опыте. Это позволит обеспечить эффективное функционирование курорта, включая автоматизацию процессов продажи ски-пассов, управление доступом на подъемники, мониторинг работы турникетов и билетных касс, светозвуковую индикацию тарифов и загрузку комплекса. Необходимо также внедрить современные информационные технологии, такие как интерактивные дисплеи, контроль электронно-замковой системы и аналитическое программное обеспечение. Важно иметь доступ к «горячей линии» на русском языке, оперативно обновлять версии программного обеспечения и получать техническую поддержку от опытных специалистов.

3. Применение современных технологий ИИ является перспективным направлением для оптимизации информационной поддержки на горнолыжных курортах. Это позволит улучшить качество обслуживания гостей, предоставив им

более персонализированный сервис. Также эти технологии могут помочь в автоматизации процессов бронирования, управления очередями и обработки запросов клиентов. С помощью ИИ можно будет оптимизировать работу персонала, снизить затраты и повысить конкурентоспособность курорта на рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чхотуа И. З. Стратегические приоритеты развития горнолыжного туризма в мире и России // Экономическое возрождение России. 2022. № 2(72). С. 123-136.

2. Риофрио Солнцева К.С.И. Инновационные подходы к развитию горнолыжной индустрии в России в условиях импортозамещения // Вестник науки. 2024. №6 (75). Том 5. С. 204 - 215.

3. Niklas L. The digital transformation of a ski resort: a case study, Master's thesis. Espoo: Aalto University School of Science. 2017. 61 p.

4. Кивелевич В. А. Влияние новых технологий на развитие любительского горнолыжного спорта // Шаг в науку: Сборник статей по материалам V научно-практической конференции молодых ученых (III всероссийской) (Москва, 17 декабря 2021 г.). Москва: Медиагруппа «ХАК», 2022. С. 30-33.

5. Отчерцов М. В. Эволюционный и трансформационный подходы в стратегическом управлении горнолыжными комплексами: перспективы цифровизации и цифровой трансформации // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2024. Т. 10. № 2. С. 52-67.

ASSESSING THE INFLUENCE OF VARIOUS GASES ON PRESSURE IN TIRES WHEN HEAT IS GENERATED

Portola V.A.

*Grand PhD in Engineering sciences, professor,
Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev,
Kemerovo, Russia*

Rudneva A.A.

*research-student,
Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev,
Kemerovo, Russia*

Transportation of minerals during open-pit mining is mainly provided by heavy-duty vehicles. One of the most dangerous accidents when operating vehicles in open-pit mines is the destruction of large tires. The main reason for tire destruction is heating of the rubber, leading to an increase in the pressure of the injected gas and a change in the properties of the tire material. In addition to the processes of friction and deformation of rubber, leading to heating of the wheels, external heat sources can also lead to an increase in tire temperature. In sections, additional sources of heat for cars can be sources of spontaneous combustion of fossil fuels, which are often located on the roadsides, sometimes covering the road surface. Calculations have shown that the increase in tire pressure when they are heated does not depend on the type of gas being pumped. However, the temperature rise in tires is largely determined by the specific heat capacity and density of the gas used. Studies have shown that carbon dioxide is a more effective gas compared to air or nitrogen. When a certain amount of heat is released in the tire, air or nitrogen heats up from 0 to 100 °C, while the temperature of carbon dioxide will increase only to 72 °C. Due to heating, the air and nitrogen pressure in the tires will increase from 6 to 8.2 atm, and for carbon dioxide only to 7.5 atm. Carbon dioxide, compared to air, does not support combustion and does not participate in the oxidation of heated rubber. Methane and its homologues are even more effective. For example, propane pumped into tires, when releasing the same amount of heat, will heat up from 0 to only 28 °C, and its pressure will increase from 6

to 6.6 atm. The combustion of these hydrocarbons can be prevented by using inhibitors. Thus, the addition of freons in an amount of 2-3% will make these gases non-flammable and explosion-proof.

Key words: off the road tires (OTR), temperature, tire heating, gas pressure in tires, nitrogen, carbon dioxide, air, inert gases, flammable gases, heat capacity of gas, flame retardants, freon.

Introduction

A special feature of open-pit mining is the movement of huge masses of minerals and rocks. Violation of the balanced condition of the environment during mining is accompanied by a number of dangerous and harmful factors leading to occupational diseases and injuries, including fatal ones [1]. The main type of transportation of coal and rock at coal mines is heavy-duty road transport. With increasing depth of cuts, the costs of road transport increase and can reach 70% of the total costs of mining operations [2]. The operation of heavy-duty dump trucks in open-pit coal mining is associated with a potential risk of accidents. Ensuring industrial safety and work safety in the coal industry are designated as one of the priority tasks of the Program for the Development of the Russian Coal Industry for the period until 2035 [3]. Therefore, the construction of a multifunctional safety system for open-pit mines [4] is a necessary condition not only for reducing accident rates, but also for increasing labor productivity. One of the most dangerous accidents for people when operating heavy vehicles is tire explosion, which leads to the appearance of a shock wave that can injure people, by parts of the destroyed wheel and car [5]. The destruction of off the road tires (OTR) also causes great economic damage to enterprises, since the cost of one tire for a dump truck with a carrying capacity of 180 tons reached up to 68 thousand dollars, and operating costs for tires amount to 25–30% or more of the amount of transportation costs rock mass by dump trucks at open-pit mines [6]. Therefore, assessing the service life of tires and extending their service life at mining enterprises is an urgent problem [7].

The main reason for the destruction of heavy-duty dump truck tires is the heating of the elastomer from which the tires are made, as well as the gas that fills the tires under over-pressure. The increase in temperature may be due to the process of friction and deformation of the tire material when the vehicle is moving. Thus, periodic load on the porous elastomer, which occurs when the wheels rotate, leads to the release of heat. A feature of rubber is the dissipation of part of its mechanical deformation energy into heat [8,9]. Considering that elastomers have thermal insulating properties [10], tires accumulate the generated heat and gradually heat up. An increase in temperature negatively affects the properties of the elastomer used to produce tires. First of all, an increase in temperature leads to a significant decrease in the strength characteristics of rubber due to bond breakages in macromolecules. Tires have reduced tensile strength,

hardness and wear resistance. As the temperature increases, the likelihood of explosions, cuts and delamination of the elastomer increases. For example, when the tire temperature increases from 20 to 40 °C, their service life decreases at average by 2 times [6].

As the tire heats up, the temperature of the gas filling the tires increases, which leads to an increase in gas pressure. Taking into account the properties of the elastomer that change when heated, the likelihood of tire destruction increases significantly, especially when driving on uneven technical roads. One of the possibilities for reducing gas pressure when heating tires is to select a gas that can heat up less when heat is released in the tires. The article examines the influence of various gases on the temperature and pressure in the tires of heavy-duty vehicles.

Influence of gas properties on temperature and pressure in tires when heat is generated

The heat generated in the tires when the car is moving changes not only the temperature, but also the gas pressure in these tires. The pressure of a gas depending on its temperature can be described using the Clapeyron-Mendeleev formula:

$$pv = \frac{m}{\mu}RT, (1)$$

where: p – gas pressure, Pa; v – gas volume, m^3 ; m – mass of gas, kg. μ —molar mass of gas, kg/mol; R – universal gas constant, J/(mol K), T – gas temperature, K.

Considering that the volume of the tire practically does not change when the gas is heated, using formula (1) it is possible to calculate the gas pressure in the tires depending on the gas temperature using the formula:

$$p = \frac{TP_0}{T_0}, (2)$$

where: P_0 – initial tire pressure, Pa; T_0 – initial tire gas temperature, K; T – gas temperature in tires after heating, K.

From formula (2) it follows that the increase in tire pressure depends only on the heating temperature and does not depend on the type of gas in the tires. In Fig. Figure 1 shows the change in gas pressure in tires depending on fluctuations in the temperature of this gas. The initial gas pressure in tires is assumed to be 5 and 6 atmospheres at its initial temperature equals to 0°C (273 K).

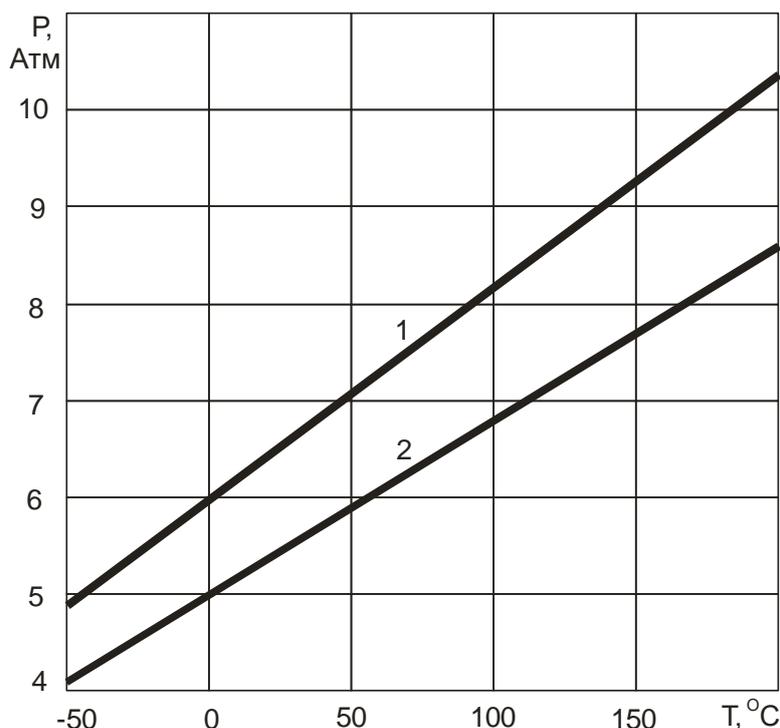


Рис. 1. Change in tire pressure depending on gas temperature:
 1- initial gas pressure 6 atm. at gas temperature 0 °C (273 K);
 2- initial gas pressure 5 atm. at gas temperature 0 °C (273 K)

The data presented indicate a significant influence of changes in gas temperature in tires on pressure, which must be taken into account in case of sudden changes in weather conditions and heat generation when the vehicle is moving. Thus, calculations have shown that when heated from 0 to 50 °C, the pressure of any gas used to fill tires increases from 5 to 5.91 atm. or from 6 to 7.1 atm. When cooling from 0 to -50 °C, the gas pressure in the tires loses about 1 atm. When the initial temperature increases to 150 °C, the gas pressure increases from 5 to 7.7 atm., or from 6 to 9.3 atm. Taking into account the change in the properties of the heated tire material, the risk of wheel destruction sharply increases.

