

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

Ежемесячный научный журнал
№ 1 (126)/2025 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

Нгуен Тхи Хиен

ГЛАДКАЯ МОДЕЛЬ НЕКОТОРЫХ ГИСТЕРЕЗИС РЕЛЕ
И ПРИМЕНЕНИЕ3

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

Мищенко И.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДОБУЧЕННЫХ МОДЕЛЕЙ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ
ВРЕДОНОСНОГО ПО В ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЯХ ...7

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Катышев А.Н.

ЕДИНОЕ ПОЛЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.....10

Шепель О.М., Осокина С.Е.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
.....13

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Григоренко А.В.

ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ АКУСТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ
КЛАССОВ17

Сахаватов Ш.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ И
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В РАКЕТНО-
КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ23

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

УДК 517.9

ГЛАДКАЯ МОДЕЛЬ НЕКОТОРЫХ ГИСТЕРЕЗИС РЕЛЕ И ПРИМЕНЕНИЕ*Nguyen Thi Hien**доктор физико-математических наук,
Ханойский промышленный университет,
Вьетнам.***THE SMOOTH MODEL OF SOME RELAY HYSTERESIS AND APPLICATION***Nguyen Thi Hien**Dr. of Physics and Mathematics sciences,
Hanoi University of Industry,
Vietnam.*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2025.1.126.2147

АННОТАЦИЯ

В статье предлагается модель гистерезисного реле, записанная обыкновенным дифференциальным уравнением с большим параметром K . Основным результатом представлен в теореме, которая дает приближение гладкой модели к точной модели, которая определяется локально явным уравнением, когда параметр K стремится к бесконечности. Поэтому мы можем скорректировать K , для которого гладкую модель можно считать эквивалентной точной модели. Полезность этой модели проиллюстрирована на конкретном примере.

ABSTRACT

The paper is proposed a model of hysteresis relay writing by the ordinary differential equation with a large parameter K . The main result is presented in theorem which gives the approximate of the smooth model to the exact model that is defined by the locally explicit equation when the parameter K tends to infinity. We can therefore adjust K for which, the smooth model can be considered as equivalent to the exact model. The usefulness of this model is illustrated via a concrete example.

Key words: Hysteresis, relay, locally explicit model, smooth model, exact model.

Ключевые слова: гистерезис, реле, локально явная модель, гладкая модель, точная модель.

1. Introduction

The emergence of mathematical models has been doing intensively applied mathematical problems with hysteresis [1-5]. In the present paper, we consider some hysteresis relay as a inverter with a continuous input function $x(t)$ and a discontinuous output function $y(t)$, which assumes only the values 0 and 1. The inverter describes the change of the state $y(t) \in \{0,1\}$ of hysteresis switches with the lower and upper threshold values α and β , where $\alpha < \beta$. The permissible states of relay are meant all pairs $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ satisfying the condition $(x < \beta$ and $y = 0)$ or $(x > \alpha$ and $y = 1)$.

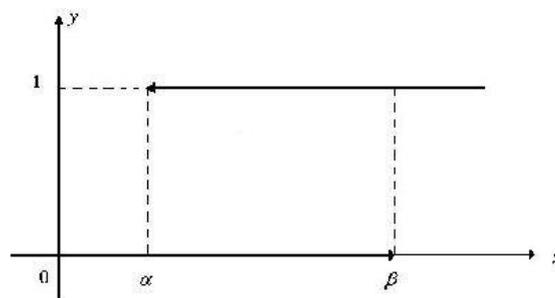


Fig.1. The permissible states of relay.

Follow [6], the analytical description of such relay system leads to the locally explicit equation

$$y(t + dt) = \begin{cases} 0, & \text{if } x(t) \leq \alpha, \\ 1, & \text{if } x(t) \geq \beta, \\ y(t), & \text{if } \alpha < x(t) < \beta. \end{cases} \quad (1)$$

Obviously, the model (1) is non-smooth, so the model is not convenient for numerical and qualitative analysis. Therefore, the advanced packages of the applied programs may be used to analyze numerically the relay control

systems, as well as for qualitative study with the use of numerical experiments. At that, the new model of hysteresis relay based on the ordinary differential equation proves to be most convenient. This model is called smooth model which is defined as follows:

$$\begin{cases} \dot{w} = K[(x - \beta)_+(1 - w) - (\alpha - x)_+w], \\ \tilde{y} = \text{int} \left(w + \frac{1}{2} \right). \end{cases} \quad (2)$$

Here: $w = w(t)$ is the intermediate (smooth) output function; K is a large parameter; $x = x(t)$ is the continuous input function; $\tilde{y} = \tilde{y}(t)$ is the output function; x_+ is $\max\{0, x\}$; $\text{int } x$ is the left-continuous integer part of the value x , that is, the greatest integer smaller than x .

One can easily see that

$$w(t_0) \in [0,1] \Rightarrow w(t) \in [0,1] \text{ for all } t \geq t_0. \quad (3)$$

Indeed, if, for example, $w(t) > 1$ for $t \in (t_1, t_2]$ and $w(t_1) = 1$, then $\dot{w}(\theta) > 0$ at some point $\theta \in (t_1, t_2)$, which contradicts (2).

2. Theorem on the practical equivalence of the locally explicit and the smooth relay models

Theorem: Suppose that the continuous input function $x(t)$ does not take threshold relay values α, β , in locally minimum and maximum points of this function $x(t)$, respectively. Then, in any interval $[t_0, T]$ a value μ tends 0 for $K \rightarrow +\infty$, where

$$\mu = \mu\{t \in [t_0, T]: y(t) \neq \tilde{y}(t)\},$$

$y(t), \tilde{y}(t)$ are solutions of system (1) and (2), respectively, satisfying:

$$y(t_0) = \tilde{y}(t_0) = y_0.$$

Proof. We will prove this theorem in two cases. In the first case, when the locally relay model is not switched in $[t_0, T]$, consequently, the output relay function does not change its value and, thereby: $x(t) < \beta$ and $y_0 = 0$ in $[t_0, T]$. In this interval $y(t) = 0$ and $\dot{w} = -K(\alpha - x)_+w$, then

$$w(t) = w_0 e^{-K \int_{t_0}^t (\alpha - x(s)) ds} = 0 = y(t),$$

consequently, $\tilde{y}(t) = y(t) = 0$. The proof is given similarly to the situation, where $x(t) > \alpha$ and $y_0 = 1$. Thus, we are proved that $\mu = 0$ in this first case.

Now, we consider the second case, when the locally relay model is switching in $[t_0, T]$. In this interval we will construct a sequence $(t_j: j \in N)$ as follows:

$$x(t_j) = \alpha \text{ and } x(t) < \beta \text{ for all } t \in t_j, t_{j+1}),$$

$$x(t_{j+1}) = \beta \text{ and } x(t) > \alpha \text{ for all } t \in t_{j+1}, t_{j+2}), \quad (4)$$

that is, we construct the sequence of points at which the locally explicit relay model is switched. Now, we consider $\Delta = \inf_{j \in \mathbb{N}} \{t_{j+1} - t_j\}$ and we can easily see that $\Delta > 0$. Indeed, let us assume that $\Delta = 0$, then there exists a subsequence $\{t_{j_n}\} \subset \{t_j\}$, at that $t_{j_{n+1}} - t_{j_n} \rightarrow 0$ for $n \rightarrow +\infty$. By virtue of the uniform continuous input function $x(t)$ in $[t_0, T]$ we can obtain:

$$|x(t_{j_{n+1}}) - x(t_{j_n})| < \frac{\beta - \alpha}{2}$$

for all $n \geq n_0, n_0 \in N$. It follows the contradiction with definition of points t_j because $|x(t_{j_{n+1}}) - x(t_{j_n})| = \beta - \alpha$ (see (4)). Thus, $\Delta > 0$ and from this fact, we can check that the sequence $(t_j)_{j \in N}$ is finite, the number elements of which does not exceed the following value:

$$m = \left\lceil \frac{T - t_0}{\Delta} \right\rceil + 1. \quad (5)$$

By virtue of the condition of the input function $x(t)$ (see the formulation of the theorem) we get that, for each point $t_j (1 \leq j \leq m)$ there exists a positive value $\delta > 0$, such as, for all $t \in (t_j, t_j + \delta)$ we have that $x(t) < \alpha$ if $x(t_j) = \alpha$ and $x(t) > \beta$ if $x(t_j) = \beta$. Now, we take an arbitrary positive number $\varepsilon > 0$, then, we define:

$$\delta = \min \left\{ \min_{1 \leq j \leq m} \{\delta_j\}, \frac{\varepsilon}{m+1} \right\} > 0 \quad (6)$$

Since in $[t_0, t_1]$ the output function of the locally relay model does not change, then from the proof in the first case it directly follows that $\tilde{y}(t) = y(t) = y_0$ for all $t \in [t_0, t_1]$. Next, we consider some intervals t_j, t_{j+1} and we suppose that $x(t_j) = \alpha$, then by definition of point t_j we get that

$$\dot{w} = -K(\alpha - x)_+w.$$

From this fact, it follows that the function $w(t)$ will be decreasing in t_j, t_{j+1} . In particular, we have that $\dot{w} = -K(\alpha - x)w$ for $t \in (t_j, t_j + \delta)$, and, consequently,

$$w(t) = w_j e^{-K \int_{t_j}^t (\alpha - x(s)) ds}. \quad (7)$$

For this j let us define values a_j and M_j , such as:

$$a_j = \int_{t_j}^{t_j+\delta} (\alpha - x(s)) ds;$$

$$M_j a_j > \ln 2. \tag{8}$$

Using the fact $w_j \in [0,1]$ (see (3)), then it easy to check that

$$0 \leq w(t) \leq w(t_j + \delta) = w_j e^{-Ka_j} < \frac{1}{2},$$

consequently, $\tilde{y}(t) = 0$ for all $t \in [t_j + \delta, t_{j+1}]$ and $K \geq M_j$. On the other hand, we have $y(t) = 0$ in t_j, t_{j+1} , so $\tilde{y}(t) = y(t) = 0$ in $[t_j + \delta, t_{j+1}]$, that is, in each interval t_j, t_{j+1} functions $\tilde{y}(t), y(t)$ can not equal only for $t \in t_j, t_j + \delta$.

If $x(t_j) = \beta$, then for each j let us define values b_j and N_j as follows:

$$b_j = \int_{t_j}^{t_j+\delta} (x(s) - \beta) ds;$$

$$N_j b_j > \ln 2.. \tag{9}$$

Similarly to the proof of situation, where $x(t_j) = \alpha$ we will obtain that $\tilde{y}(t) = y(t) = 1$ in $[t_j + \delta, t_{j+1}]$ for all $K \geq N_j$.

For each $j(1 \leq j \leq m)$ one of values M_j, N_j is defined by expression (8) or (9), another will be 0. After that, we define $K_0 = \max_{1 \leq j \leq m} \{M_j, N_j\}$. Now, we can approve that for all $\varepsilon > 0$ and $K \geq K_0$ there is $\mu \leq m\delta < 0$ (see (5) and (6)). The theorem is completely proved.

3. Analysis example

Let us consider the following system

$$\begin{cases} \dot{u}_1 = (1 - 2y(t) - \pi) \cdot u_1 \\ \dot{u}_2 = (\pi 1 - 2y(t)) \cdot u_2 \\ u(t_0) = u_0 \in R^2 \setminus \{0\}. \end{cases} \tag{10}$$

Here, $y(t)$ is the output function of the locally explicit (see (1)) relay model with the input function $x(t) = \sqrt{u_1^2(t) + u_2^2(t)} = \|u(t)\|$.

For the numerical analysis of the system (10) we use the smooth relay model, in which, for example $K = 10^6$, as follows:

$$\begin{cases} \dot{\tilde{u}}_1 = (1 - 2\tilde{y}(t) - \pi) \cdot \tilde{u}_1 \\ \dot{\tilde{u}}_2 = (\pi 1 - 2\tilde{y}(t)) \cdot \tilde{u}_2 \\ \tilde{u}(t_0) = u_0 \in R^2. \end{cases} \tag{11}$$

Here, $\tilde{y}(t)$ is the output function of the smooth relay model (see Eq. (2)) with the input function $\tilde{x}(t) = \sqrt{\tilde{u}_1^2(t) + \tilde{u}_2^2(t)} = \|\tilde{u}(t)\|$.