As a rule, tires are inflated with ordinary atmospheric air, which consists mainly of nitrogen (78%), oxygen (20.9%), argon (about 1%) and other gases. However, many manufacturers of *off the road tires (OTR)* recommend using nitrogen instead of regular air [11,12]. It is more stable and has less tendency to change pressure with temperature changes [13]. Nitrogen inflation is especially recommended when operating tires in difficult or hazardous conditions. The main advantage is the reduced risk of fire and explosion. Nitrogen is an inert gas, meaning it does not support combustion, so its presence in tires can protect from possible sparks and heat sources that could lead to tires' inflammation. When the internal temperature in the tire reaches extreme values (about 250°C), rubber pyrolysis is likely to occur, which leads to the release of flammable gases (methane, hydrogen),

a sharp increase of internal pressure in the tire, which in the presence of oxygen can lead to fire and tire explosion [14]. Such extreme temperatures can only be achieved with the following additional external sources of thermal energy:

- external environment with elevated temperatures: steel mill, blast furnace, smelter, etc.;
- lightning or electric arc through a vehicle;
- excessive heating of mechanisms and components: electric hub drives, brake drums, etc.;
- electric welding performed on the rim with the tire mounted and inflated;
- unintentional, but quite long-term overheating of the tire: due to operation at low pressure, driving with overload, exceeding the speed limit, or a combination of these three reasons.

Thermal photography, carried out by thermal imaging cameras on sections, showed that additional heat sources for tires of heavy-duty vehicles can be spontaneous combustion processes in accumulations of coal and coal-containing rocks [15,16], which were used in technological roads settings. So, in Fig. Figures 2 and 3 show the conclusions of survey of the section in the visible and infrared ranges, from which it is clear that due to the oxidation of the contained coal, rocks are heated not only along the roadsides, but the source of spontaneous combustion has also captured part of the road surface. Therefore, driving on such roads leads to additional heating of the wheels by thermal radiation and due to contact with the heated road, which increases the risk of tire destruction.



Figure 2. Photograph of a section of the cut edge in the visible range

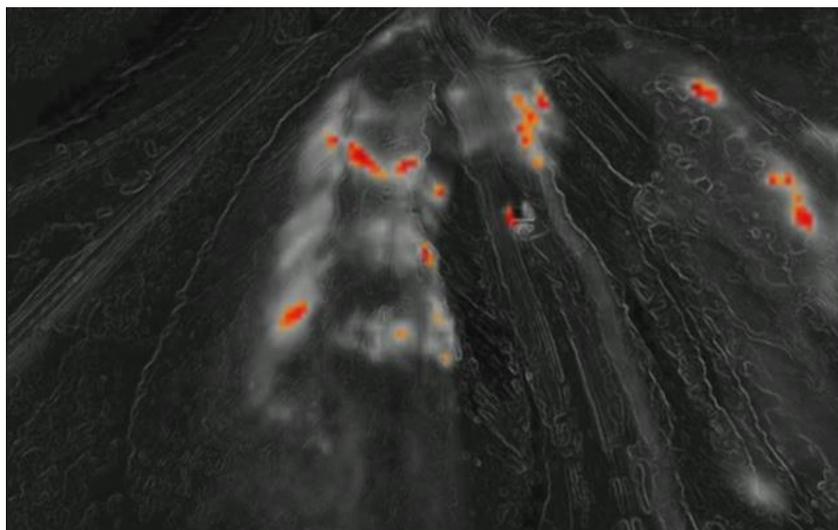


Figure 3. Photograph of the section in the infrared range

In addition to reducing the risk of fire and explosion, the use of nitrogen also reduces the risk of oxidation of materials compared to oxygen, which is present in the air. This means that nitrogen reduces the oxidative effect on tire components such as the rubber and casing. Preventing oxidation reactions can reduce the aging process and damage to the tire, ultimately extending its life. In addition, nitrogen penetrates the tire walls more slowly compared to oxygen [17]. In this case, the pressure pumped into the tires with nitrogen will decrease more slowly over time as a result of infiltration, which is a natural loss of pressure during operation. This can help maintain stable tire pressure over a longer period of time, which in turn can improve vehicle performance and safety [18].

Meanwhile, it is possible to influence on the degree of gas pressure increase in tires, without changing the intensity of heat generation when the car is moving, by selecting the optimal gas. Tire pressure can be reduced by increasing heat removal from the elastic material of the tires by the injected gas.

Considering that heat removal from tires occurs when the injected gas is heated, it is possible to reduce its temperature and pressure by using gas in tires that has a high specific heat capacity. Thus, the change in gas temperature in tires due to the generated heat can be calculated using the formula:

$$Q = cm(T_2 - T_1), (3)$$

where Q – amount of heat generated in tires, J; c – specific heat capacity of gas filling tires, Joule / (kg*K); T_2 – final gas temperature, K; T_1 – initial gas temperature, K; m - weight of gas in tires, kg.

Analysis of formula (3) shows that the temperature of the gas in the tires will depend on the specific heat capacity of the gas filling the tires. When releasing the same amount of heat, a gas with a high specific heat capacity will heat up less. Table 1 shows the density and mass specific heat capacity of some gases at constant volume (c_v).

Table 1

Gas parameters					
Gas	Density, kg/m ³	c _v , J/(kg*K)	Gas	Density, kg/m ³	c _v , J/(kg*K)
Air	1,292	0,718	N ₂	1,251	0,74
Ar	1,784	0,315	O ₂	1,429	0,65
CO ₂	1,977	0,65	SO ₂	2,926	0,48
C ₂ H ₆	1,356	1,49	Kr	3,74	0,148
He	0,178	3,20	Xe	5,89	0,09
H ₂	0,0899	10,1	Ne	0,90	0,63
CH ₄	0,717	1,70	C ₃ H ₈	2,004	1,67

The temperature difference of gas in tires during the release of heat, which occurs at a constant volume, can be estimated using the formula obtained from (3):

$$(T_2 - T_1) = \frac{Q}{c_v \rho V}. \quad (4)$$

where: c_v – specific mass heat capacity of gas filling tires at constant volume, J/(kg*K); ρ – gas density, kg/m³; V – volume of gas in tires, m³.

The use of formula (4) was carried out taking into account the isochoric process that occurs when heating

gas in tires, therefore, the values of the mass specific heat capacities of gases determined at a constant volume were used. The calculations took a volume of gases equal to 1 m³. Studies have shown that to heat air of such a volume from a temperature of 0 to 100 °C, the release of 92.82 kJ of heat will be required. Taking into account the heat capacity and density of gases in the table. 2 shows the final temperatures of various gases with a volume of 1 m³, obtained by releasing the same amount of heat (92,82 kJ).

Table 2

Gas temperature in the tire after release 92,82 kJ			
Gas	Temperature °C	Gas	Temperature °C
Air	100,0	N ₂	100,3
Ar	165,1	O ₂	99,9
CO ₂	72,2	SO ₂	66,2
C ₂ H ₆	45,9	Kr	167,7
He	162,5	Xe	175,1
H ₂	102,1	Ne	163,7
CH ₄	76,2	C ₃ H ₈	27,8

From the results obtained it follows that the heating temperature in car tires will depend on the product of the density and specific heat capacity of the gas used. The least heating occurs in tires filled with flammable gases (methane, ethane, propane), as well as carbon dioxide and sulfur dioxide. Sulfur dioxide is a toxic gas with a maximum permissible concentration in the working area of 0.00038%, so its use for filling tires is unacceptable.

The most effective of the gases considered is carbon dioxide. It does not support combustion, does not oxidize rubber and frame, and, unlike air and nitrogen, heats up only to 72,2 °C instead of 100 °C. The remaining inert gases (helium, argon, krypton and xenon), due to their low heat capacity and density, heat up significantly more than air (up to 160-170 °C).

All combustible gases are considered to have a high heat capacity, which allows them to heat up more slowly. Only hydrogen, which has low density, heats up more than air (up to 102 °C). As the density of

hydrocarbons increases, the heating temperature of the gases decreases while the heat release continues. So, ethane will heat up only to 45.9 °C, and propane to 27.8 °C. The use of flammable gases is complicated by the possibility of their inflammation and explosion. However, combustion of these gases occurs only at a certain concentration in a mixture with atmospheric air. For example, methane burns in the range from 5 to 15%, ethane from 3.2 to 12.5%, propane from 2.3 to 9.5%. Therefore, inflammation of these hydrocarbons in tires containing only these gases will not occur. The danger of inflammation arises only when tires depressurize when flammable gases are diluted with air to dangerous concentrations.

The change in gas pressure in tires filled with various gases after the release of heat in the amount of 92.82 kJ is shown in Fig. 4. The initial gas temperature in the tires is 0 °C, the initial gas pressure in the tires was 6 atm.

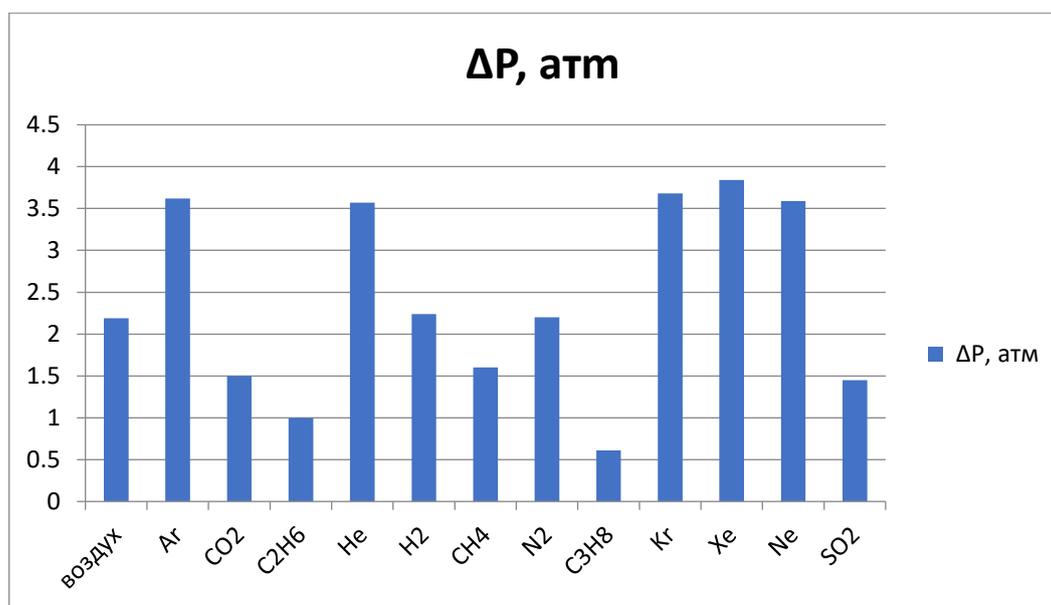


Figure 4. Change in tire pressure after heat generation in the amount of 92.82 kJ depending on the gas being filled

Analysis of the obtained results shows that when a given amount of heat (92.82 kJ) is released in the wheel, the air pressure in the tire will increase by 2.19 atm. when heated from 0 to 100 °C. The use of nitrogen does not change the situation, and the pressure will increase by 2.2 atm. (like oxygen). The use of sulfur dioxide will increase the pressure by only 1.45 atm. However, the toxicity of this gas does not allow it to be used to fill car tires.

The most effective for car tires is carbon dioxide. This gas does not support combustion, does not contribute to the oxidation of the materials of which the tire is made. Therefore, when a tire is inflamed by external sources, the release of carbon dioxide when the tire explodes will help to eliminate the flame. The pressure of carbon dioxide in tires when a given amount of heat is released will increase by 1.5 atm. at a temperature of 66.1 °C, which will reduce the risks of negative changes in the properties of rubber and destruction of the tire.

The minimum increase in tire pressure during heat release is observed for such combustible gases as methane (increase by 1.7 atm.), ethane (increases by 1 atm.) and propane (pressure increases by only 0.61 atm.). The positive effect of these gases is the absence of oxidation of tire materials. The negative aspect is the flammability of these gases. However, it is possible to completely prevent the possibility of inflammation and explosion of these gases, even in the case of tire explosion, if additives to gases with a homogeneous inhibitory effect are used. Freons have the greatest effect in preventing gas combustion, in particular CF₂ClBr, C₂F₄Br, CF₃Br. These compounds interrupt reaction chains during oxidation of combustible gases. It is enough to add 2-3% of refrigerant by volume to the volume of combustible gases to prevent the combustion process. Freons have low corrosive activity.

An important factor influencing the performance characteristics of vehicles is the ability of the gas in the tires under excess pressure to filter through the tire

material. The penetrating ability of gases depends on the size of the molecules. The larger the size of the molecule, the less the penetrating ability of the gas is. According to the degree of change in the size of the molecules, the main gases can be arranged in the following order: hydrogen is the most permeable, the next gas is helium, then carbon dioxide, oxygen, argon, nitrogen and methane. Of the listed gases, methane will best retain excess pressure.

Conclusions

The conducted studies have shown that changes in the temperature of the gas pumped into car tires lead to significant fluctuations in tire pressure, regardless of the gas used. The increase in tire temperature occurs due to internal sources of heat generation that occur in the rubber when the car is moving. Additional external heat sources arise from technological processes, equipment, natural phenomena and emergency situations. It is possible to reduce the temperature and pressure of the gas in tires with constant heat generation by using gases that have a high value of the product of specific heat capacity and density. Carbon dioxide is more effective than air and nitrogen, it also does not support combustion, and is not an oxidizer of materials used to make tires. The use of flammable gases such as ethane and propane allows a more effective reduction in the temperature and pressure in heating tires. Methane is slightly inferior to carbon dioxide. The inflammation of these gases can be prevented by adding 2-3% freons to hydrocarbons.

Bibliography

1. Скударнов Д.Е., Портола В.А., Квасова А.А., Сачков А.В. Анализ смертельного травматизма при добыче угля открытыми горными работами. Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2018. – № 1. – С. 33-39.
2. Абдулаев Э.К., Махараткин П.Н., Кужелев А.И., Атрощенко В.А. Априорное ранжирование и

анализ факторов, влияющих на износ шин. Известия Уральского государственного горного университета. 2020. № 1 (57). С. 164-169.

3. Программа развития угольной промышленности России в период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 июня 2020 г. № 1582-р.

4. Скударнов Д.Е., Портола В.А. Построение многофункциональной системы безопасности для обеспечения безопасных условий транспортировки горной массы карьерными автосамосвалами. Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 4. – С. 58–62.

5. Kvasova A, Gerike B, Murko E, Skudarnov D. Forecasting of a Thermal Condition of Pneumatic Tires of Dump Trucks // E3S Web of Conference. 2017. Vol. 21(1). DOI:10.1051/e3sconf/20172103016.

6. Гринчук П., Данилова-Третьяк С. Почему стареют шины? Теплообмен в массивных эластомерных композитных изделиях. Наука и инновации. 2017. № 11 (177). С. 21-24.

7. Бердиев А.Л. Применение sadt-моделирования для оценки реализации ресурса шин автосамосвалов в условиях горных карьеров. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2023. № 1 (61). С. 131-141.

8. Гринчук П.С., Шнип А.И. О термодинамическом механизме диссипации механической энергии в пористых эластомерах в приложении к проблеме нагрева автомобильных шин. Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89. № 6. С. 1375-1382.

9. Гринчук П. С., Фисенко С. П. Скорость диссипации энергии низкочастотных механических возмущений в шине // ИФЖ. 2016. Т. 89, №6. С. 1383-1386

10. Данилова-Третьяк С.М. О теплофизических свойствах резин и их компонент.

Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89. № 6. С. 1407-1413.

11. Крупногабаритные шины: руководство по эксплуатации Yokohama [Текст]: Переведено в России, ООО «Йокохама Рус», 2012. – 90 с.

12. Руководство по эксплуатации крупногабаритных шин Michelin [Текст]: Переведено в России, 2012. – 174 с.

13. John Daws Nitrogen Inflation for Passenger Car and Light Truck Tires // Tire Science and Technology 39(2):125-160 DOI:10.2346/1.3593787

14. Портола В.А., Руднева А.А., Серегин Е.А., Шваков И.А., Киренберг Е.А. Обнаружение опасных температурных аномалий с помощью тепловизоров при добыче угля открытым способом // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. Сборник материалов XV международной научно-практической конференции 21-23 ноября 2023 г. [Электронный ресурс]

15. Moshood O, Bekir G, Abisola R, Andrew M, Thapelo N. Influence of antioxidants on spontaneous combustion and coal properties. Process Safety Environ Protect. 2021;148: 1019–1032.

16. Moghtaderi, B., Dlugogorski, B.Z., Kennedy, E.M. Effects of wind flow on self-heating characteristics of coal stockpiles. Process Safety and Environmental Protection Volume 78, Issue 6, November 2000, pp. 445-453.

17. Ranimol Stephen, Sabu Thomas, Kuruvilla Joseph Gas permeation studies of natural rubber and carboxylated styrene-butadiene rubber latex membranes // Journal of Applied Polymer Science. 2005. 98(3):1125 – 1134. DOI:10.1002/app.22075

18. Руднева А.А., Портола В.А. О проблеме безопасной эксплуатации крупногабаритных шин // Безопасность труда в промышленности. 2023. № 9. С. 39–44. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-9-39-44

УДК УДК 006.91 + 346.544.4
ББК 30.10я73 + 30ц.я 73 П 270

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ К ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ВРЕДНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Титов М.Ю.

*МИРЭА – Российский Технологический Университет,
Москва, Российская Федерация*

EVALUATION OF THE APPLICABILITY OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS TO THE TASK OF RECOGNIZING DELETERIOUS SOFTWARE IN THE RAILWAY TRANSPORT INFRASTRUCTURE

M.Yu. Titov

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
(RTU MIREA)*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2054

АННОТАЦИЯ

Рассматривается метод, позволяющий оценить различные модели сверточных нейронных сетей применительно к задачам распознавания вредоносных программ без использования сигнатурных или эвристических признаков для работы в нестандартных ситуациях в условиях постоянно меняющейся нормативно-методической базы. Оценивается также выбор различных оптимизирующих функций и

гиперпараметров для нейронных сетей. Такой метод предназначен для исследования программного обеспечения. Его внедрение обеспечит требуемую надежность функционирования программно-аппаратных средств систем управления. В частности, его применение в системе управления железнодорожного транспорта позволит предотвратить потенциальные угрозы и уязвимости программного обеспечения в результате возможного проникновения вредоносных программ, и, тем самым, повысит безопасность перевозок. Рассмотрены далеко не все возможные аспекты его применения, однако новизна и оригинальность данного метода очевидны.

ANNOTATION

The article discusses an approach that allows evaluating various models of convolutional neural networks in relation to malware recognition tasks without using signature or heuristic features for working in non-standard situations in an ever-changing regulatory and methodological framework. The article also evaluates the choice of various optimizing functions and hyperparameters for neural networks. This method is intended for software research. The implementation of this method will ensure the required reliability of the functioning of software and hardware of control systems. Particularly, its application in the railway transport management system will prevent potential threats and vulnerabilities of the software as a result of possible penetration of malware, and thereby increase the safety of transportation. Not all possible aspects of its application are considered, but the novelty and originality of this method are obvious.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, вредоносные программы, классификация исполняемых файлов, системы управления

Key words: convolutional neural networks, malware, executable file classification, control systems

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ВПО вредоносное программное обеспечение
 ТП транспортные перевозки
 НДВ недеклалируемые возможности
 НСД несанкционированный доступ
 АСУ ТП автоматизированные системы управления технологическими процессами
 МПСУ микропроцессорные системы управления
 SGD стохастический градиентный спуск
 RMSProp среднеквадратичное распространение
 Adam адаптивная оценка момента
 ResNet нейросетевая архитектура
 DenseNet нейросетевой классификатор

задач в условиях умышленных, целенаправленных воздействий различной физической природы.