Use the program Mathematica for the system (11) we can get the behavior of the relay system (10) as follows (see Fig. 2):

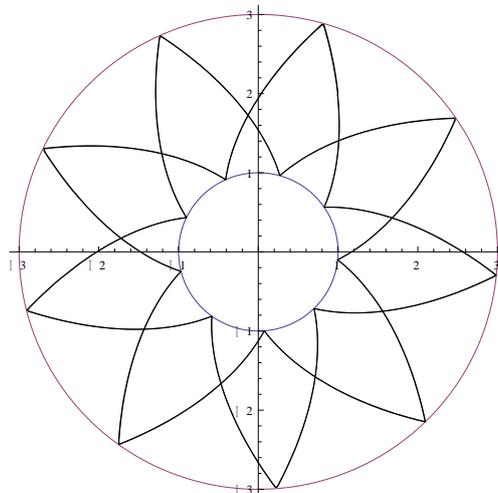


Fig.2. The behavior of system with hysteresis relay

4. CONCLUSION

The main result of this paper is presented in theorem which gives the research smooth model of

hysteresis relay is practical equivalence to the exact model. Next, using the smooth model and mathematical applied programs Mathematica trajectories of some

systems are described. Based on this, we hope to get more profound results in future for an assembly line of studies in optimal control systems.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] M.A. Krasnosel'skii , A.V. Pokrovskii, Periodic oscillations in systems with relay nonlinearities, *Soviet Mathematics*, 15 (1974), No 3, pp. 873- 877.
- [2] M.A. Krasnosel'skii, A.V. Pokrovskii, A.F. Klepcyn, , E.A. Livshitz and A.A. Vladimirov, Vector hysteresis nonlinearities of the von MisesTresca type, *Soviet Physics Doklady*, 26(1981), No 3, pp. 581 - 583.
- [3] M.A. Krasnosel'skii and A.V. Pokrovskii, *Systems with Hysteresis*, Russian, 1983.
- [4] M.A. Krasnosel'skii and D.I. Rachinskii, Continuums of cycles in systems with hysteresis, *DAN.2001.378.3*, pp. 314-319.
- [5] Nguyen Thi Hien, Analysis of autooscillation in system with two relays, *Works of the Mathematical faculty, Voronezh VGU 2006*, No 10, pp. 112-118.
- [6] Nguyen Thi Hien, Smooth model of the Relay with Hysteresis, *Automation and Remote Control*, 2010, Vol.71, No. 11, p. 2310-2320.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДОБУЧЕННЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПО В ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЯХ

Мищенко Иван Владимирович
Старший Android разработчик,
Грузия, Батуми

APPLICATION OF PRE-TRAINED MACHINE LEARNING MODELS FOR MALWARE DETECTION IN ANDROID APPS

Mishchenko Ivan
Senior Android developer,
Georgia, Batumi

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2025.1.126.2148

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема выявления вредоносного программного обеспечения (malware) в Android-приложениях с использованием предобученных моделей машинного обучения. Исследуются методы анализа APK-файлов, включающие статический анализ с использованием библиотеки AndroGuard, а также классификацию на основе TensorFlow Lite. Для верификации результатов применяется API сервиса VirusTotal, позволяющий сравнивать обнаруженные угрозы с базами данных антивирусных решений. В работе проведены эксперименты, демонстрирующие эффективность предложенного подхода, а также анализируются факторы, влияющие на точность детектирования вредоносных программ. Полученные результаты показывают повышение точности идентификации угроз по сравнению с традиционными методами, что подтверждает целесообразность использования машинного обучения в задачах кибербезопасности для мобильных платформ.

ABSTRACT

This paper addresses the problem of detecting malicious software (malware) in Android applications using pre-trained machine learning models. The study explores APK file analysis methods, including static analysis with the AndroGuard library and classification based on TensorFlow Lite. To verify the results, the VirusTotal API is utilized, allowing detected threats to be compared with antivirus databases. The research includes experiments demonstrating the effectiveness of the proposed approach and analyzes factors influencing the accuracy of malware detection. The obtained results show an improvement in threat identification accuracy compared to traditional methods, confirming the feasibility of using machine learning in cybersecurity tasks for mobile platforms.

Ключевые слова: Android, машинное обучение, вредоносное ПО, статический анализ, TensorFlow Lite, AndroGuard, VirusTotal API.

Keywords: Android, machine learning, malware detection, static analysis, TensorFlow Lite, AndroGuard, VirusTotal API.

Введение

С ростом популярности мобильных устройств и широким распространением Android-экосистемы проблема вредоносного программного обеспечения (malware) становится все более актуальной. Ежегодно фиксируется рост количества вредоносных Android-приложений, распространяемых через сторонние магазины, фишинговые ссылки и даже официальные площадки, такие как Google Play. Эти угрозы включают в себя трояны, рекламное ПО (adware), программы-вымогатели (ransomware) и кейлоггеры, способные перехватывать персональные данные пользователей [1].

Традиционные методы защиты Android-приложений, такие как сигнатурный анализ антивирусных программ, часто оказываются недостаточными, так как современные угрозы используют методы обфускации и полиморфизм, что затрудняет их детектирование. В связи с этим применение методов машинного обучения и

нейросетевых алгоритмов становится перспективным направлением для автоматического выявления вредоносного ПО [2].

Цель работы – продемонстрировать возможности готовых моделей машинного обучения для детектирования вредоносного ПО без необходимости создания собственной нейросети.

Материалы и методы исследования

Для исследования были выбраны три основных инструмента:

• **TensorFlow Lite** – облегченная версия TensorFlow, позволяющая использовать модели машинного обучения на мобильных устройствах и встраиваемых системах. TensorFlow Lite поддерживает аппаратное ускорение, что делает его оптимальным для работы на Android-устройствах. В исследовании использовалась предобученная модель классификации APK-файлов, обученная на выборке из 10 000 приложений, включающих как безопасные, так и вредоносные программы.

● **AndroGuard** – инструмент для статического анализа Android-приложений [3], позволяющий извлекать метаданные, декомпилировать код и проводить различные виды анализа. AndroGuard позволяет анализировать байт-код Dalvik, извлекать используемые разрешения, API-вызовы и другие параметры, что важно для выявления потенциально вредоносного поведения. Инструмент поддерживает анализ smali-кода, позволяя извлекать сигнатуры классов и оценивать степень схожести с известными образцами вредоносного ПО.

● **VirusTotal API** – облачная служба, позволяющая сканировать файлы с использованием множества антивирусных движков и предоставляющая отчеты о потенциальных угрозах. VirusTotal позволяет получать данные о репутации приложения на основе уже имеющихся сигнатурных методов детектирования и машинного обучения.

В рамках настоящего исследования, посвящённого выявлению вредоносного программного обеспечения (malware) в Android-приложениях с применением предобученных моделей машинного обучения, был сформирован набор APK-файлов, состоящий из 1 000 приложений, из которых 500 были классифицированы как вредоносные, а оставшиеся – как безопасные. Датасет формировался на основе открытых источников и баз данных вредоносного ПО (VirusShare, AMD (Android Malware Dataset) и коллекций Google Play), при этом для обеспечения сбалансированности выборка включала различные типы вредоносных программ: трояны, рекламное ПО, программы-шпионы и фишинговые приложения.

В ходе эксперимента были выполнены следующие этапы:

1. Анализ APK-файлов с использованием AndroGuard:

● Извлечение запрашиваемых разрешений и их сравнение с типичными разрешениями для вредоносных приложений.

● Анализ импортируемых библиотек и API-вызовов, выявление подозрительных функций.

● Оценка степени обфускации кода и попыток сокрытия вредоносного функционала.

2. Классификация APK-файлов с использованием TensorFlow Lite:

● Преобразование извлеченных признаков в числовой вектор для подачи в модель.

● Использование предобученной нейросети для предсказания класса приложения (вредоносное/безопасное).

3. Верификация результатов через VirusTotal API:

● Отправка идентификаторов файлов в VirusTotal.

● Сравнение результатов анализа с данными антивирусных движков.

● Оценка расхождений между прогнозами модели и данными VirusTotal.

4. Оценка точности классификации:

● Использование метрик точности (accuracy), прецизионности (precision), полноты (recall) и F1-score.

● Анализ ошибок классификации и поиск способов их минимизации.

Пример кода для обработки APK-файла с помощью AndroGuard:

```
from androguard.misc import AnalyzeAPK
apk_path = "sample.apk"
a = AnalyzeAPK(apk_path)
print("Запрашиваемые разрешения:", a.get_permissions())
print("Используемые библиотеки:", a.get_libraries())
```

Пример кода для использования TensorFlow Lite на Kotlin:

```
import org.tensorflow.lite.Interpreter
import java.nio.ByteBuffer

val model = Interpreter(loadModelFile("malware_detector.tflite"))
val inputBuffer: ByteBuffer = prepareInputData(featureVector)
val outputBuffer = ByteBuffer.allocateDirect(4)

model.run(inputBuffer, outputBuffer)
val result = outputBuffer.float
println("Вероятность вредоносности: $result")
```

Пример кода для проверки APK-файла через VirusTotal API:

```
import requests
api_key = "YOUR_VIRUSTOTAL_API_KEY"
file_path = "sample.apk"
url = "https://www.virustotal.com/api/v3/files"
headers = {"x-apikey": api_key}
files = {"file": open(file_path, "rb")}
response = requests.post(url, headers=headers, files=files)
print(response.json())
```

Оценка эффективности моделей

Для оценки эффективности предложенного подхода были проведены эксперименты, в рамках которых сравнивались результаты работы предобученной модели TensorFlow Lite с традиционными методами детектирования вредоносных программ [4]. Основные метрики, использованные в исследовании, включают точность (accuracy), полноту (recall), точность предсказания (precision) и F1-меру.

Результаты показали, что предложенный метод с использованием статического анализа и машинного обучения [5] достиг точности 91,4%, что на 12% выше по сравнению с традиционными методами сигнатурного анализа. Полнота классификации составила 89,7%, а F1-мера – 90,5%. Данный результат подтверждает, что машинное обучение способно эффективно выявлять потенциальные угрозы даже в условиях обфускации кода и полиморфизма вредоносных программ.

Тем не менее, анализ ложных срабатываний показал, что некоторые легитимные приложения ошибочно классифицировались как вредоносные из-за использования обфускации и специфических API-вызовов. Это указывает на необходимость дополнительной оптимизации модели и интеграции динамического анализа для повышения точности обнаружения угроз в реальных условиях эксплуатации.

Выводы

В данной статье были рассмотрены современные подходы к выявлению вредоносного программного обеспечения в Android-приложениях с использованием предобученных моделей машинного обучения. Исследование показало, что сочетание статического анализа с нейросетевыми методами классификации позволяет достичь высокой точности обнаружения угроз.

Проведенный эксперимент продемонстрировал, что применение инструмента AndroGuard для анализа исходного кода и метаданных APK-файлов в сочетании с предобученной моделью TensorFlow Lite [6] позволяет выявлять потенциально опасные приложения с точностью 91,4%. Дополнительная проверка через VirusTotal API [7] подтвердила, что предложенный метод способен эффективно дополнять традиционные антивирусные решения.

Анализ результатов показал, что наиболее распространенные ошибки классификации связаны

с применением разработчиками методов обфускации и полиморфизма, что затрудняет статическое обнаружение угроз. В этом контексте перспективным направлением дальнейших исследований является интеграция динамического анализа, позволяющего выявлять вредоносное поведение приложений на стадии их исполнения.

Также важным направлением для будущих исследований является расширение используемой тренировочной выборки за счет новых источников вредоносных программ. Это позволит повысить обобщающую способность модели и снизить количество ложноположительных и ложноотрицательных срабатываний. Кроме того, возможна адаптация подхода для работы в режиме реального времени, что сделает его более применимым для мобильных антивирусных решений и систем защиты информации.

Список литературы

1. Андрианов Н.Ю., Смирнов Д.А. Методы статического анализа для выявления уязвимостей в Android-приложениях // Информационная безопасность. 2021. № 4. С. 34-41.
2. Иванов П.В., Козлов М.С. Применение машинного обучения для анализа вредоносных программ в мобильной среде // Вестник компьютерных наук. 2020. № 2. С. 58-67.
3. Петров А.А., Сидоров Б.В. Статический и динамический анализ вредоносных Android-приложений // Цифровая безопасность. 2019. № 3. С. 21-30.
4. Никифоров О.Г., Климов Д.С. Интеллектуальные методы выявления вредоносного ПО на мобильных устройствах // Компьютерная инженерия и кибербезопасность. 2022. № 5. С. 45-53.
5. Chen, X., Wang, Y., Li, J. Machine Learning-based Malware Detection for Android Applications // Journal of Information Security and Applications. 2021. Vol. 58. P. 102-114.
6. Wang, H., Zhang, L., Zhao, J. Deep Learning Techniques for Android Malware Detection // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 2020. Vol. 15. P. 1234-1246.
7. VirusTotal. Multi-engine malware scanning platform [Электронный ресурс]. URL: <https://www.virustotal.com/>(дата обращения: 01.03.2025)

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЕДИНОЕ ПОЛЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.

Катышев Алексей Николаевич

Пенсионер.

Брянск Bryansk

Россия

UNITED FIELD AND INTERACTIONS.