Объектами кибератак на железнодорожных дорогах могут быть системы диспетчерской и электрической централизации, которые обеспечивают формирование безопасного маршрута движения поездов, системы защиты и регулирования энерго-снабжения, а также обслуживающий персонал.

Уровень технической оснащенности и информационной осведомленности злоумышленника может быть довольно высоким - от использования вредоносного программного обеспечения до заранее размещенных программно-аппаратных «закладок».

Реализация требований кибербезопасности к программно-управляемым системам и комплексам, эксплуатируемым на железной дороге, имеет специфические особенности, среди которых следующие:

- выделение микропроцессорных систем управления как отдельного класса АСУ ТП;
- использование методологии оценки рисков как механизма для уточнения ущерба от кибератак;
- проведение предварительной комплексной проверки на функциональную безопасность, на недеклалируемые возможности (НДВ) и несанкционированный доступ (НСД);
- практическая проверка кибербезопасности микропроцессорных систем управления (МПСУ) с применением тестов на проникновение;
- проверки на наличие программно-управляемых закладок и защиты от направленного воздействия широкополосного электромагнитного излучения.

В настоящее время при анализе вредоносного программного обеспечения (ВПО) применяются различные экспертные оценки, основанные на выявлении статистических особенностей и закономерностей, в том числе с использованием технологий машинного обучения [1, 2, 3]. При таком подходе одним из трудно затратных этапов

Введение

В последние годы все чаще в различных областях промышленности находят применение нейронные сети. Они обладают такими преимуществами как быстрота действия, обработка большого количества входных данных, высокая аппроксимация, способность к обучению на примерах и прогнозированию. Особую роль нейронные сети играют на железнодорожном транспорте, поскольку он представляет собой крупнейшую транспортную систему.

В последние несколько десятилетий на российских железных дорогах активно шел процесс внедрения программно-аппаратных систем и комплексов для автоматизированного управления техническими объектами и технологическими процессами. Основными целями этого процесса были увеличение эффективности управления железнодорожными перевозками.

Главной задачей по обеспечению информационной безопасности железнодорожного транспорта является сохранение способности различных программно-управляемых систем автоматического управления к безопасному и эффективному выполнению функциональных

является выявление и выделение признаков из набора сырых данных, необходимых для обучения алгоритмов.

Альтернативным подходом может быть интерпретация ВПО как набора пикселей или текста [4] и сведения задачи его анализа к классической задаче классификации из области компьютерного зрения с помощью аппарата нейронных сетей. При обучении нейронных сетей отсутствует необходимость в извлечении признаков из ВПО, что может позволить снизить временные и вычислительные ресурсы для его анализа и определения принадлежности.

Для проведения экспериментальной части исследования был подготовлен набор данных исполняемых файлов с гарантированно известными метками принадлежности к классам.

Экспериментальная проверка точности нейросетевых классификаторов

Набор данных A включает 5011 образцов исполняемых файлов: 561 файл из состава трёх различных антивирусных средств, 1151 файл пяти различных семейств ВПО, отнесенных к разным классам в соответствии с решениями антивирусного средства Microsoft Defender из

состава операционной системы Windows и 3299 файлов, которые были размечены по классам на основе публичных отчетов о компьютерных инцидентах.

Для экспериментальной проверки точности нейросетевых классификаторов выполнено преобразование исполняемых файлов к изображению путем реализации следующих шагов:

1. Приведение байтовых значений к единой шкале в диапазоне $[0;1]$.
2. Преобразование последовательности байт размером m к квадратной матрице байтовых значений размером $n \times n$, где $n = \sqrt{m}$.
3. Заполнение недостающих значений нулями.
4. Сжатие изображения $n \times n$ к размеру, пригодному для входа нейронной сети, например, до размера 300×300 .
5. Разложение изображения на RGB-каналы путем конкатенации серого изображения три раза по третьему измерению.

Результаты преобразования исполняемых файлов к графическому изображению проиллюстрированы на рисунке 1.

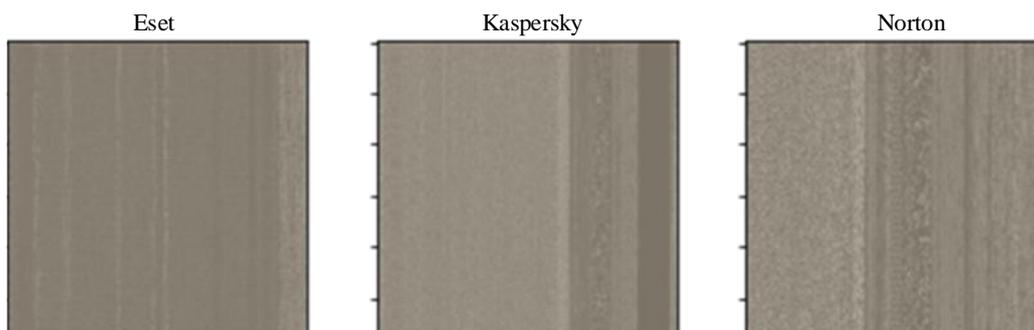


Рис. 1. Примеры представления исполняемых файлов из набора A

Стоит отметить, что в изображениях наблюдаются некоторые текстурные и структурные особенности, однако уловить явные различия между файлами различных антивирусных программ практически невозможно. Такой вид данных является подходящим для подачи на вход нейронной сети и позволяет перейти к обучению алгоритмов.

В рамках данной статьи выполнена оценка применимости четырех различных архитектур сверточных нейронных сетей, как наиболее используемых в области компьютерного зрения, для определения принадлежности различных образцов исполняемых файлов.

Для обучения нейронной сети каждый набор данных представляется в виде отдельных выборок, которые делятся на две подвыборки - обучающую и контрольную. Задается число эпох, то есть одна итерация обучения, в результате которой алгоритм обрабатывает все предоставляемые данные. Каждый этап состоит из двух основных операций. В ходе первой производится непосредственно обучение нейронной сети, выполняется настройка весов и ядер слоев. В ходе второй с использованием

контрольной выборки оценивается качество работы нейронной сети в реальном времени.

В рамках эксперимента для каждой архитектуры были использованы различные оптимизирующие функции: стохастический градиентный спуск (SGD), среднеквадратичное распространение (RMSProp) и адаптивная оценка момента (Adam), а выбор оптимальных гиперпараметров проводился перебором в следующих диапазонах:

1. Шаг оптимизатора ($1e-3, 1e-4$).
2. Число эпох, после которого производится уменьшение шага оптимизатора (3, 4, 7);
3. Шаг коррекции оптимизирующей модели (0.1, 0.25, 0.5);
4. Размер подвыборки (8, 16).

Архитектура сверточной нейронной сети VGGNet

Данная архитектура реализована компанией Visual Geometry Group. Модель нейронной сети находится в открытом доступе и предобучена на наборе данных ImageNet. Сверточный слой нейронной сети представляет собой применение операции свертки к выходам из предыдущего слоя,

где веса ядра свертки являются обучаемыми параметрами. Важной особенностью архитектуры VGGNet является использование ядер свертки небольшого размера, например 3×3 . Пулинговый слой сети предназначен для снижения размерности изображения, как правило, с использованием функции максимума. За счет глубины и многослойности в архитектуре VGGNet доступна возможность добавления нелинейности между слоями.

Недостатком реализации этой сверточной нейронной сети является то, что в ней отсутствует решение проблемы затухания градиента функции

ошибки. Кроме того, VGGNet не передает более общие признаки с промежуточных слоёв на выходной классификатор, который обучается только на карте признаков с последнего сверточного слоя.

Из семейства сверточных нейронных сетей VGGNet выбрана реализация VGG19, включающая 19 слоёв, как наиболее глубокая из доступных. На рисунке 2 представлены результаты обучения данной сети с различными оптимизаторами. Кривые разных цветов соответствуют 36 разным конфигурациям гиперпараметров, в соответствии со значениями заданными для поиска по сетке.

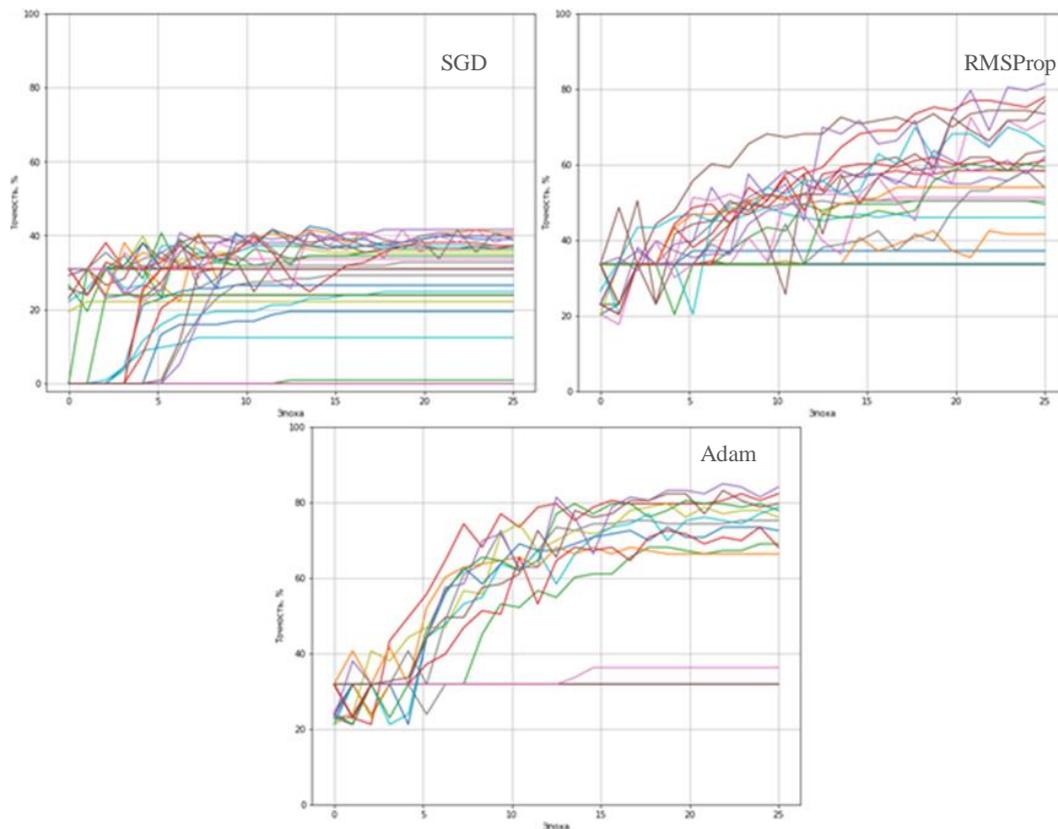


Рис. 2. Графики точности распознавания исполняемых файлов из набора A сетью VGG19 с различными гиперпараметрами и моделями оптимизирующих функций

Наблюдается быстрое насыщение функции стохастического градиентного спуска, что может быть вызвано небольшими значениями шага оптимизатора.

Модель RMSProp показала более высокие результаты по точности классификации, при этом основной проблемой для нее стало быстрое уменьшение шага обучения. Обучение с использованием модели Adam позволило достигнуть наилучших результатов распознавания исполняемых файлов нейронной сетью VGG19 с точностью от 80% до 90%.

Архитектура сверточной нейронной сети ResNet

Для решения проблем с затуханием градиента в глубоких сетях, используются разные методики. Например, в нейросетевой архитектуре ResNet

реализован механизм соединений [3], основанный в передаче на i -ый сверточный слой не только выхода $i-1$ слоя, но и информации с $i-3$ слоя. Таким образом, градиент функции ошибки имеет возможность достигать первых слоев нейросети при большей глубине.

По сравнению с архитектурой VGGNet достоинством реализации ResNet является возможность решения проблемы затухания обратного распространения градиента ошибки, что позволяет сильно углублять сети, что в свою очередь дает большую точность.

В рамках эксперимента по оценке точности нейросетевой архитектуры ResNet использовалась модель ResNet-152, содержащая 152 слоя, т.е. в восемь раз глубже, чем наиболее глубокая сверточная нейронная сеть VGGNet.

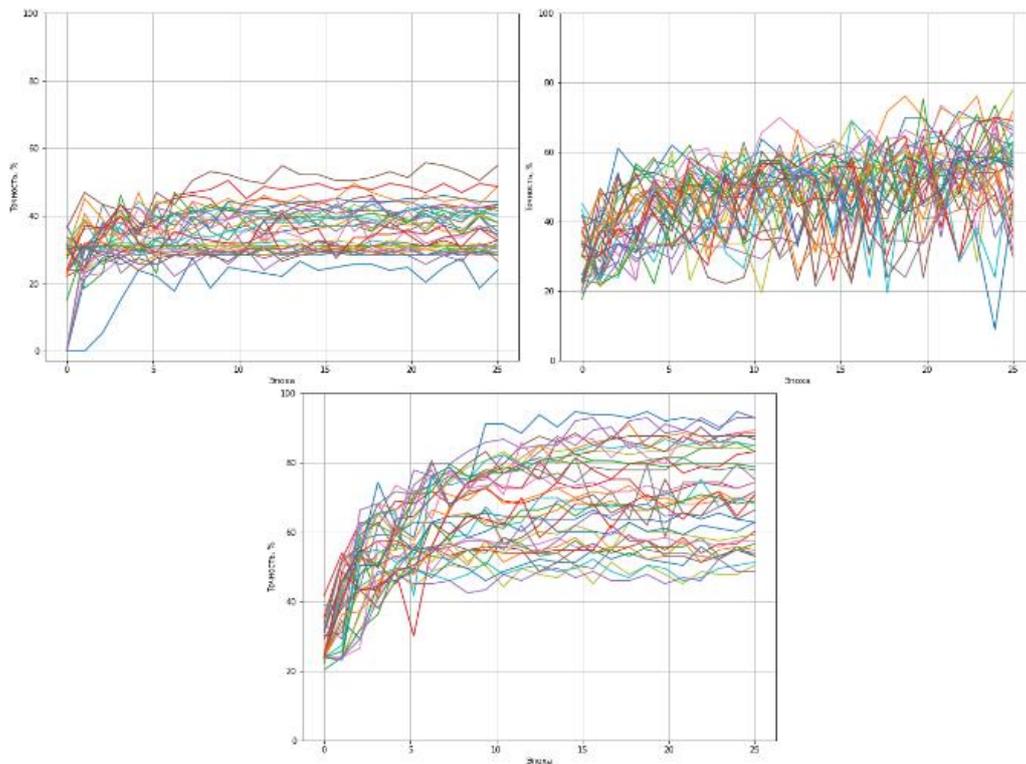


Рис. 3. Графики точности распознавания исполняемых файлов из набора A сетью ResNet-152 с различными гиперпараметрами и моделями оптимизирующих функций

Для модели ResNet-152 использование оптимизирующей функции RMSprop приводит к неустойчивому поведению нейросети. Функции Adam и SGD более стабильны, но при этом оптимизация методом стохастического градиентного спуска за 25 эпох дает результат ощутимо ниже, чем при использовании оптимизатора типа Adam.

Архитектура сверточной нейронной сети DenseNet

В отличие от архитектуры ResNet в сети DenseNet каждый слой принимает все предыдущие карты признаков в качестве входных данных, что решает проблему затухания градиентов и позволяет свёрточным слоям учитывать признаки разной степени абстракции. К достоинствам реализации нейросетевого классификатора DenseNet можно также отнести:

- возможность передавать карты признаков не только самого высокого уровня, но и более низких уровней;

- имеются короткие пути для градиента функции ошибки в связи с чем появляется возможность практически напрямую настраивать все слои сети;

- в связи с использованием карт признаков всех уровней сложности DenseNet имеет тенденцию давать более гладкие решения, что позволяет получать хорошие результаты на малых обучающих выборках.

В рамках эксперимента по оценке точности нейросетевой архитектуры DenseNet использовалась модель DenseNet -201 (рисунок 4), содержащая 201 слой, что является самой глубокой сетью, применяемой в данном исследовании.

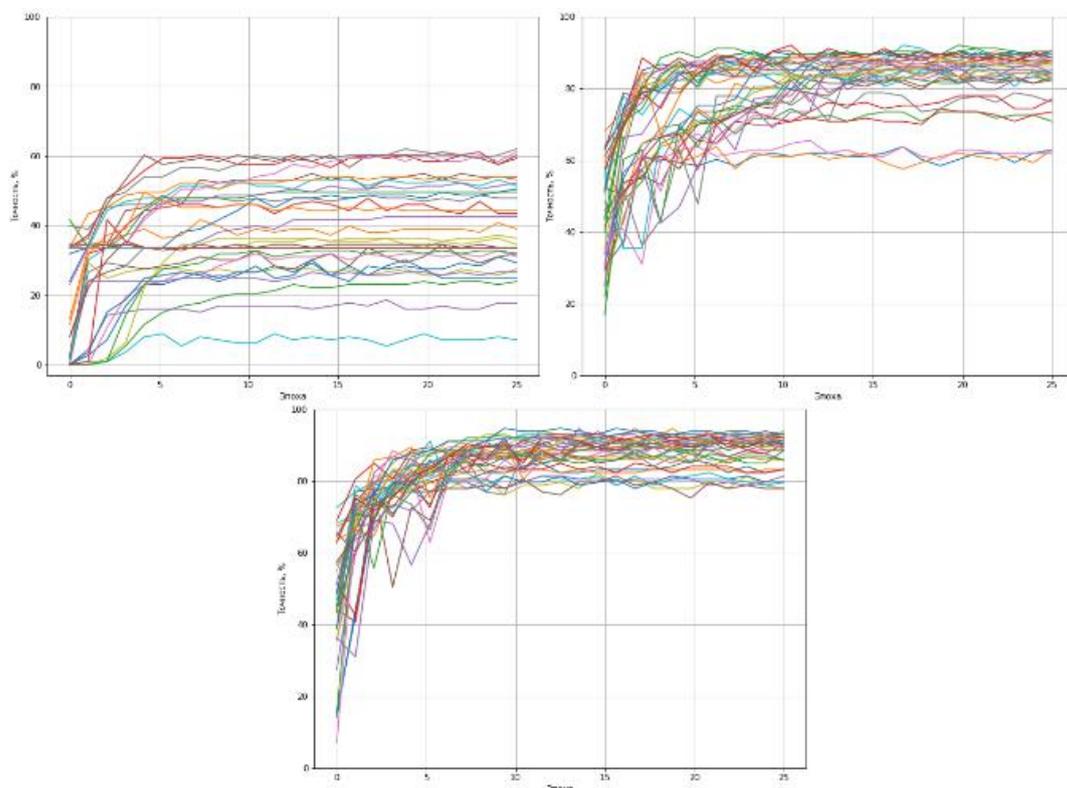


Рис. 4. Графики точности распознавания исполняемых файлов из набора A сетью DenseNet-201 с различными гиперпараметрами и моделями оптимизирующих функций

При использовании стохастического градиентного спуска выбор гиперпараметров существенно влияет на стабильность результатов классификации. При использовании оптимизирующих функций RMSprop и Adam эта проблема практически отсутствует, причем функция Adam позволяет получать среднюю точность распознавания около 85 процентов.