Katyshev Alexey

Russia

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2025.1.126.2149

АННОТАЦИЯ

В работе дано описание единого поля, которое при взаимодействии с материей, меняет свои качественные характеристики и образует обратную связь: поле – материя – поле. Выводится формула, связывающая гравитационный и энергетический фон системы через движение ее частей и спин частицы.

ABSTRACT

This work gives a description of the unified field which at the interaction with the matter changes its qualitative characteristics and develops the feedback: field-matter-field. The formula is derived that relates the gravitation and energy background of the system by the movement of its parts and the particle spin.

Ключевые слова: поле, взаимодействие, природа.

Key words: field, interaction, nature.

Картина мира дает нам сделать предположение о том, что материя, распространенная в пространстве, есть проявление свойств поля, которое в своем движении формирует материю как вещество, придает ей все физические свойства и симметрию, само являясь материей. То есть в пространстве материя формирует материю. А значит можно утверждать о дискретности природы, обусловленности и главенстве отношений собственных элементов природы. Уровнях отношений, где большие количественные характеристики низших уровней (всего 4) заметно уменьшаются. Можно говорить, что все отношения происходят только через константы и только пропорционально константам. Появляется мерность. Поэтому математика, а не наоборот. У природы есть количественная сторона в виде элементов поля и вещества (частиц). Это единственная материальная составляющая. Есть качественная, в виде внесения в результате взаимодействия, определенного количества движения. Т.е. изначальный механизм существования природы обуславливает жесткую конструктивность и самоорганизацию.

Изначальный механизм образования природы.

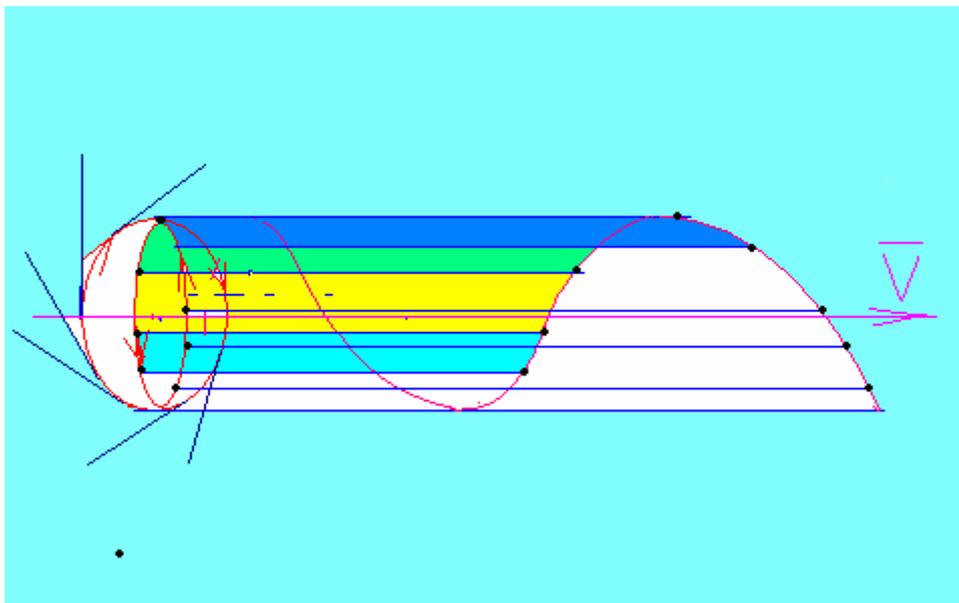
Предположим, что существует одна (о дальнейшем ее внутреннем строении мы не говорим) наименьшая частица элемент поля. В движении элемент поля передает определенно закономерное количество движения взаимодействующей материи. И не только при взаимодействии, но и при достаточном сближении. То есть у гравитона есть реальная область отталкивания, в виде внесения силы на расстоянии $1,32 * 10^{-15}$ м частице, зависящее от скорости и ее вектора. Скорость элемента поля $C=const$. Гравитационное поле, а значит его элементы,

равномерно пронизывающие пространство, представляют собой квантовый, но не всегда одинаковый поток со всех направлений. И поэтому любая, до определенных размеров сколь угодно малая или большая область пространства, пересекается элементами поля. И если в этой области пространства нет сконцентрированной материи, элементы поля пересекают это пространство без взаимодействия. Если же в какой либо области пространства существует сконцентрированная материя в виде частицы, то элементы поля, пересекая это пространство и внедряясь в область сконцентрированной материи, удерживают материю от распада. В случае стабильных частиц поле может удерживать только определенную область сконцентрированной материи в пространстве.

Элементы поля формируют также спин частицы. Частица раскручивается в двух плоскостях. Всегда по вектору скорости, где линейная скорость раскрутки равна C . И перпендикулярно вектору скорости, где изначальная линейная скорость $1/137C$ и зависит от энергетики системы, в которой находится (это один из элементов гравитации). Частица в движении, кроме того, что поглощает элементы поля, испускает их. Механизмом испускания является спин. По вектору скорости частота испускаемых гравитонов наибольшая и уменьшается до противоположного направления. При увеличении скорости увеличивается частота поля по вектору и наоборот. Сама же частица частоту испускания не меняет, а происходит перераспределение поля в пространстве (примитивно так – выброс, продвинулась – еще выброс). Но при любой скорости частота поля перпендикулярная вектору скорости остается неизменной. Перераспределение

поля формирует фон большой системы, где все ее части остаются в покое относительно движения системы. Т.е. для них частота поля остается такой же при движении системы, какой бы она была при полной остановке системы. Это же верно и для связанных систем типа галактик и звездных систем. Частицы испускают элементы поля по касательной в плоскости наибольшего вращения (где скорость С). Испускаются одномоментно. Поворот. Опять испускание 137 элементов поля в плоскости вращения одномоментно и 137 раз за один таксономический акт – поглощение и испускание по одному элементу с каждой из 137² сторон. Поэтому можно говорить, что испускание дискретно и распределено в пространстве. Получается такая картина. Перераспределение поля у движущихся частиц остается прежним (у

одной частицы поле размазывается в ее движении, кроме направления параллельного ее вектора движения и в обратном направлении). Перпендикулярная составляющая магнитного поля тоже. А вот по вектору и против вектора скорости появляется образование из элементов поля в виде спирали (пружины). По вектору движения спираль сжимается и ее энергетические свойства увеличиваются. Против – наоборот. Это и есть так называемый фотон -137 элементов поля. Частица излучает фотон всегда. Другое дело, какой. При движении частицы увеличена частота поля по вектору, но не увеличивается масса, а увеличивается суммарная энергия. Т.е. энергия частицы = энергии поля.



Движение же определяет энергетический фон системы.

Ранее я объяснял, что понимается под фотоном. Частица, испуская элементы поля, вращается в двух плоскостях. По вектору скорости линейная скорость С. И перпендикулярно, где линейная скорость 1/137 С. Чтобы система находилась в равновесии нужно, чтобы число принимаемых и испускаемых элементов поля было равно. Этим “занимается” перпендикулярная составляющая спина. Элементы поля испускаются по вектору скорости. Испускаются по касательной. Нетрудно увидеть, что частота испускания в одном направлении

$$\omega_0 = \frac{V_s}{2 \pi R}$$

$$V_s = \alpha * C \quad \alpha = \frac{1}{137} \quad \Omega k \Omega = 3,89 * 10^{-7}$$

константа Зго уровня отношений. k зависит от суммарной частотной характеристики поля в локальной области частицы. Частотная характеристика частицы зависит от характеристики

поля. Обратная связь. α – постоянная тонкой структуры.

$$f = \frac{C\alpha}{2\pi R} - \text{частотная характеристика частицы.}$$

(Природная)

$$f = \frac{C\alpha * 137}{2\pi R * (1 - \frac{v}{c})} - \text{фотона, где } v \text{ скорость частицы.}$$

$$R = 2,1 * 10^{-15} \text{ м}$$

На предыдущей основе можно сделать вывод о том, что при верной начальной основе, где элемент поля на нашем квантовом уровне, имеющий реальную область отталкивания и подчиняющийся субквантовому движению, формирует материю. И на основе взаимодействия с материей, формирует материальные системы и связанные с движением физические законы.

Модельное изложение гравитации и энергетики на орбите.

Модель подразумевает существование единого поля, образованного его элементами, которые формируют вещественные частицы и через обратную связь (обратный образ) поле – вещество – поле уже формирует то многообразие нашего мира. Движение и расположение частиц подчиняется только силовому полю и взаимному

расположению. Этим достигаются взаимодействия, самоорганизация и конструктивность природы.

Кроме того силовое поле стремится движение частицы (суммы частиц) привести к симметрии отношений, а движение частиц приводит к асимметрии взаимодействий. Конечно без полного понимания структуры поля и таксономических актов (одновременно с $137^2 - k$ сторон) элементов поля) трудно разобраться. Но это изложено в первой строке.

Здесь же затронем тему гравитации. Для этого рассмотрим несколько формул.

Постоянная тонкой структуры $\alpha = \frac{1}{137} - \Omega k$, где $\Omega = 3,89 \dots 10^{-7}$ Частотная характеристика поля частицы (суммы частиц) равна

$$f = \frac{\alpha C}{2\pi R}, \text{ где } \alpha \text{ локальная энергетика частицы.}$$

Разность частотных силовых характеристик внешнего поля и поля, образованного телом

$$f_1 - f_2 = \frac{C(\alpha_1 - \alpha_2)}{2\pi R} = \frac{C\Omega(k_2 - k_1)}{2\pi R}$$

Гравитация – разность частотных характеристик силового поля.

$$\text{Выражается это как } \frac{mV}{L} = \frac{mC * C\Omega(k_T - k_B)}{2\pi R},$$

$\frac{V}{C} = \frac{L * \Omega(k_T - k_B)}{2\pi R}$ - пропорциональность в природе.

Где L – интервал внесения силы с константной скоростью S .

$$h \frac{C}{L} = mC^2 L = 1,32 * 10^{-15} \text{ м В} = \frac{C * L * \Omega(k_T - k_B)}{2\pi R}$$

формула $V = \frac{3 * 10^8 * 1,32 * 10^{-15} * 3,89 * 10^{-7} * (k_T - k_B)}{6,28 * 2,1 * 10^{-15}} = 11,68 * (k_T - k_B)$. Где 11,68 – пропорциональность между константами C, L, Ω и постоянным числом R .

Разница k между полем у поверхности Земли и внешним полем

$$9,8 = 11,68 * (k_T - k_B) \quad k_T - k_B = 0,839$$

$$\frac{C \alpha_B}{n * 2\pi R} - \frac{V \alpha_B}{2\pi R} - \left(\frac{C \alpha_T}{n * 2\pi R} + \frac{V \alpha_T}{2\pi R} \right) = 0 \quad \left(\frac{C \alpha_B}{n * 2\pi R} - \frac{C \alpha_T}{n * 2\pi R} \right) = \frac{V \alpha_B}{2\pi R} + \frac{V \alpha_T}{2\pi R}$$

$$\frac{C * (\alpha_B - \alpha_T)}{V(\alpha_B + \alpha_T)} = n \text{ где } n \text{ количество возвращений}$$

тела на круговую орбиту с касательной, при изменении вектора движения, в секунду.

$$\frac{C * \Omega(k_T - k_B)}{V * \left(\frac{1}{137} - \Omega k_B + \frac{1}{137} - \Omega k_T \right)} = \frac{C * 3,89 * 10^{-7} * 0,05}{V * \left(\frac{2}{137} - \Omega(k_B + k_T) \right)} = \frac{5,835 * 137}{V * (2 - 3,99 * 10^{-4})} = 689,3$$

K на уровне земной поверхности равно 4,56. Внешнее 4,56 – 0,839 = 3,721

$$\left(\frac{mC * C \alpha_B}{n * 2\pi R} - \frac{mC * C \alpha_T}{n * 2\pi R} \right) = \frac{mV * V \alpha_B}{2\pi R} + \frac{mV * V \alpha_T}{2\pi R}$$

$\frac{C * C * (\alpha_B - \alpha_T)}{V * V(\alpha_B + \alpha_T)} = n n = \frac{C * 689,3}{V} = 3,57 * 10^{11}$ раз в секунду силы уравниваются. (Разность радиальных сил порядка 10^{15}).

Этим достигается невесомость.

Что же касается скорости движения по орбите, тело движется по инерции, т.к. движется в

На орбите GPS = 0,05. На орбите МКС = 0,736

Здесь все процессы строго в одну секунду, т.к. неживая природа не “знает” что такое секунда, это знает человек.

Гравитация воздействует на каждую частицу тела в отдельности и поэтому m в формуле не учитывается. $R=2,1 * 10^{-15}$ м. $k - t$ тела $k - v$ (внешнее).

Строгая пропорциональность процессов в природе контролируется константами.

$C - \text{const}$. Ω - константа внутреннего движения частицы. При изменении внешнего поля на $1k$, внутреннее движение (перпендикулярная составляющая спина) изменяется на $\Omega = 3,89 \dots 10^{-7}$ (величина безразмерная).

Поведение частицы (суммы частиц) на орбите собственно характеризуется постоянной скоростью с изменяющимся вектором движения, которое под действием радиальной разности частот, а значит и сил, оставляет тело (сумму частиц) на орбите. На орбите тело (сумма частиц) собственно имеет вектор скорости и изменение этого вектора под действием разности частотной характеристики силового поля в радиальном направлении (рассматриваем только идеальный случай).

Рассмотрим это на примере орбиты GPS.

Частотная характеристика внешнего поля $\frac{C \alpha_B}{2\pi R}$ секунду минус $\frac{V * C \alpha_B}{C * 2\pi R}$ т.к. частица движется радиально в сторону меньшей частоты.

Частотная характеристика поля на орбите $\frac{C \alpha_O}{2\pi R}$ секунду плюс $\frac{V * C \alpha_O}{C * 2\pi R}$ количество внешнего воздействия силового поля.

$\frac{C \alpha_B}{2\pi R} - \frac{V \alpha_B}{2\pi R}$ количество внешнего воздействия силового поля.
 $\frac{C \alpha_T}{2\pi R} + \frac{V \alpha_T}{2\pi R}$ количество орбитального (внутреннего) воздействия.

На уровне орбиты GPS равно $3,721 + 0,05 = 3,771$. $V = 0,58$ $\Omega = 3,89 * 10^{-7}$

Более правильное $n = 685,1145$. Изменение вектора за одно возвращение на орбиту 0,00084657 м.

На орбите МКС $n = 685,1542$. Изменение вектора 0,01268 м.

В случае рассмотрения равенства противоположных сил на орбите имеем

$$\frac{mC * C \alpha_B}{n * 2\pi R} - \frac{mV * V \alpha_B}{2\pi R} - \left(\frac{mC * C \alpha_T}{n * 2\pi R} + \frac{mV * V \alpha_T}{2\pi R} \right) = 0$$

симметричном поле. Симметрия поля достигается, например, “падением” всех тел в Солнечной системе на центр галактики и затем “падением” этих же тел на Солнце, затем тел на орбите на землю, выравнивая несимметричное поле и делая его симметричным. Движение приводит к

асимметрии поля, силы стремятся к симметрии поля.

На орбите тело движется по инерции, но если вектор движения сместится в район треугольника орбита – Земля, то оно начинает двигаться с ускорением.

Если тело движется по эллиптической орбите, то суммарный вектор внешних сил смещается в сторону движения от Земли, становится не строго радиальным, что замедляет скорость на орбите. При обратном движении смещение вектора сил ускоряет движение по орбите.

Теперь рассмотрим увеличение частотной характеристики генератора на орбите GPS.

Частотная характеристика увеличивается с увеличением локальной энергетике частиц на орбите, т.е. с увеличением постоянной тонкой структуры на орбите.

$1 + \alpha_3 * (\alpha_3 - \alpha_0) = 1 + \alpha_3 * \Omega * (k_3 - k_0)$ - в столько раз увеличивается частота на орбите относительно Земли. $\alpha_3 * (\alpha_0 - \alpha_3) = 7,29 * 10^{-3} * 3,89 * 10^{-7} * 0,79 = 22,4 * 10^{-10} \alpha_3$ - постоянная тонкой структуры на Земле α_0 - на орбите.

Но это увеличение 1Гц генератора. Генератор 10МГц. Увеличение

$22,4 * 10^{-10} * 10^7 = 0,0224$ Увеличение в $1+0,0224=1,0224$ раза.

Генератор, дающий на Земле 10МГц на орбите GPS будет

$$10^7 * 1,0224 = 10,224 \text{ МГц}$$

Постоянная тонкой структуры определяет локальная энергетика, сформированная частотной характеристикой поля в объеме пространства.

Здесь не ставилась задача точного расчета, а утверждается, что только локальная энергетика, а значит увеличение α на орбите (и не только), увеличивает энергетике частиц, в том числе частотную характеристику.

Все изложенное, есть продолжение напечатанных в журнале ДНА (Израиль) статьях. В номере 20 и 22 под названием “Единое поле и взаимодействия”.

Здесь прямое решение естественной задачи. У этого решения нет альтернативы и такое решение не рассматривалось. Так же это решение не является альтернативным современной физике, а ее дополняет.

Список литературы

1. Katyshev Alexey. The unifild field and interaction. Журнал ДНА Израиль (22. Стр. 48-65).
2. Катышев Алексей. Единое поле и взаимодействия. ISI international scientific investigation 9. IX Международная научно-практическая конференция “Проблемы и перспективы современной науки”. (9. Стр. 118-125).

УДК 373.5:372.853

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Шепель О.М.

*Национальный Исследовательский Томский государственный университет,
Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, 36*

Осокина С.Е.

*Томский музыкальный колледж,
Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, 109*

ELEMENTARY PHYSICAL INTERACTIONS

O.M. Shepel'

*National Research Tomsk State University,
Russia, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 36*

S.E. Osokina

*Tomsk College of Music,
Russia, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 109*

АННОТАЦИЯ

Настоящая статья посвящена уточнению традиционной классификации физических взаимодействий с помощью использования нового понятия – «Элементарные взаимодействия». Опираясь на определение энергии, как количественной характеристики взаимодействия, автор показывает, что некоторые виды энергии, такие как кинетическая, энтропийная, оказались не сводимыми к фундаментальным взаимодействиям и предлагает включить в классификацию: вещественно-пространственное, вещественно-полевое и межполевое взаимодействия, позволяющие объяснить природу любого вида энергии. При этом фундаментальные взаимодействия оказываются комбинацией или проявлением взаимодействий элементарных.

ABSTRACT

This article is devoted to clarifying the traditional classification of physical interactions using a new concept – "Elementary interactions." Relying on the definition of energy as a quantitative characteristic of the interaction,

the author shows that some types of energy, such as kinetic, entropic, turned out to be non-reducible to fundamental interactions and proposes to include in the classification: real-spatial, real-field and interfield interactions, allowing to explain the nature of any type of energy. In this case, fundamental interactions turn out to be a combination or manifestation of elementary interactions.

Ключевые слова: фундаментальные взаимодействия, элементарные взаимодействия, энтропийная энергия.

Keywords: fundamental interactions, elementary interactions, entropy energy.

Введение

Общепринятая классификация фундаментальных взаимодействий формировалась в условиях неопределённости понятия «Энергия». Американский физик Р. Фейнман констатировал: «It is important to realize that in physics today, we have no knowledge of what energy is... It is an abstract thing in that it does not tell us the mechanism or the reasons for the various formulas»

[1, с. 132]. То есть, «Важно осознать, что в современной физике мы не знаем, что такое энергия... Это абстрактная вещь, потому что она не говорит нам ни о механизме её появления, ни о причинах справедливости различных формул». Между тем всё большее признание получает формулировка, согласно которой «энергия – это скалярная величина, являющаяся единой мерой различных форм взаимодействия» [2, с. 8, 67]

То есть, энергия не только передаётся взаимодействием, но и сама является взаимодействием. Есть взаимодействие – есть энергия. Нет взаимодействия – нет энергии. При этом обнаружилось, что с точки зрения приведённого определения некоторые виды энергии, такие как кинетическая, энтропийная, оказались не сводимыми к фундаментальным взаимодействиям. Таким образом, возникла необходимость в пересмотре общепринятой классификации, с тем, чтобы любой вид энергии можно было объяснить тем или иным взаимодействием.

Настоящая статья посвящена уточнению традиционной классификации взаимодействий с помощью использования нового понятия – «Элементарные взаимодействия».

Методы исследования

В качестве методов исследования применяли анализ существующей классификации физических взаимодействий и её сопоставление с современными толкованиями понятий «энергия», «энтропийная энергия», «кинетическая энергия».

Результаты исследования и их обсуждение

Вещественно-пространственное взаимодействие

В настоящее время выделяют пять типов фундаментальных физических взаимодействий [3, с. 292 – 294]:

- гравитационное – между массами;
- электромагнитное – между зарядами;
- сильное – между нуклонами атомов (протонами и нейтронами).
- слабое – обеспечивающее распад ядер атомов и элементарных частиц;
- поле Хиггса – между массой и частицей, называемой «Бозон Хиггса» .

Подразумевается, что все остальные физические взаимодействия сводятся к комбинации этих пяти, а каждое из фундаментальных взаимодействий не делится ни на какие другие. Вместе с тем, мало кто спорит, что гравитационное взаимодействие является следствием искривления пространственно-временного континуума, вызванного массой. Таким образом, вполне корректным представляется утверждение о существовании *вещественно-пространственного взаимодействия*, комбинация которого с двумя и более массами воспринимается как взаимодействие гравитационное.

Более того, при более глубоком рассмотрении вещественно-пространственное взаимодействие оказывается явлением многоаспектным.

Действительно, каждая из таких характеристик вещества, как: масса, движение, количество, представляет собой аспект (отдельное свойство), который, взаимодействуя с пространством, формирует отдельный вид энергии:

- масса вещества – энергию массы ($m \cdot c^2$);
- движение вещества – кинетическую энергию ($m \cdot v^2/2$);
- количество вещества – энтропийную энергию, изменение которой может определяться формулой (1):

$$\Delta Q_3 = n \cdot (C \cdot (T_2 - T_1) + \frac{(T_1 + T_2)}{2} \cdot R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}) \quad (1)$$

где:

- T_1 и T_2 – начальная и конечная температуры соответственно;
- V_1 и V_2 – начальный и конечный объёмы соответственно;
- C – теплоёмкость вещества;
- n – количество вещества;
- R – универсальная газовая постоянная.

Специфика энтропийной энергии

При постоянной температуре T формула (1) упрощается до формулы (2):

$$\Delta Q_3 = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (2)$$

Причём из формул (1, 2) легко сделать вывод, что энтропийная энергия представляет собой взаимодействие вещества, характеризующегося количеством, с пространством (объёмом), занимаемым этим веществом.

Однако, за счёт чего энтропийная энергия газа возрастает при его расширении с постоянной температурой, когда вся подводимая энергия расходуется на работу по увеличению объёма?

Для ответа на этот вопрос, разделим пространство на две составляющие: внешнюю среду и объём – пространство, занимаемое веществом. Под энергией взаимодействия газа с внешней средой (E) будем подразумевать работу, которую может производить газ при бесконечном расширении. То есть, для газа, занимающего объём V_1 его энергия взаимодействия с внешней средой окажется E_1 , а для объёма V_2 соответственно E_2 .

Тогда, можно записать равенства (3) [4, 5, с. 57]:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \int_{V_2}^{\infty} p dV - \int_{V_1}^{\infty} p dV \quad (3)$$

Полагая, что увеличение объёма газа происходит при постоянных: давлении, температуре, количестве вещества, равенства (3) можно представить в виде (4) и (5):

$$\Delta E = E_2 - E_1 = p \int_{V_2}^{\infty} dV - p \int_{V_1}^{\infty} dV \quad (4)$$

Поскольку из уравнения Менделеева – Клапейрона следует, что

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}, \text{ то}$$

$$\Delta E = n \cdot R \cdot T \cdot \left(\int_{V_2}^{\infty} \frac{dV}{V} - \int_{V_1}^{\infty} \frac{dV}{V} \right) = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \left(\frac{V_1}{V_2} \right) \quad (5)$$

При сопоставлении равенств (5) и (2) хорошо видно, что увеличение энтропийной энергии происходит за счёт уменьшения энергии взаимодействия газа с внешней средой. Эти величины совпадают по абсолютной величине, но противоположны по знаку (6):

$$\left(\frac{\Delta Q_{\Sigma}}{\Delta E} \right) = -1 \quad (6)$$

В дифференциальной форме это можно представить с помощью равенств (7):

$$\left. \begin{aligned} dQ_{\Sigma} &= T dS = T \cdot n \cdot R \cdot \frac{dV}{V}; \\ dE &= -p dV \\ \frac{dQ_{\Sigma}}{dE} &= -\frac{T \cdot n \cdot R \cdot dV}{V \cdot p \cdot dV} = -\frac{T \cdot n \cdot R \cdot V Q \cdot dV}{V \cdot T \cdot n \cdot R \cdot dV} = -1. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Таким образом, целесообразно повторить, что: «Энтропийная энергия ($Q_{\Sigma} = T \cdot S$) может трактоваться как количественная скалярная характеристика взаимодействия вещества, характеризующегося количеством, с занимаемым этим веществом пространством (объёмом)».

Каков в этом случае физический смысл самой энтропии, которую принято обозначать прописной буквой S?