Архитектура сверточной нейронной сети Inception

В рамках исследования также рассматривалась реализация нейросетевого классификатора с архитектурой Inception, разработанная GoogLeNet [5]. Сеть Inception объединяет идеи предыдущих архитектур, она состоит из сверточных блоков, каждый из которых содержит 4 пути с разными ядрами свертки, что позволяет получать карты признаков изображений в разных масштабах. Это дает возможность классификатору учитывать детали изображения разной степени абстракции. На

выходе каждого блока все карты признаков объединяются между собой. Модель Inception имеет несколько выходов со слоем Softmax на разной глубине, что позволяет решить проблему затухающего градиента. Градиенты с разных ветвей взвешенно объединяют с коэффициентом равным трём. В получении конечного результата классификации побочные ветви не участвуют.

В рамках эксперимента по оценке точности нейросетевой архитектуры Inception рассматривалась реализация Inception_v3. Для данной реализации функция стохастического градиентного спуска еще более чувствительна к настройке гиперпараметра шага оптимизатора. Функции RMSProp и Adam обучаются значительно успешнее и даже при неудачном подборе параметров результаты обучения выше 60 процентов, а при удачной настройке достигают 90 процентов точности (рисунок 5).

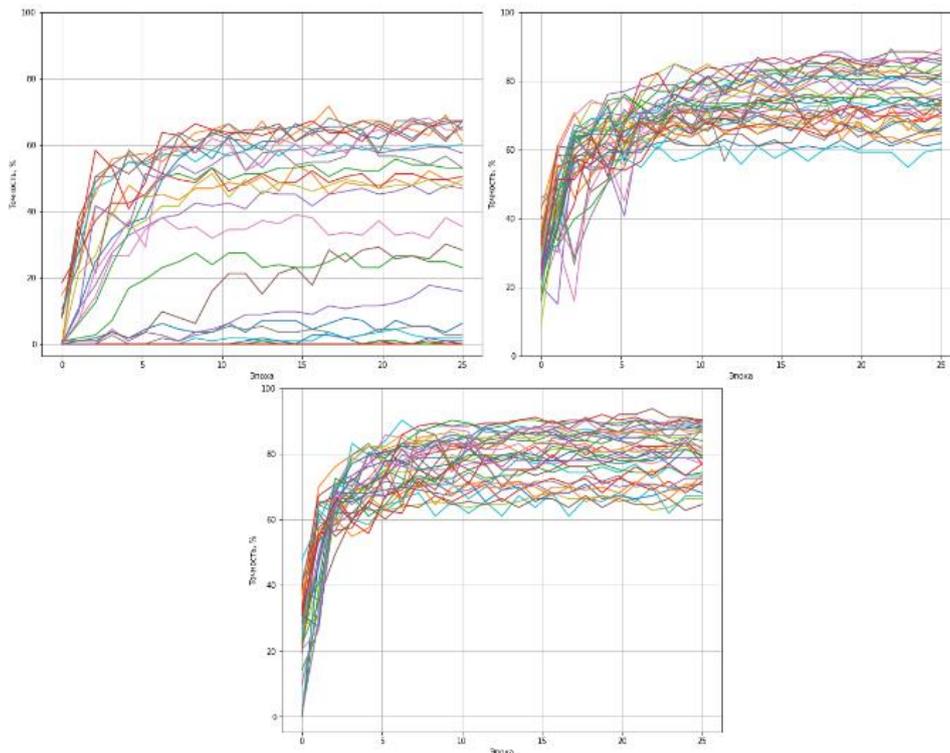


Рис. 5. Графики точности распознавания исполняемых файлов из набора A сетью Inception_v3 с различными гиперпараметрами и моделями оптимизирующих функций

В таблице 1 приведены результаты классификации выборки исполняемых файлов с использованием различных архитектур сверточных

нейронных сетей и временные параметры их обучения.

Таблица 1

Результаты классификации исполняемых файлов

Архитектура	Максимальная точность, %	Время обучения, мин	Время предсказания, мс
VGG19_Adam	84.07	55.54	1097
VGG19_SGD	41.59	55.44	1097
VGG19_RMS	81.42	55.14	1097
ResNet152_Adam	85.84	56.57	374
ResNet152_SGD	55.75	55.19	374
ResNet152_RMS	77.8	56.25	374
DenseNet201_Adam	93.81	54.28	388
DenseNet201_SGD	61.95	54.27	388
DenseNet201_RMS	90.27	54.37	388
Inception_v3_Adam	90.47	52.7	364
Inception_v3_SGD	67.26	51.54	364
Inception_v3_RMS	89.38	52	364

Выводы

Проведенные исследования моделей сверточных нейронных сетей VGGNet, ResNet, DenseNet и Inception показали, что они применимы к задаче распознавания вредоносных исполняемых файлов. Максимальную точность (больше 90%) показывают модели, в которых использована оптимизирующая функция Adam, при этом время их обучения практически не отличается. Стоит отметить, что классические алгоритмы машинного обучения показали более высокую точность распознавания для аналогичной выборки [2]. Однако, применение алгоритмов из [2] требует от исследователя составлять признаковое пространство для выборки исполняемых файлов,

что может оказаться весьма трудоемким и затратным по времени. Использование моделей сверточных нейронных сетей не требует никаких знаний о исследуемых файлах, что несомненно является их преимуществом. Применение нейросетевого подхода может позволить, в отличие от классических алгоритмов машинного обучения, обеспечить потоковую обработку образцов вредоносных программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абашева И.В., Еремеев М.А., Нефедов В.С., Потерпеев Г.Ю. Применение методов машинного обучения к задачам обнаружения вредоносного программного обеспечения Труды Военно-

космической академии имени А.Ф.Можайского. С-Пб, 2020. – № 675. С. 164-171.

2. Нефедов В.С., Потерпеев Г.Ю., Якунин В.И. Подход к анализу вредоносного программного обеспечения с использованием мультиклассовой классификации Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. С-Пб, 2021. – № 679. С. 128-136.

3. Еремеев М.А., Нефедов В.С. Модель анализа вредоносного программного обеспечения с

использованием методов кластеризации Защита информации. Инсайд. М., 2022. № 2 (104). С. 46-49.

4. Li Chen. Deep Transfer Learning for Static Malware Classification. Machine Learning (cs.LG); Cryptography and Security (cs.CR); Machine Learning (stat.ML), 2018.

5. Сверточная нейронная сеть Inceptionv3 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://docs.exponenta.ru/deeplearning/ref/inceptionv3.html>

УДК 65.011

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОТЕСТОВ: МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Хабибулин Дамир Маратович

Ведущий инженер по автоматизированному тестированию

Qatar Insurance Company, Digital Hub

Доха, Катар

PERFORMANCE OPTIMIZATION OF AUTOTESTS: METHODS AND TOOLS

Khabibulin Damir Maratovich

Lead QA Automation Engineer

Qatar Insurance Company, Digital Hub

Doha, Qatar

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.120-121.2055

АННОТАЦИЯ

На сегодняшний день существует множество практик, которые позволяют либо сочетать автоматизацию тестов с ручной проверкой, либо полностью отказаться от ручных проверок программных продуктов и перейти на автоматические тесты. В то же время многие ИТ-организации еще не перешли на полную автоматизацию. Следовательно, изучение методов и инструментов стимулирующих производительность автотестов на сегодняшний день является крайне актуальной темой. Цель данной работы рассмотреть направления оптимизации производительности автотестов за счет применения инновационных методов и инструментов. Реализация данной цели возможна с помощью применения следующих методов: анализ и синтез информации, обобщение лучших вариантов и сравнение отечественных и зарубежных практик. В результатах отражено, что выбор методов по оптимизации производительности автотестов, а также инструментов, способствующих данному процессу, зависят от целей самой организации, ее материальных возможностей, а также уровня развития программного обеспечения, предоставляемого самой ИТ-организацией. Важно отметить, что зарубежные и отечественные практики в отношении оптимизации автоматизации тестов основываются примерно на одних и тех же системах, это связано с тем, что сегодня отечественные ИТ-компании предоставляют качественные продукты, которые в полном объеме могут удовлетворить потребности рынка и все проверки проводятся на самом высоком уровне. Сделан вывод о том, что в настоящее время отечественные компании имеют все предпосылки для полноценного перехода на полную автоматизацию тестовых проверок и последующий выбор зависит исключительно от руководства компаний.

ANNOTATION

Today, there are many practices that allow you to either combine test automation with manual verification, or completely abandon manual checks of software products and switch to automatic tests. But at the same time, many IT organizations have not yet switched to full automation. Therefore, the study of methods and tools that stimulate the performance of autotests is an extremely relevant topic today. The purpose of this work is to consider ways to optimize the performance of autotests through the use of innovative methods and tools. The realization of this goal is possible through the use of the following methods: analysis and synthesis of information, generalization of the best options and comparison of domestic and foreign practices. The results reflect that the choice of methods to optimize the performance of autotests, as well as tools that contribute to this process, depend on the goals of the organization itself, its material capabilities, as well as the level of development of the software provided by the IT organization itself. It is important to note that foreign and domestic practices regarding optimization of test automation are based on approximately the same systems. It is important to note that foreign and domestic practices in optimizing test automation are based on approximately the same systems, this is due to the fact that today domestic IT companies provide high-quality products that can fully meet the needs of the market and all checks are carried out at the highest level. It is concluded that currently domestic companies have all the prerequisites for a full-fledged transition to full automation of test checks and the subsequent choice depends solely on the management of the companies.

Ключевые слова: ПО, автотест, методы оптимизации, инструменты тестирования ПО, производительность автотестов

Keywords: software, autotest, optimization methods, software testing tools, autotest performance.

Введение (Introduction)

Современные ИТ-компании поддерживаются правительством и активно развиваются в самых различных направлениях. Одним из таких направлений для развития является перевод всех тестовых процедур на автоматический режим. При этом, важно отметить, что эксперты советуют планировать автоматизацию тестирования как можно раньше [1. С.52-56]. Такое предложение связано с тем, что программный продукт должен быть продуман во всех отношениях. Но, в то же время, автоматизация требует приобретения ресурсов в виде машин и программного обеспечения, что может стать проблемой, поскольку требует выделения времени и ресурсов. Поэтому желательно планировать заранее и избегать осложнений, связанных с превышением затрат и графиков.