Этот смысл вытекает из формулы (8):

$$S = \frac{Q_{\Sigma}}{T} \quad (8),$$

согласно которой, **энтропия – это энтропийная энергия, приходящаяся на единицу абсолютной температуры, которой обладает рассматриваемое вещество.**

Если при воздействии теплоты на n моль вещества изменяется температура при неизменном объёме, то:

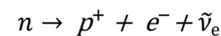
$$\Delta Q_{\Sigma} = n \cdot C \cdot (T_2 - T_1),$$

где C – молярная теплоёмкость.

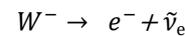
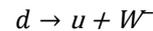
$$\Delta S = n \cdot C \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Другие частные случаи вещественно-пространственного взаимодействия

К частному случаю проявления вещественно-пространственного взаимодействия можно отнести слабое взаимодействие, представляющее собой распад ядер атомов и элементарных частиц в результате их взаимодействия с пространством. Например, в результате именно такого взаимодействия свободный нейтрон (n) распадается на протон (p^+), электрон (e^-) и электронное антинейтрино ($\bar{\nu}_e$):



через образование W-бозона (W^-):



где d – кварк, входящий в состав нейтрона, u – кварк, входящий в состав протона.

Поле Хиггса также можно считать частным случаем проявления вещественно-пространственного взаимодействия, поскольку представляет собой взаимодействие вещественного бозона Хиггса с другим вещественным объектом, но взаимодействию между ними, конечно, предшествует взаимодействие каждого из них с пространством.

Межполевое и вещественно-полевое взаимодействия

Остаётся открытым вопрос – какое взаимодействие обеспечивает энергию невещественных безмассовых частиц, таких как фотоны и глюоны?

Говорить о взаимодействии этих частиц с пространством, скорее всего, некорректно, поскольку они сами представляют собой безмассовые пространства, отличающиеся от окружающего объёма специфическими свойствами. Фотон отличается наличием электрического и магнитного полей, глюон – наличием цветовых зарядов, каждый из которых также можно рассматривать как отдельное физическое поле. Таким образом, энергия безмассовых частиц оказывается результатом межполевого взаимодействия – у фотона взаимодействуют электрическое и магнитное поля, формируя единую электромагнитную волну, у глюона взаимодействуют между собой различные

цвета, формируя с помощью такой хромодинамической связи, единую безмассовую частицу – глюон.

Следует упомянуть и о *вещественно-полево* взаимодействии, формирующем, например, фундаментальное сильное взаимодействие, заключающееся в объединении вещественных кварков в нуклон и нуклонов в ядра атомов с помощью невещественных безмассовых глюонов. Электромагнитное взаимодействие также формируется через взаимодействие вещественно-полевого, поскольку обеспечивается обменом невещественными фотонами между вещественными зарядами.

Таким образом, поскольку гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое взаимодействия, наряду с полем Хиггса, принято называть фундаментальными, то формирующие их взаимодействия: вещественно-пространственное, вещественно-полево и межполевое предлагается классифицировать как *элементарные*.

Выводы

1. Энергия – это скалярная величина, являющаяся единой мерой различных форм взаимодействия.

2. Энтропийная энергия - это количественная скалярная характеристика взаимодействия вещества, характеризующегося количеством, с занимаемым этим веществом пространством (объёмом)».

3. В основе фундаментальных взаимодействий лежат взаимодействия элементарные: вещественно-пространственные, вещественно-полевые и межполевые.

4. Вещественно-пространственные взаимодействия формируют взаимодействия: гравитационные, слабые и поле Хиггса

5. Вещественно-полевые взаимодействия формируют электромагнитные взаимодействия и сильные взаимодействия.

6. Межполевые взаимодействия определяют энергию безмассовых невещественных частиц (фотонов и глюонов).

7. Элементарными взаимодействиями объясняется природа кинетической энергии, энтропийной энергии, энергии глюона, которая не сводится к фундаментальным взаимодействиям.

Список литературы

1. Фейнман Р. *The Feynman Lectures on Physics*. 2013, vol. I, p. 524. [Электронный ресурс] URL: https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_04.html (дата обращения 14.11.2024).

2. Шепель О. М. Естествознание : учебное пособие для вузов / М. : Издательство Юрайт, 2025. — 176 с. — (Высшее образование). // Образовательная платформа Юрайт. [Электронный ресурс] URL: <https://urait.ru/bcode/558722> (дата обращения: 26.02.2025).

3. Трофимова Т.И. Физика. Учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. 352 с.

4. Шепель О.М. Физические взаимодействия энтропийной энергии, тёмной энергии и тёмной материи / О.М. Шепель // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 9-2. – С. 199 – 204.

5. Шепель, О. М. Естествознание постнеклассической науки. Учебное пособие / М.: Издательский дом Академия естествознания, 2018. – 224 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ

Григоренко Алексей Викторович
Член правления в SE Pluss Corp OU
Таллин, Эстония

FEATURES OF ACOUSTIC SYSTEM SETTINGS FOR VEHICLES OF VARIOUS CLASSES

Grigorenko Aleksei
Member of the Management Board in SE Pluss Corp OU
Tallinn, Estonia
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2025.1.126.2149

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются особенности настройки акустических систем для автомобилей разных классов с целью улучшения качества звуковоспроизведения, ориентируясь на конструктивные особенности транспортных средств. Актуальность работы обусловлена повышенными требованиями к акустическому комфорту в автомобилях, где звук занимает важное место в восприятии потребительского опыта. Цель статьи заключается в анализе методов настройки аудиосистем для автомобилей различных сегментов: эконом, средний и премиум классы.

Для достижения поставленной задачи в статье использованы теоретические методы. Рассмотрены особенности установки динамиков, влияние звукоизоляции, а также влияние характеристик усилителей и сабвуферов на общую акустическую картину.

Результаты работы показали, что для автомобилей эконом-класса важно сфокусироваться на оптимизации звучания в ограниченном пространстве с учетом минимальных затрат. Для премиум-моделей внимание следует уделить точному воспроизведению всего частотного диапазона, акцентируя внимание на низких частотах, что требует использования качественных сабвуферов, усилителей с большой мощностью. Важным аспектом является расположение акустических компонентов в салоне: даже небольшие изменения в позиционировании динамиков оказывают влияние на восприятие звука.

Выводы работы подтверждают, что настройка акустической системы должна учитывать как технические характеристики используемых устройств, так и особенности интерьера каждого автомобиля. Для достижения качественного звучания требуется индивидуальный подход к выбору и установке компонентов, учитывая конструктивные особенности транспортного средства. Рекомендации, предложенные в статье, будут полезны специалистам по автомобильной электронике, акустике, а также тем, кто занимается настройкой аудиосистем для автомобилей различных классов.

Статья будет полезна не только сотрудникам в области автомобильных аудиосистем, но также разработчикам интерьеров автомобилей, производителям, которые стремятся улучшить акустические характеристики своих моделей. В заключение, поставленные задачи были успешно решены, предложенные методы могут быть использованы в практике настройки автомобильных аудиосистем.

ABSTRACT

The article discusses the features of tuning acoustic systems for cars of different classes in order to improve the quality of sound reproduction, focusing on the design features of vehicles. The relevance of the work is due to the increased demands on acoustic comfort in cars, where sound occupies an important place in the perception of consumer experience. The purpose of the article is to analyze the methods of tuning audio systems for cars of various segments: economy, medium and premium classes.

To achieve this goal, the article uses theoretical methods. The features of speaker installation, the effect of sound insulation, as well as the effect of the characteristics of amplifiers and subwoofers on the overall acoustic picture are considered.

The results of the work showed that it is important for economy class cars to focus on optimizing sound in a limited space, taking into account minimal costs. For premium models, attention should be paid to accurate reproduction of the entire frequency range, focusing on low frequencies, which requires the use of high-quality subwoofers and high-power amplifiers. An important aspect is the location of the acoustic components in the cabin: even small changes in the positioning of the speakers have an impact on the perception of sound.

The conclusions of the work confirm that the speaker system setup should take into account both the technical characteristics of the devices used and the interior features of each car. To achieve high-quality sound, an individual approach to the selection and installation of components is required, taking into account the design features of the vehicle. The recommendations proposed in the article will be useful to specialists in automotive electronics, acoustics, as well as those who are engaged in setting up audio systems for cars of various classes.

The article will be useful not only for employees in the field of automotive audio systems, but also for car interior designers and manufacturers who seek to improve the acoustic characteristics of their models. In

conclusion, the tasks set have been successfully solved, and the proposed methods can be used in the practice of configuring car audio systems.

Ключевые слова: акустические системы, автомобили, настройка звука, качество звука, автомобильные аудиосистемы, шумоизоляция, динамики, сабвуферы, классы автомобилей.

Keywords: speakers, cars, sound tuning, sound quality, car audio systems, noise insulation, speakers, subwoofers, car classes.

Введение

В последние годы требования к аудиосистемам автомобилей увеличились, что связано с улучшением технологий в области автомобильной электроники, а также изменением запросов владельцев транспортных средств. Для обеспечения точного воспроизведения звука в ограниченном пространстве необходимо учитывать характеристики компонентов, особенности салона, материалы отделки, параметры звукоизоляции.

Настройка акустических систем автомобилей требует подхода, учитывающего различия между автомобилями разных классов, таких как эконом-, средний, премиум-сегменты. Каждый класс имеет свои особенности, которые влияют на проектирование аудиосистем. В бюджетных моделях ограниченные размеры пространства, низкая стоимость комплектующих обуславливают поиск оптимальных решений для улучшения качества звука. В автомобилях премиум-класса акцент ставится на точную настройку системы с целью получения сбалансированного звука во всех частотных диапазонах. Применение стандартных методов не всегда оправдывает себя в зависимости от типа транспортного средства.

На акустические характеристики влияют такие параметры, как расположение динамиков, тип усилителей, системы управления звуком, шумопоглощение в салоне. Эти факторы требуют комплексной настройки, которая должна учитывать особенности конструкции и целевую аудиторию автомобиля. С развитием автомобильной электроники, а также ростом конкуренции на рынке создание рекомендаций по оптимизации акустических систем играет важную роль для производителей, специалистов по проектированию и настройке аудиосистем.

Цель работы заключается в анализе настройки акустических систем для автомобилей разных классов, выявлении факторов, влияющих на качество звука, разработке рекомендаций по оптимизации этих систем с учетом класса транспортного средства.

Материалы и методы

Научная работа Li Z. et al. [1] описывает методы, направленные на улучшение качества звучания, оптимизацию аудиосистем. Авторы предлагают объективные подходы к оценке восприятия звука с применением различных акустических метрик, что позволяет ускорить процесс настройки звуковых систем. Они акцентируют внимание на взаимодействии звуковых волн, их отражений с воспринимаемой окружающей средой пассажирами. В работе подчеркивается, как правильно настроенная акустическая система изменяет атмосферу в салоне,

создавая ощущение увеличенного пространства, несмотря на ограниченную площадь автомобиля.

Похожие вопросы обсуждаются в статье Dupré T. et al. [6], которые исследуют создание объемного звука в автомобиле. В этой научной работе внимание уделяется использованию современных акустических технологий для улучшения восприятия звука в салоне. Описаны методы распределения звуковых волн, формирования акустических зон, что позволяет каждому пассажиру воспринимать звук как более насыщенный, естественный.

Научные работы Hank S. et al. [2], а также De Cesaris S., Würsig A., Schirmacher R. [4] рассматривают вопросы настройки звуковых систем в электромобилях. Здесь необходимо не только обеспечить высокое качество воспроизведения музыки, но и создать звуковой фон, компенсирующий почти полное отсутствие внешнего шума, улучшая восприятие автомобиля. В отличие от традиционных автомобилей, где основной задачей является снижение шума, в электромобилях актуальной становится гармония между тишиной и необходимыми звуковыми эффектами.

Работа Duroyon M. et al. [5] рассматривает влияние звукового ландшафта на эмоциональное восприятие поездки. В статье подчеркивается, что восприятие звука включает не только его технические параметры, но и эмоциональную составляющую. Звуковой дизайн должен создавать комфортные условия для всех пассажиров, соответствовать их ожиданиям, формировать нужную атмосферу. В этом контексте важно учитывать не только технические характеристики, но и предпочтения людей.

Работа Shively R. [3] исследует современные подходы к контролю шума, разработке акустических условий для автомобилей различных типов. Здесь рассматривается интеграция активных и пассивных систем шумоподавления, которые помогают устранять шумы от двигателя, дороги, работы механических систем автомобиля. Эти технологии становятся необходимыми элементами современной автомобильной акустики, способствуя созданию комфортной среды для водителей и пассажиров.

Таким образом, в будущем следует сосредоточиться на улучшении методов настройки акустических систем с учетом предпочтений пользователей. Не менее важным является создание унифицированных стандартов акустического дизайна автомобилей, которые будут учитывать как технические, так и субъективные аспекты восприятия звука.