Однако, на данный момент не все отечественные ИТ-организации перешли на автоматизацию тестов. Что актуализирует изучение темы оптимизации производительности автотестов, в плане изучения применения определенных методов и инструментов.

Безусловно, не все тестовые случаи можно автоматизировать. Тестовые случаи, которые следует автоматизировать, — это тесты с четкими результатами «пройдено/не пройдено», трудоемкими тестами, высоким риском сбоя или нестабильными функциями. Рекомендуются тесты для автоматизации — модульные тесты, тесты API, регрессионные тесты, тесты на основе данных и кроссбраузерные тесты [2. С.44-50].

Напротив, тестовые сценарии, которые следует выполнять вручную, — это UX-тесты, исследовательские тесты, тесты доступности приложений, встроенные функции ОС или тесты нестабильной функциональности, поскольку они дорогостоящие и имеют наибольшую вероятность получения ложных результатов [3. С.20-23].

С другой стороны, специалисты говорят о том, что ключевым подходом к автоматизации является поэтапная разработка графика работ. Такой подход позволит провести анализ рисков проекта. Рекомендуются параметры включают описания потенциальных рисков, подверженности риску, вероятности, смягчения последствий и связанных с ними затрат.

При этом, по мнению отечественных исследователей, важно понимать, что грамотные специалисты — залог успеха, следовательно, необходимо подобрать команду квалифицированных работников [4. 125-132]. Но, иногда организация не может справиться за счет собственных ресурсов. Тогда необходимо рассмотреть вариант привлечения ключевых заинтересованных сторон, что позволяет ИТ-организациям оставаться в курсе бизнес-требований и совершенствовать свои приложения в

рамках потребительского спроса [5. С.19-28]. Кроме того, необходимо рассмотреть возможность использования собственной команды контроля качества или аутсорсинга.

Для оптимизации производительности программного продукта специалисты советуют просматривать артефакты тестирования вместе с разработкой. Поскольку бизнес-приоритеты со временем меняются, тестировщикам следует следить за тем, чтобы планирование тестирования соответствовало запланированной функциональности. Более того, планирование тестирования должно быть хорошо документированным и динамичным [6. С.13-20].

С другой стороны, в зарубежных публикациях часто встречаются предложения по разработке стратегии с опорой на инструменты, которые будут основой для автоматического тестирования [7. С.613-620]. Но проблема в том, что на рынке существует множество инструментов и их выбор зависит от различных факторов. Как следствие, исследователи рекомендуют не спешить с выбором инструментов, а посмотреть, какую среду автоматизации тестирования нужно настроить, а затем выбирать несколько программ, обладающих ключевыми функциями вашего разрабатываемого приложения или ПО [8. С.372-412].

Зарубежные исследователи говорят о том, что инструменты предлагаемые Selenium и Appium создают наиболее надежные тесты и адаптируются к большинству, если не ко всем, языкам, платформам и ОС. Но, руководителям, необходимо обратить внимание, на то, что тестировщики должны обладать обширными знаниями в области программирования, а эти инструменты обычно не предлагают аналитику внутри приложения [9. С.3-18].

При выборе инструментов автоматизации самым главным для руководителей ИТ-организаций является эффективность их работы и соотношение цены и качества. В данном ключе рекомендуется воспользоваться пробными версиями. Так, большинство коммерческих инструментов автоматизации тестирования предлагают бесплатные консультации со своими инженерами по продажам, чтобы поддержать весь процесс исследования инструментов технической и деловой информацией.

На рынке так же существует такой бесплатный инструмент, как Katalon Studio. Он не требует навыков и знаний программного кода и может быть полезен для изучения в командах, где нет опытных автотестировщиков и все еще происходит поиск подходящих инструментов. Katalon Studio поддерживает разные типы тестирования, обладает аналитикой на основе искусственного интеллекта и удобной интеграцией [10.С.25-37].

Следовательно, если отечественные специалисты, в первую очередь уделяют внимание

методам и приемам, которые способствуют оптимизации процессов автоматизации тестов, то зарубежные продвигают те или иные инструменты для улучшения автотестов. И данная позиция оправдана политикой самих организаций, если отечественная практика направлена на развитие кадров и расширение сферы влияния на внутреннем рынке, то зарубежные интересуются, в первую очередь выгодами, которые возможно получить от принятия того или иного решения.

Цель данной работы рассмотреть направления оптимизации производительности автотестов за счет применения инновационных методов и инструментов.

Материалы и методы (Materials and Methods)

В основе данной работы лежат следующие методы:

- анализ и синтез информации, полученной из работ отечественных и зарубежных исследователей;
- обобщение оптимальных вариантов по выбору стратегии автоматизации тестов и их улучшения;

- сравнение отечественных и зарубежных практик.

Results (Результаты)

Как известно, каждое приложение и/или программное обеспечение – уникально, в независимости от уровня сложности и перечня выполняемых функций. И, как результат они, будут иметь свою собственную комбинацию требований к тестированию. Следовательно, на сегодняшний день не существует двух одинаковых команд разработчиков. Однако, выбор лучших методов и инструментов необходим, для оптимизации работы ИТ-организации.

Следовательно, важной ступенью выбора метода и инструментов по оптимизации автотестов является реализации комплексного подхода, который отвечает на ключевые потребности новой разработки, к которым относятся: функционал, безопасность, производительность и широта интерфейса. Как результат, ключевые методы работы с программным продуктом должны концентрироваться на данных направлениях, и выбор инструментов так же будет определен через проверку перечисленных потребностей.



Рис. 1 Соотношение методов способствующих оптимизации автотестов
Fig. 1 Ratio of methods contributing to the optimization of autotests

Определившись с комплектующими элементами, которые будут входить в состав нового программного продукта, необходимо распараллелить автоматизированные тестовые сценарии, не требующие взаимозависимости, чтобы сэкономить время.

В данном направлении можно выявить основные группы инструментов, которые так же необходимо использовать в области производительности и безопасности.

Таблица 1

Распространенные инструменты оптимизации автотестов

Table 1

Common autotest optimization tools			
Название	Функции	Плюсы	Минусы
Selenium	Широкий интерфейс регулирует систему проверок в зависимости от условий, выдвигаемых разработчиком	Совместим с многими языками программирования, позволяет проводить тесты удаленно	Ограничено управление набором данных для тестирования
Appium	Работает с различными марками и платформами, которые являются основой для мобильных телефонов	Совместим с многими языками программирования, позволяет проводить тесты удаленно	Ограничен работой с мобильными приложениями
Postman	Работает как связующее звено между ПО для любых устройств и направлен на структурирование запросов и ответов по реализации тестов	Совместим с различными системами и имеет широкий перечень функций для организации тестовых проверок	Ограничен в выборе языка программирования

Выбор инструмента или инструментов обусловлен направленностью разработки и возможностями самой организации. Но, как правило, определение оптимального инструмента зависит также и от методов тестирования, которые оказались предпочтительными для данного конкретного проекта.

При этом, выбранные методы, как правило нацелены на выявление ошибок, что требует временных затрат, так как рекомендуется выявлять причины ошибок, и регистрировать неудачные тесты. В данном ключе необходимо добавить таймер к тестовому запуску, чтобы выделить тесты, которые постоянно терпят неудачу или требуют

времени. Эта практика поможет команде выявить проблемные места и перенастроить действия этих тестов, тем самым максимизируя эффективность тестирования.

Для оптимизации работы автотестов не достаточно выбрать один или несколько инструментов, которые смогли бы обеспечить бесперебойную автоматизированную проверку, необходимо проведение также нагрузочных тестов, которые смогут проверить производительность разрабатываемого программного продукта и выявить все ошибки, которые могут проявляться при тестировании работы ПО.

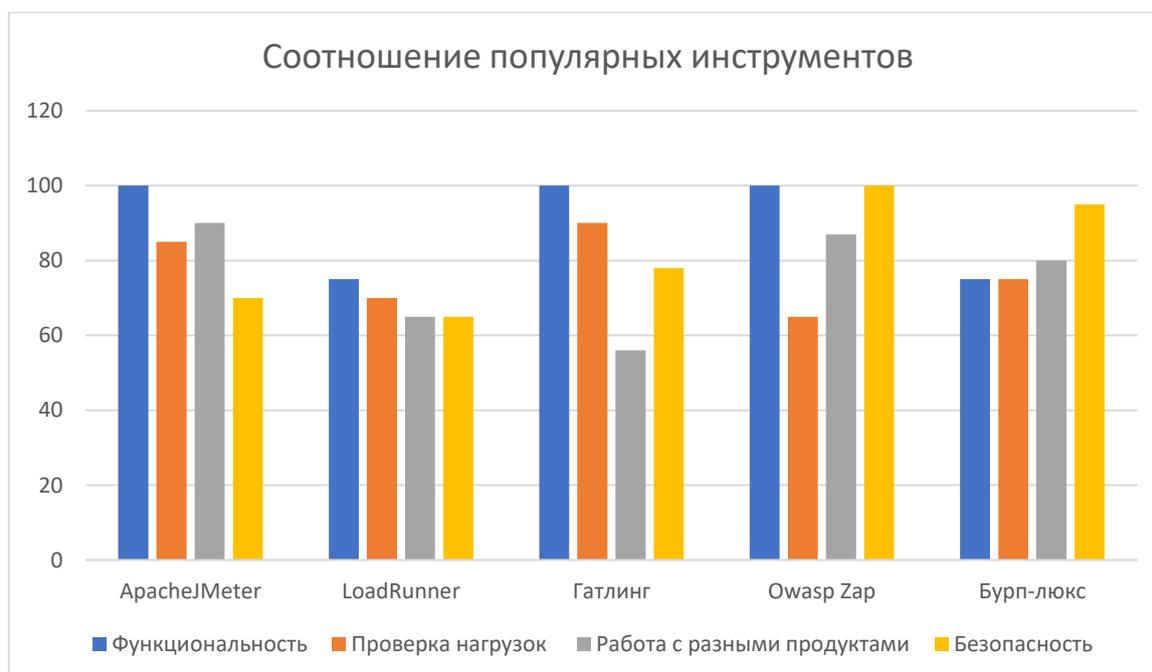


Рис.2 Сопоставление возможностей популярных автотестов
Fig.2 Comparison of the capabilities of popular autotests

Определив функционал, производительность и работоспособность программного продукта, а также выбрав язык, который будет поддерживать проверяемое ПО или приложение, разработчики занимаются вопросами безопасности

непосредственного использования данного продукта. И важно отметить, что вопросы безопасности на сегодняшний день являются крайне актуальными, так как частота взломов и вирусных атак является глобальной проблемой, с

которой приходится сталкиваться всем пользователям.