Результаты и обсуждения

Акустическая настройка автомобильных систем представляет собой комплексный процесс, требующий точного подхода к каждому элементу. Каждая категория транспортных средств — от автомобилей массового сегмента до премиум-

класса — предъявляет требования к компонентам системы, методам настройки, адаптации под условия эксплуатации [1, 6]. Ниже на рисунке 1 будут отражены элементы настройки акустических систем для автомобилей разных классов.

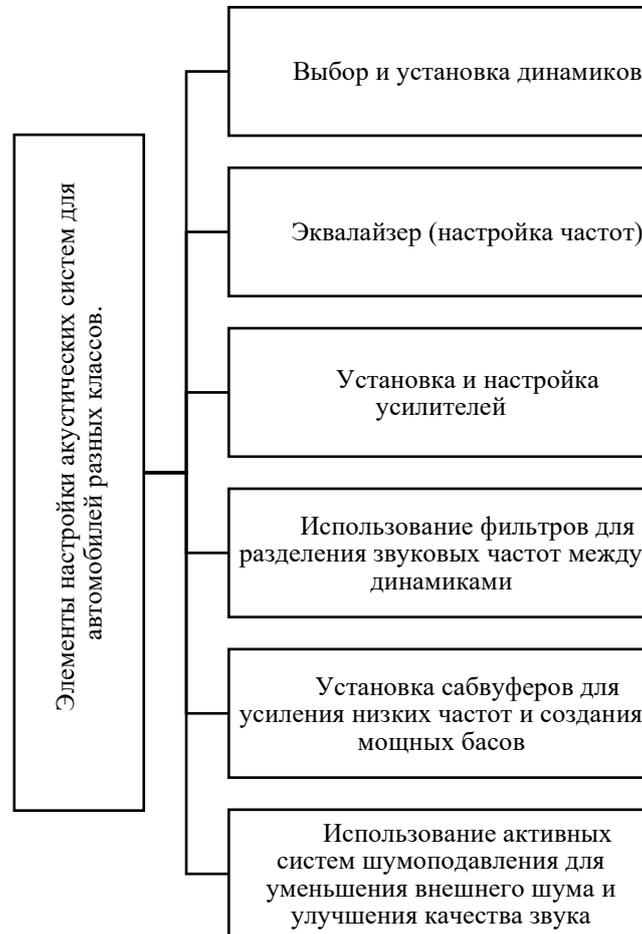


Рис.1. Элементы настройки акустических систем для автомобилей разных классов [1, 6].

Fig.1. Acoustic system settings for vehicles of different classes [1, 6].

Специфика моделей влияет на выбор материалов, компонентов, способы их интеграции. Ниже в таблице 1 будут кратко рассмотрены

особенности присущие настройке акустических систем для автомобилей различных классов.

Таблица 1.

Особенности присущие настройке акустических систем для автомобилей различных классов [2, 4, 5]]

Table 1.

Features inherent in setting up acoustic systems for cars of various classes [2, 4, 5]

Класс автомобиля	Особенности настройки акустической системы	Причины этих особенностей
Бюджетные автомобили	<ul style="list-style-type: none"> - Ограниченные возможности для установки некоторые компонентов. - Часто используется стандартная акустика с базовыми настройками. - Преобладание низких частот. 	<ul style="list-style-type: none"> - Бюджетные ограничения на стоимость компонентов. - Простота, а также экономия на производстве, акцент делается на доступности - Часто приоритет низких частот для создания «глубины».
Средний класс	<ul style="list-style-type: none"> - Качественные динамики, а также усилители, чем у бюджетных автомобилей. - Возможности для настройки эквалайзера. - Уделяется внимание достижению баланса между низкими, а также средними частотами. 	<ul style="list-style-type: none"> - Улучшение качества звука за счет использования дорогих компонентов. - Популярность аудиофильских настроек среди владельцев автомобилей среднего класса.
Люксовые автомобили	<ul style="list-style-type: none"> - Качественные динамики, усилители, сабвуферы, процессоры обработки звука. - Персонализированные настройки звука для каждого автомобиля. - Поддержка многоканальных систем . 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокие требования к качеству звука. - Использование современных технологий для комфорта владельца. - Установки с пространственным звуком, деталями.
Спортивные автомобили	<ul style="list-style-type: none"> - Делается акцент на высокие и средние частоты, чтобы улучшить детализацию звука. 	<ul style="list-style-type: none"> - Желание подчеркнуть «динамичность» и «энергичность» аудиосистемы, соответствующую спортивному характеру автомобиля.
Электрические и гибридные автомобили	<ul style="list-style-type: none"> - Тихие системы для компенсации низкого уровня внешнего шума. 	<ul style="list-style-type: none"> - Электрические автомобили обеспечивают низкий уровень шума, что требует качественного звука для создания полноценной акустической среды.
Кроссоверы, внедорожники	<ul style="list-style-type: none"> - Зачастую делается акцент на сильные низкие частоты для усиления эффекта мощного звучания в больших пространствах. 	<ul style="list-style-type: none"> - Большие размеры салона требуют мощных динамиков для покрытия пространства.
Минивэны	<ul style="list-style-type: none"> - Баланс между качеством звука, а также комфортом, часто используется настройка «neutral», чтобы удовлетворить потребности всех пассажиров. 	<ul style="list-style-type: none"> - Семейный автомобиль требует универсальной настройки, подходящей для разных жанров музыки, а также пассажиров.

Далее рассмотрим особенности присущие некоторым из описанных в таблице 1 классов автомобилей. Так в автомобилях массового сегмента акустические системы разрабатываются с акцентом на универсальность, доступность, что позволяет обеспечить комфортное звучание для широкой аудитории. Важным фактором становится возможность эффективной работы системы при различных внешних шумах, а также особенностях салона, состоянии дорожного покрытия.

Задача заключается в подборе компонентов, обеспечивающих качественное воспроизведение звука на средних уровнях громкости. Это необходимо, поскольку такие автомобили часто не оснащены сложными шумоизоляционными решениями. Чтобы компенсировать недостаточную изоляцию дверей, пластиковых элементов, требуется работа с сабвуферами, что минимизирует низкочастотные искажения, устраняет «мутный»

бас. Применяются активные фильтры, корректирующие частоты, вызывающие искажения.

Настройка системы осуществляется с использованием базовых эквалайзеров, усилителей с учетом особенностей кузова автомобиля. Важно минимизировать высокочастотные искажения, добиться плавной компенсации по средним частотам. Это позволяет системе удовлетворить массовые музыкальные предпочтения, обеспечивая адекватное звучание в условиях ограниченного бюджета.

Внедорожники, кроссоверы предъявляют специфические требования к акустическим системам. Учитывая увеличенную жесткость кузова, повышенную подвижность при движении по сложным покрытиям, необходимо учитывать влияние вибраций и подвижности кузова, особенно в области низких, средних частот.

Задача заключается в минимизации фазовых искажений, возникающих из-за неправильного расположения динамиков или неэффективной интеграции сабвуферов. Важно учитывать распределение энергии в акустическом поле автомобиля, правильно настроить фазировку, временные задержки. Применение многоканальных усилителей, активных кроссоверов позволяет компенсировать частотные сдвиги, связанные с особенностями кузова [1, 3, 6].

Работа с сабвуферами также требует точности. В некоторых случаях внедорожники, кроссоверы не позволяют эффективно интегрировать такие компоненты без значительных искажений. В таких ситуациях важно выбрать сабвуферы с возможностью точной настройки частоты среза, уровня сигнала, чтобы достичь чистого, глубокого баса без перегрузки.

Для спортивных автомобилей настройка акустических систем требует учета динамики движения. Важно сохранять баланс частот, эффективно компенсировать шумы, возникающие от работы двигателя, аэродинамических эффектов, неровностей дорожного покрытия.

Уделяется внимание сабвуферам, усилителям, которые обеспечивают мощный бас, сохраняя при этом ясность в среднем, высоком диапазонах. Важно сохранять динамичность на низких частотах, не теряя детализации на высоких. В компактных салонах спортивных автомобилей акустическая система должна быть настроена с учетом ограниченного пространства, что требует точной работы с фильтрами, распределением звука между динамиками.

Многоканальные процессоры позволяют индивидуально настроить каждый канал системы в зависимости от его положения в салоне. Это критически важно для спортивных автомобилей, где высокие требования к точности звуковой передачи, соблюдению гармонии в воспроизведении каждого частотного диапазона.

Автомобили премиум-класса предъявляют высокие требования к качеству звучания, технологической изощренности акустической системы. В таких автомобилях используются многоканальные системы с процессорами цифровой обработки сигнала, что позволяет настроить систему с высокой точностью в реальном времени в соответствии с акустическими особенностями салона, предпочтениями водителя.

Важным моментом является гармонизация всех частотных диапазонов. Эквалайзеры, фильтры позволяют избежать излишнего подъема отдельных частот, обеспечивают ровное звучание по всему спектру. Для этого применяются различные типы динамиков: компонентные, коаксиальные, сабвуферы. Каждое из решений требует точной настройки кроссоверов, фильтров для интеграции всех компонентов.

В автомобилях премиум-класса также используются системы активного подавления шума, что позволяет уменьшить влияние внешних шумов, повысить качество звукового восприятия. Технологии активного подавления шума помогают добиться чистого звучания даже в условиях повышенного внешнего шума [2, 4]. Далее в таблице 2 будут описаны преимущества и недостатки настройки акустических систем для автомобилей различных классов.

Таблица 2.

Преимущества и недостатки настройки акустических систем для автомобилей различных классов (составлено автором).

Table 2.

Advantages and disadvantages of setting up acoustic systems for cars of various classes.

Класс автомобиля	Преимущества настройки акустической системы	Недостатки настройки акустической системы
Бюджетные автомобили	<ul style="list-style-type: none"> - Простота, а также низкая стоимость системы. - Быстрая настройка. - Минимальные затраты. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ограниченное качество звука, на высоких, а также низких частотах. - Отсутствие возможности точной настройки, а также оптимизации звука для разных типов музыки. - Плохая изоляция от шума.
Средний класс	<ul style="list-style-type: none"> - Улучшенное качество звука по сравнению с бюджетными моделями. - Гибкая настройка. - Возможность адаптации под предпочтения владельца. 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая стоимость системы, а также ее настройки. - Некоторые автомобили способны ограничивать возможности настройки из-за места или технических характеристик.
Люксовые автомобили	<ul style="list-style-type: none"> - Премиальное качество звука. - Возможность персонализированной настройки для разных типов музыки. 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая стоимость системы и настройки. - Сложности с настройкой из-за множества компонентов.
Спортивные автомобили	<ul style="list-style-type: none"> - Четкость звучания, соответствующая спортивному стилю. 	<ul style="list-style-type: none"> - Акцент на высокие, средние частоты не всегда способен удовлетворять потребности любителей глубоких басов.
Электрические, гибридные автомобили	<ul style="list-style-type: none"> - Тихий салон позволяет установить качественную акустическую систему без помех от внешнего шума. 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая стоимость компонентов. - Сложности с балансировкой системы из-за отсутствия традиционного шума

	- Высокая детализация звука.	двигателя.
Кроссоверы, внедорожники	- Системы, способные покрыть большие пространства салона. - Возможность усилить низкие частоты для улучшения ощущения «мощности».	- Возможности для точной настройки ограничены размерами, а также конструктивными особенностями салона.
Минивэны	- Универсальная настройка, подходящая для разных жанров музыки. - Множество вариантов звуковых режимов.	- Возможно возникновение трудностей трудности с настройкой для разных типов пассажиров.

Таким образом, акустическая настройка автомобильных систем — это комплексный процесс, в котором каждый элемент имеет значение. Разные типы автомобилей требуют подходов к выбору компонентов, методам настройки. От массовых моделей до автомобилей премиум-класса, каждая категория предъявляет свои требования, будь то качество звука, условия эксплуатации. Успешная настройка требует от специалистов знаний технических нюансов, умения адаптировать систему под конкретные условия, создавая гармоничное звучание в любой ситуации.

Заключение

В ходе работы рассматривались особенности настройки акустических систем для автомобилей разных классов, что позволило глубже понять влияние конструктивных и акустических характеристик транспортных средств на звуковое восприятие.

Работа установила, что для автомобилей эконом-класса задачей является обеспечение требуемого качества звука при ограниченных размерах салона, ресурсах. В автомобилях премиум-класса, где требования к акустическому восприятию значительно выше, необходим тонкий подход, включающий точную настройку системы, которая обеспечит детализацию на широком частотном диапазоне, проработку низких частот.

Результаты работы подтверждают необходимость индивидуального подхода к настройке акустических систем для разных классов автомобилей, с учетом их конструктивных особенностей, требований к качеству звука. Рекомендации окажутся полезными для специалистов по настройке автомобильных аудиосистем, производителей автомобилей, заинтересованных в повышении конкурентоспособности моделей через улучшение акустического комфорта.