Последующая работа с предоставляемым продуктом будет зависеть от пользователей, но, сами разработчики тестов также могут заложить методы, которыми смогут пользоваться потребители:

- UserTesting (полезен при использовании метода «мышление вслух», как инструмент получения моментальной обратной связи);

- Optimal Workshop (необходим при комплексном методе проверок, так как предполагает сортировку проблем по категориям);

- Lookbackio (инструмент применяемый при методе видеонаблюдения, основанном на анализе проблем через запись экрана).

Для достижения оптимизации автотестов, необходимо следовать четкому алгоритму, который позволит выбрать оптимальные методы и инструменты.

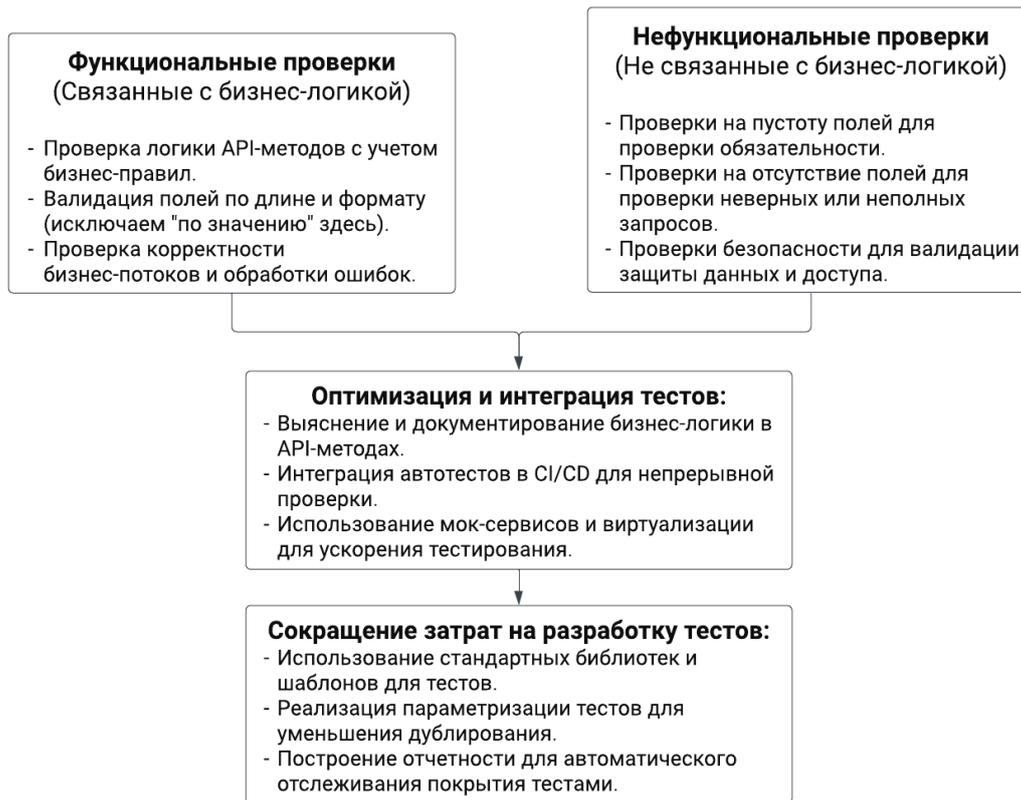


Рис.3. Схема оптимизации API автотестов
Fig.3. Autotest API optimization scheme

Следуя представленному алгоритму разработчики смогут учитывать и потребности пользователей и возможности собственной команды и способность разрабатываемого продукта соответствовать ключевым требованиям, таким как продуктивность, стрессоустойчивость, адаптивность и безопасность.

Discussion (Обсуждение)

Следовательно, прежде чем писать автотесты, необходимо определить набор лучших практик, чтобы гарантировать их устойчивость к автоматическим изменениям системы. Также важно использовать поведенческое развитие.

Полезно опираться на пользовательские истории при написании требований и сценариев автотестов для того, чтобы соответствовать потребностям заинтересованных лиц. А компания сможет предоставить пользующийся спросом

продукт, который будет отвечать всем требованиям времени.

Кроме того, при выборе методов работы и инструментов для автотестирования, важно учитывать возможность их повторного использования. Используя данный подход, основанный на данных, разработчики могут создавать тестовые примеры, просто изменяя данные, хранящиеся во внешних файлах.

Все это говорит о том, что оптимизация выбора зависит от потребностей и возможностей самой организации.

Заключение (Conclusion)

Итак, выбор методов по оптимизации производительности автотестов, а также инструментов, способствующих данному процессу, зависят от целей самой организации, ее материальных возможностей, а также уровня развития программного обеспечения,

предоставляемого самой ИТ-организацией. Но, самое главное – это выпускаемый продукт, так как многие инструменты нацелены на работу с определенными программными продуктами, а, следовательно, выбор будет ограничен целевым назначением. Важно отметить, что зарубежные и отечественные практики в отношении оптимизации автоматизации тестов основываются примерно на одних и тех же системах, это связано с тем, что сегодня отечественные ИТ-компании предоставляют качественные продукты, которые в полном объеме могут удовлетворить потребности рынка и все проверки проводятся на самом высоком уровне.

Все это говорит о том, что в настоящее время отечественные компании имеют все предпосылки для полноценного перехода на полную автоматизацию тестовых проверок и последующий выбор зависит исключительно от руководства компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Алефиренко В.М. Обзор и классификация информационных систем // Danish Scientific Journal. 2021. Vol. 1, № 55. С. 52-56.
- 2.Басов А.С. Обзор механизмов тестирования баз данных // Вестник науки. 2020. №7 (28). С.44-50
- 3.Бевзенко С. А. Процесс автоматизации нагрузочного тестирования веб-систем: основные аспекты // Universum: технические науки. 2023. №8-1 (113). С.20-23
- 4.Редкин П.А., Алёшкин А.С. Программный комплекс распределенного тестирования веб-приложений // Международный журнал открытых информационных технологий. 2024. №4. С.125-132
- 5.Туровец Н. О., Алефиренко В. М. Методы тестирования интегрированных информационных систем // Science Time. 2022. №3 (99). С.19-28
- 6.Шевчук О. А. Тестирование производительности программного обеспечения // International scientific review. 2024. №XCIV. С.13-20
- 7.Ali H.M., Hamza M.Y., Rashid T.A. A comprehensive study of automated testing with a software lifecycle//Duhok University Journal. 2023. vol. 26, №2, pp. 613-620. <https://doi.org/10.26682/csjuod.2023.26.2.55> .
- 8.Khanna C., Ahmad A.A.-S. Web Application Testing Methods: A systematic Cartographic Study// International Journal of Web Engineering and Technology. 2022. vol. 17, № 4. pp. 372-412. <https://doi.org/10.1504/IJWET.2022.10054339> .
- 9.Li H., Dang R., Yao Y., Wang H. Review of approaches to detecting vulnerabilities in smart contracts in Web 3.0 applications//Blockchains. 2023. vol. 1, pp. 3-18. <https://doi.org/10.3390/blockchains1010002>.
- 10.Trofimenko E., Dyka A., Loboda J. Analysis of vulnerabilities and security problems of web applications//System technologies. 2023. №3. P. 25-37. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-3-146-2023-03>.

REFERENCES

- 1.Alefirenko V.M. Review and classification of information systems // Danish Scientific Journal. 2021. Vol. 1, No. 55. pp. 52-56.
- 2.Basov A.S. Review of database testing mechanisms // Bulletin of Science. 2020. No.7 (28). pp.44-50
- 3.Bevzenko S. A. The process of automation of load testing of web systems: basic aspects // Universum: technical sciences. 2023. No.8-1 (113). pp.20-23
- 4.Redkin P.A., Aleshkin A.S. Software package for distributed testing of web applications // International Journal of Open Information Technologies. 2024. No.4. pp.125-132
- 5.Turovets N. O., Alefirenko V. M. Methods of testing integrated information systems // Science Time. 2022. No.3 (99). pp.19-28
- 6.Shevchuk O. A. Software performance testing // International scientific review. 2024. No.XCIV. pp.13-20
- 7.Ali H.M., Hamza M.Y., Rashid T.A. A comprehensive study of automated testing with a software lifecycle//Duhok University Journal. 2023. vol. 26, №2, pp. 613-620. <https://doi.org/10.26682/csjuod.2023.26.2.55> .
- 8.Khanna C., Ahmad A.A.-S. Web Application Testing Methods: A systematic Cartographic Study// International Journal of Web Engineering and Technology. 2022. vol. 17, № 4. pp. 372-412. <https://doi.org/10.1504/IJWET.2022.10054339> .
- 9.Li H., Dang R., Yao Y., Wang H. Review of approaches to detecting vulnerabilities in smart contracts in Web 3.0 applications//Blockchains. 2023. vol. 1, pp. 3-18. <https://doi.org/10.3390/blockchains1010002>.
- 10.Trofimenko E., Dyka A., Loboda J. Analysis of vulnerabilities and security problems of web applications//System technologies. 2023. №3. P. 25-37. <https://doi.org/10.34185/1562-9945-3-146-2023-03>.

Евразийский Союз Ученых.

Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал
№ 05-06(120-121)/2024 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.