Литература

- 1.Li Z. et al. Objective Evaluation Metrics for Spatial Perception of Automotive Audio System //2023 International Conference on Cyber-Physical Social Intelligence (ICCSI). – IEEE, 2023. – С. 321-326.
- 2.Hank S. et al. Efficient tuning of active sound design in electric vehicles-An interactive validation approach //INTER-NOISE and NOISE-CON Congress

and Conference Proceedings. – Institute of Noise Control Engineering, 2024. – Т. 270. – №. 11. – С. 673-683.

- 3.Shively R. Automotive cabin acoustics and audio //The Journal of the Acoustical Society of America. – 2022. – Т. 152. – №. 4_Supplement. – С. A120-A120.

- 4.De Cesaris S., Würsig A., Schirmacher R. New Challenges for Electric Vehicle Sound Enhancement Systems. – 2023. С. 1727-1732.

- 5.Duroyon M. et al. How do Automotive Acousticians talk about Sounds and Comfort in Electric Vehicle? //10th Convention of the European Acoustics Association Forum Acusticum 2023. – European Acoustics Association, 2023. – С. 6335-6342.

- 6.Dupré T. et al. Spatial sound design in a car cockpit: Challenges and perspectives //2021 immersive and 3D audio: from architecture to automotive (I3DA). – 2021. – С. 1-5.

References

- 1.Li Z. et al. Objective indicators for assessing the spatial perception of an automotive audio system //The 2023 International Conference on Cyber-Physical Social Intelligence (ICCSI). – IEEE, 2023. – pp. 321-326.

- 2.Hank S. et al. Effective adjustment of active sound design in electric vehicles - an interactive approach to verification //Materials of congresses and conferences on noise control. – Institute of Noise Abatement Engineering, 2024. – vol. 270. – No. 11. – pp. 673-683.

- 3.Shively R. Acoustics and audio recording of car cabins //Journal of the American Acoustic Society. – 2022. – Vol. 152. – No. 4. - Supplement. – pp. A120-A120.

- 4.De Cesaris S., Würsig A., Schirmacher R. New challenges for noise reduction systems of electric vehicles. – 2023. pp. 1727-1732.

- 5.Duroyon M. et al. What do car acoustics say about the sounds and comfort in electric vehicles? //10th Conference of the European Association of Acoustics Forum Acusticum 2023. – European Association of Acoustics, 2023. – pp. 6335-6342.

- 6.Dupree T. et al. Spatial sound design in the car cabin: problems and prospects //Immersive and 3D Sound 2021: from Architecture to Automotive (I3DA). – 2021. - pp. 1-5.

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ И ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ

*Сахаватов Ш.И.**БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
г. Санкт-Петербург***APPLICATION OF TOPOLOGICAL AND PARAMETRIC OPTIMIZATION IN AEROSPACE ENGINEERING***Sh.I. Sakhavatov**BSTU "VOENMEH" named after D.F. Ustinov,
St. Petersburg*

В данной статье рассматривается актуальная задача снижения массы конструкции летательных аппаратов с сохранением прочностных характеристик. Решение задачи осуществляется с помощью оптимального проектирования элементов аэрокосмических конструкций на основе современных методов топологической оптимизации и параметрической оптимизации. Работа включает в себя прочностной расчет ферменных конструкций в ANSYS Workbench на примере узла крепления ЖРД НК-33. В результате параметрической оптимизации, при изменении диаметра и толщины труб конструкции, был получен оптимальный набор параметров, позволяющих снизить массу на 30 процентов при этом коэффициент запаса прочности составил 1,1.

This article discusses the urgent task of reducing the weight of aircraft structures while maintaining strength characteristics. The problem is solved by optimal design of aerospace structural elements based on modern methods of topological optimization and parametric optimization. The work includes the strength calculation of truss structures in ANSYS Workbench using the example of the NK-33 liquid propellant rocket attachment unit. As a result of parametric optimization, when changing the diameter and thickness of the pipes of the structure, an optimal set of parameters was obtained, allowing to reduce weight by 30 percent, while the safety margin coefficient was 1.1.

Ключевые слова: оптимизация, топологическая оптимизация, параметрическая оптимизация, оптимизация массы, летательный аппарат, элементы конструкции летательного аппарата.

Keywords: optimization, topological optimization, parametric optimization, mass optimization, aircraft, aircraft structural elements.

Введение

Одной из актуальных задач в области ракетно-космического строения является снижение массы конструкции летательных аппаратов без ущерба для прочностных характеристик конструкции. Ключевой составляющей решения данной задачи является поиск оптимальных геометрических параметров. Под оптимальным проектированием понимается сокращение массы изделия с сохранением требуемых показателей прочности, жесткости и эксплуатационной надежности элементов.

Под оптимизацией понимается поиск проектного решения с помощью математических методов, которые удовлетворяют заданному критерию качества (показателю оптимальности) и наложенным ограничениям.

На основе положительного опыта инженеров-конструкторов в области оптимизации, можно сделать вывод о том, что конструирование является многоэтапным процессом, т.е. на разных этапах конструирования принимаются различные технические решения по конструкции.

За последнее десятилетие широкое распространение получили методы топологической оптимизации, их изучением занимаются как отечественные, так и зарубежные ученые [1-3, 7-8].

Применение топологической оптимизации позволяет найти наилучшие параметры элементов конструкции, удовлетворяющие прочностным ограничениям, обеспечивая, оптимум целевой функции [4]. Однако несмотря на ряд преимуществ топологическая оптимизация имеет и существенные недостатки. Основными недостатками являются проблема локального минимума, а именно зависимость результата от характера сформированной сетки МКЭ и возможности формирования в объеме тела конструкции не связанных объемов материала, данные проблемы называются проблемой «шахматной доски» [5]. В связи с этим, целесообразно использовать комплексный подход, который включает в себя метод топологической оптимизации, метод параметрической оптимизации и оптимизацию формы.

На основе всего вышесказанного можно сделать вывод о необходимости применения комплексного подхода оптимизации, включающего в себя топологическую и параметрическую оптимизацию.

Цель исследования

Цель настоящей статьи - снижение массы элементов конструкции летательного аппарата.

Объекты и методы

Параметрическая оптимизация детали будет проводиться в расчетной платформе ANSYS Workbench. Проведен прочностной расчет на примере ферменных конструкций.

Расчет проведем на примере конструкции узла крепления ЖРД НК-33. НК-33 – однокамерный ЖРД разработан в 1963-67гг., предназначенный для первой ступени ракетно – космической системы Н1-Л3.

Результаты и их обсуждение



Рис. 1. Узел крепления ЖРД НК – 33 [6]

Рама сварена из стержней, выполненных из среднелегированной высокоуглеродистой стали 30ХГСА. Благодаря высокому содержанию углерода, сталь отличается высокими показателями прочности и устойчивости к физическим воздействиям. Верхний узел рамы представляет собой квадрат со стороной 570 мм, сваренный из труб наружным диаметром 40 мм и толщиной в 2 мм. По углам этого квадрата приварены цилиндрические опоры с отверстиями под крепежные элементы, которые крепятся к раме или шпангоуту ЛА.

От каждой опоры идет по два стержня – подкоса к четырем платам, которые служат для соединения с опорами двигателя. Длина подкосов составляет 530 мм, наружный диаметр равен 60 мм с толщиной стенки в 2,5 мм. Для восприятия и передачи нагрузок от тяги ДУ на каждом плате сделаны отверстия под штифт диаметром 14 мм и два отверстия под штифт М18. Соединение труб с

Конструктивно камера состоит из сборочных единиц (СЕ), каждая из которых изготавливается, проходит проверку и технические испытания отдельно, а затем СЕ свариваются между собой. На смесительной головке располагается силовое кольцо, к которому приваривается рама крепления ДУ. Через силовое кольцо и раму крепления ДУ тяга, создаваемая двигателем, передается на корпус ЛА.

Рама крепления ДУ и сам двигатель представлены на рис. 1.

платами и опорами производится через косынки – пластины, которые вставлены в прорезы на концах труб и сварены.

На основании данных конструкции выберем безмоментный расчетный случай при котором единственной действующей на раму нагрузкой будет являться тяга двигателя. Будем считать, что нагрузка передается равномерно по всем крепежам.

При построении объемной модели рамы крепления ДУ был использован пакет 3D – моделирования КОМПАС.

Модель рамы имеет зеркальную симметрию поэтому для упрощения ее построения и расчета можно использовать четверть или одну восьмую. Это позволит упростить дальнейшие расчеты, уменьшить время создания сетки разбиения тела на конечное количество элементов и ускорить процессы статического расчета.

Внешний вид модели показан на рис. 2.

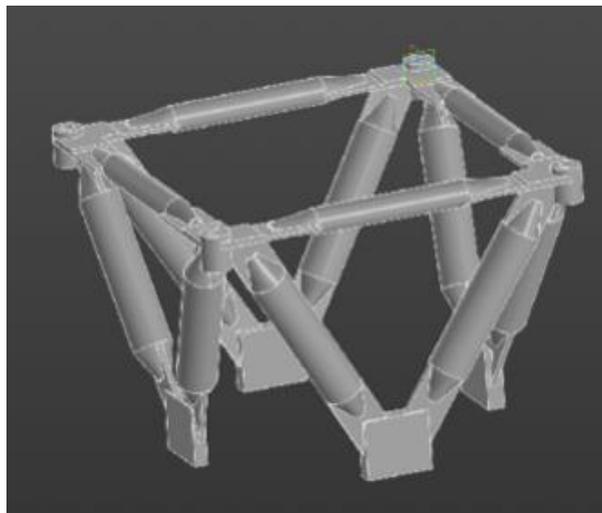


Рис. 2. Общий вид рамы крепления ДУ (составлено автором)

Распределенная нагрузка делится на количество точек креплений и площадь, к которой приложена нагрузка. Подобный способ задания нагрузки позволит более реалистично отобразить реальные процессы, протекающие в раме крепления ДУ в процессе нагружения. Приложение вектора силы создало бы в этом месте концентраторы напряжений.

Результатом расчета являются диаграмма распределения эквивалентных напряжений по объему конструкции и деформация конструкции.

Для начала расчетов необходимо задать нагрузки и закрепления тела. Тяга, создаваемая ДУ, передается конструкции через приваренные к смесительной головке плашки. Следовательно, для нижних плоскостей зададим жесткую заделку. Также ограничим перемещения мест креплений и позволим свободно перемещаться узлам креплений

лишь вдоль этой оси. Силу, создаваемую ДУ, представим в виде давления распределенного по площади отверстий и направленной вдоль оси крепления.

К раме были приложены определенные граничные условия и нагрузки (рис. 3).

После создания сетки был проведен расчет, позволивший оценить прочностные характеристики рамы. В результате установлено, что максимальная деформация составила менее 1 мм. Максимальное напряжение в конструкции достигло 488,76 МПа, что ниже предела текучести материала. Коэффициент запаса прочности для данной конструкции составляет 1,74. Для увеличения конструктивного совершенства рамы была поставлена задача снижения ее массы при сохранении условия прочности.



Рис. 3. Задание граничных условий (составлено автором)

Для упрощения дальнейших расчетов, расчеты проводились для одной восьмой части рамы. В результате оптимизации был получен новый набор параметров геометрии конструкции, для проверки которого был проведен расчет напряжений и деформаций.

После параметрической оптимизации были доработаны и другие элементы конструкции для равномерного распределения нагрузок и дополнительного снижения массы.

Результаты оптимизации приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Величина варьируемых параметров до и после оптимизации

№ п/п	D1, мм	D2, мм	B1, мм	B2, мм
1	60	40	2,5	2
2	32	32	2	2

Таблица 2

Результаты параметрической оптимизации

№ п/п	m, кг	m _{опт} , %	m _{умень} , %	σ , МПа	δ , мм	f
1	27,976	1	-	485,14	0,37	1,75
2	22,288	0,81	0,19	734,46	0,47	1,15
3	19,352	0,69	0,31	778,67	0,64	1,1

В результате параметрической оптимизации был получен оптимальный набор параметров, удовлетворяющий наложенным условиям и ограничениям. Массу конструкции удалось снизить с 28 до 19 килограмм, что на 30 процентов меньше изначальной массы конструкции.

Негерметичные межступенные ферменные отсеки часто применяются для экономии веса ЛА. Крепление таких конструкций к верхним и нижним отсекам осуществляется с помощью фитингов. Стержни фермы присоединяются к фитингам с помощью сварки образуя ферменный отсек.

Особенностью является проектирование фитинга, так как положение присоединительных

патрубков зависит от количества соединительных стержней и геометрической формы отсека.

Проведем топологическую оптимизацию фитинга, а именно уменьшение массы крепления при сохранении прочности конструкции с заданными нагрузками.

Изначально необходимо построить 3D - модель данного элемента конструкции. Построение было проведено в пакете 3D – моделирования КОМПАС 3D. Модель фитинга показана на рис. 4.

После построения 3D модели проведем статический прочностной расчет. Расчеты будут проведены в программной среде ANSYS WorkBench.

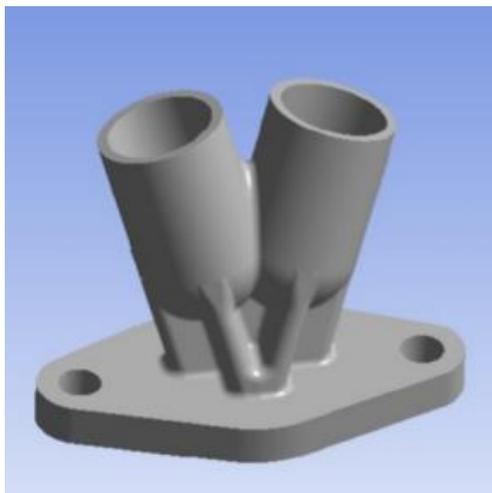


Рис. 4. Модель фитинга до оптимизации (составлено автором)

Модель импортируется в ПО ANSYS в формате Parasolid, позволяющем точно передать геометрию модели. Модель разбивается на конечные элементы Mechanical Tetrahedrons (тетрагональная сетка для расчёта конструктивной геометрии). Размеры подбираются вручную.

После этого задаются граничные условия, ограничения и прикладываются нагрузки. К нижней части фитинга прилегающего к стыковочному шпангоуту накладывается ограничение на перемещение вдоль нормали к плоскости крепления. Вторым ограничением является жесткая заделка в местах крепления ограничивающая все степени свободы. Далее прикладываем нагрузку к фитингу. Вместо

приложения силы будем использовать давление, равномерно распределенное по плоскости сечения патрубков. Это позволит более точно отобразить реальное нагружение и избежать появления концентраторов напряжения в местах приложения силы.

Далее задаются граничные условия и ограничения, а также прикладываются нагрузки. К нижней части фитинга, прилегающей к стыковочному шпангоуту, накладывается ограничение на перемещение вдоль нормали к плоскости крепления. Также применяется жесткая заделка в местах крепления, ограничивающая все степени свободы. Нагрузка прикладывается к фитингу в виде давления, равномерно распределенного по плоскости сечения патрубков,

для более точного отображения реального нагружения и избежания концентраторов напряжений.

После расчета напряжений и деформаций, возникающих в объеме при нагружении фитинга, анализируется распределение эквивалентных напряжений и тотальных деформаций. Анализ показывает, что нижняя пластина практически не подвергается воздействию нагрузки, а напряжения по объему фитинга значительно меньше предела текучести материала, что свидетельствует о неоптимальном распределении материала. Максимальные деформации наблюдаются на

внутренней стороне труб патрубков, не превышая 0,1 мм.

Для топологической оптимизации задаются условия и граничные условия, включающие ограничения на область оптимизации (тонкостенные участки патрубков и места креплений не подвергаются оптимизации), ограничение по максимальным локальным напряжениям (не выше 800 МПа), минимизацию массы (до 40-95 процентов от начальной массы) и ограничение по числу итераций (500). Новая модель геометрии представлена на рис. 5.

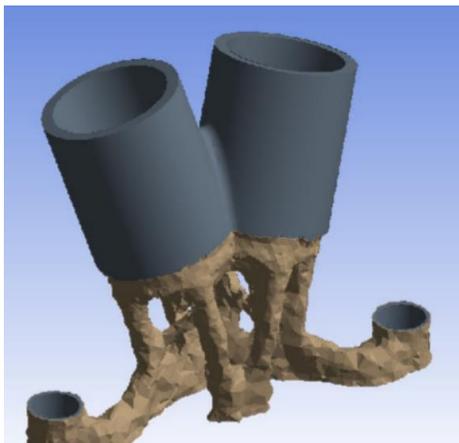


Рис. 5. Результаты топологической оптимизации фитинга (составлено автором)

В результате оптимизации была получена новая модель геометрии фитинга с уменьшенной массой за счет уменьшения массы опоры и более выгодного распределения материала. После оптимизации проводится ручная доработка модели, включающая объединение нижних плоскостей опор с помощью перегородки для снижения деформаций, выравнивание и сглаживание поверхностей, увеличение толщины креплений.

Для наглядности представим результаты на графиках. На первом графике представлена зависимость максимальных напряжений,

возникающих в объеме конструкции от процента исходной массы конструкции.

На рис. 6 видно, что в промежутке от 100 до 75 процентов массы рост напряжений несоизмерим с изменением массы. Это говорит о том, что данный объем массы фактически не влияет, а максимальные напряжения в конструкции.

Дальнейшее уменьшение массы от 75 до 55 процентов приводит к более быстрому увеличению максимальных напряжений.

Уменьшение массы от 55 до 40 процентов массы вызывает резкий скачок максимальных напряжений в объеме конструкции.

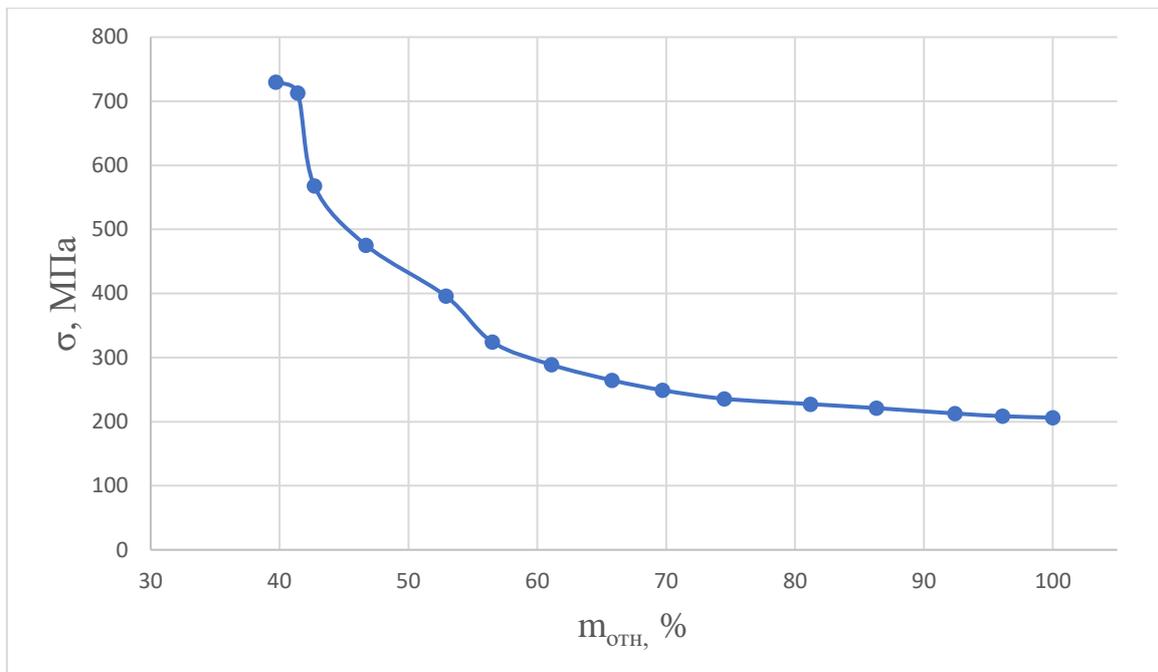


Рис. 6. Диаграмма зависимости максимальных напряжений от процентов начальной массы конструкции (составлено автором)

Также для наглядности построена диаграмма зависимости коэффициента запаса прочности от процента массы (рис. 7). Очевидно, что с уменьшением массы конструкции будет

уменьшаться и коэффициент при этом характер изменения будет коррелироваться с изменением максимальных напряжений.

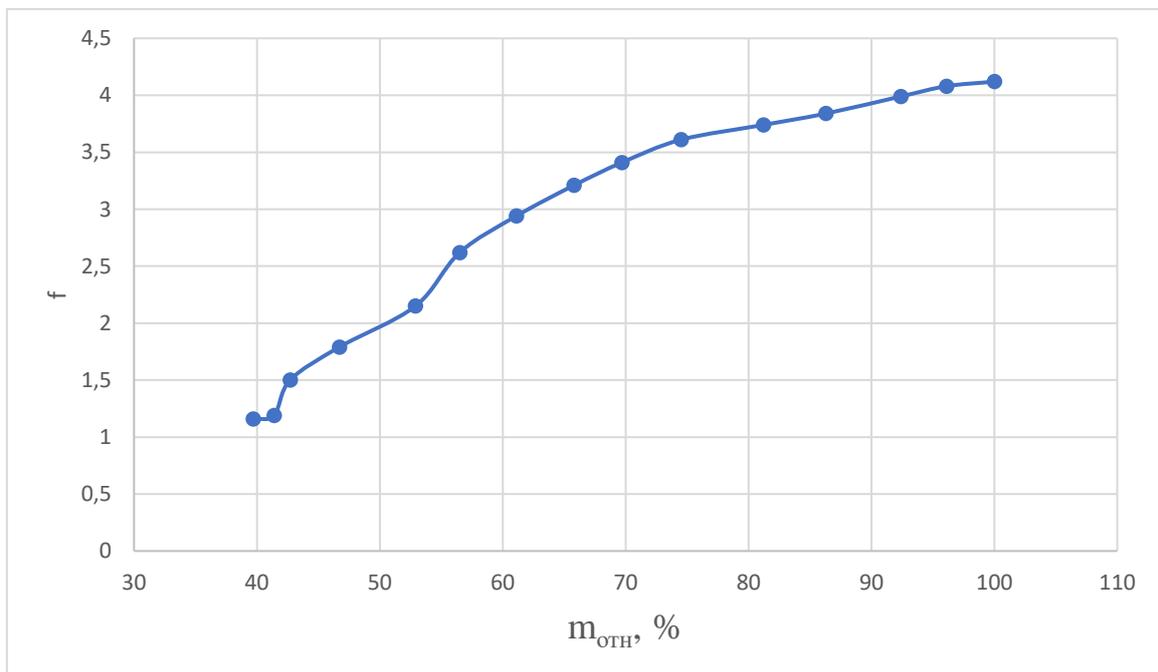


Рис. 7. Диаграмма зависимости запаса прочности от массы элемента (составлено автором)

В результате оптимизации был получен набор возможных реализаций геометрий детали, удовлетворяющих ограничению по прочности и имеющих массу меньше исходной.

Выводы

По результатам проведенной топологической оптимизации можно говорить об эффективности его использования и необходимости дальнейшего

изучения данного направления оптимизации массы конструкций ЛА.

Таким образом, геометрию, полученную в результате оптимизации нецелесообразно воссоздавать классическими методами производства. Для данного вида геометрии лучше всего подойдет технология 3D-печати «SLM».

Список литературы

1. Анциферов С. И., Карачевцева А. В., Сычёв Е. А., Литвишко А. А. Топологическая оптимизация элементов конструкции роботизированной ячейки // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2023. № 11. С. 93–102.
2. Русских Г. С., Шалыгин С. В. Алгоритм формирования внутренней структуры изделия с учетом напряженно-деформированного состояния на примере трехточечного изгиба // Омский научный вестник. Серия Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2021. Т. 5, № 1. С. 80–85.
3. Федулов Б.Н., Федоренко А.Н., Антонов Ф.К., Ломакин Е.В. Алгоритм топологической оптимизации конструкции, выполненной из анизотропного материала с учетом параметров ориентации армирования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2021. № 3. С. 182–189.
4. Башин К.А., Торсунов Р.А., Семенов С.В. Методы топологической оптимизации конструкций, применяющиеся в аэрокосмической отрасли // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2017. № 51. С. 51–61.
5. Марчук Н.И. Оптимальное проектирование конструкций с использованием топологической оптимизации ПК ANSYS // Молодежь и наука: сб. материалов VIII Всерос. науч.- техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского. 2012. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section35.html> (дата обращения: 12.03.2025).
6. Литовкин, В. Русская тяга для американского космоса // Медиагруппа «Звезда». 2018. 16 мая. URL: <https://zvezdaweekly.ru/news/20185141551-iBX2u.html> (дата обращения: 12.03.2025).
7. Blakey-Milner B., Gradl P., Snedden G. Metal additive manufacturing in aerospace: A review // Materials & Design. 2021. Vol. 209. DOI: 10.1016/j.matdes.2021.110008
8. Bendsoe M.P., Sigmund O. Topology Optimization: Theory, Methods and Applications. New York: Springer Verlag, 2003. 271 p.
© Сахаватов Ш.И., 2025

Евразийский Союз Ученых.

Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал

№ 1 (126)/2025 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.