



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



**№6(74)**

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**МОСКВА, 2024**



# НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам LXXIV международной  
научно-практической конференции*

№ 6 (74)  
Июнь 2024 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва  
2024

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

*Лебедева Надежда Анатольевна* – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

*Данилов Олег Сергеевич* – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

*Маршалов Олег Викторович* – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Россия, г. Златоуст.

**Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки:** сб. ст. по материалам LXXIV междунар. науч.-практ. конф. – № 6 (74). – М.: Изд. «МЦНО», 2024. – 34 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2024

<b>Оглавление</b>	
<b>Технические науки</b>	<b>4</b>
<b>Раздел 1. Технические науки</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Инженерная геометрия и компьютерная графика</b>	<b>4</b>
РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ Фам Динь Таи Толок Алексей Вячеславович	4
<b>1.2. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>10</b>
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ БЕЗНАЛИЧНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД Абдурахман Джамал Джама	10
<b>1.3. Кораблестроение</b>	<b>21</b>
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ГАЗА МОРЕМ Сулайманов Виктор Богданович	21
<b>1.4. Радиотехника и связь</b>	<b>26</b>
ВИБРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ Аль-Араджи Зайнаб Хуссам	26

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### РАЗДЕЛ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### 1.1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

#### РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

***Фам Динь Таи***

*аспирант,*

*«Московский государственный технологический  
университет (ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»»,  
РФ, г. Москва*

***Толок Алексей Вячеславович***

*научный руководитель, д-р техн. наук, проф.,*

*«Московский государственный технологический  
университет (ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»»,  
РФ, г. Москва*

#### DEVELOPMENT OF ANALYTICAL MODELING TOOLS FOR MECHANICAL ENGINEERING STRUCTURES

***Pham Dinh Tai***

*Postgraduate student,*

*"Moscow State Technological University  
(Moscow State Technical University "STANKIN"),  
Russia, Moscow*

## **Alexey Tolok**

*Scientific supervisor,  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
"Moscow State Technological University  
(Moscow State Technical University "STANKIN"),  
Russia, Moscow*

**Аннотация.** Модель анализа механической структуры позволяет проверить, действительно ли продукт произведен с хорошими результатами, а также обнаружить и устранить ошибки. Моделирование позволяет создавать 2D или 3D модели, аналогичные реальным продуктам, также оно может быть связано с программным обеспечением для 2D или 3D проектирования. Такая связка позволит проанализировать деформацию, нагрев или разрушение деталей.

**Abstract.** The mechanical structure analysis model is the problem of making initial predictions to find the cause, checking whether the product is actually produced with good results or not, or finding the cause and fixing errors can happen. Allows building 2D or 3D models similar to actual products or can be linked to 2D or 3D design software, thereby analyzing deformation, heat or destruction of details.

**Ключевые слова:** функциональное воксельное моделирование, компьютерная графика, компьютерное проектирование.

**Keywords:** Functional voxel modeling, Computer Graphics, Computer-Aided Design.

## **1. Введение**

С сильным развитием информационных технологий во всех сферах человеческой жизни, таких как: промышленность, производство и обслуживание потребностей человеческой жизни, информатика помогла людям не только непосредственно производить продукцию, но и посредством систем оборудования «автоматизации и контроля» участвовать в промышленном производственном процессе с высочайшей и качественной производительностью в сочетании с наименьшими производственными затратами на рабочую силу. В настоящее время приложения в информатике постоянно развиваются и применяются в промышленном производстве. Такие системы как: «Моделирование и оцифровка для моделирования объектов исследования» – представляют собой очень сложную комбинацию оборудования. Кластеры наглядных визуальных образов в системе помогают ученым, производителям и

пользователям, которые управляют этой системой, легко достигать изначально поставленных целей.

Структурное моделирование и анализ заключается в упрощении продукта (который сам по себе очень сложен), разработке математических инструментов: дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных, дискретных методов. Дискретная математика, в сочетании с компьютерами, помогает для решения задач структурной механики в строительстве, механике и механике твердого тела, гидравлической механике, а также решает динамические, линейные или нелинейные задачи.

Аналитические модели в машиностроении предназначены для прогнозирования и оценки рисков и трудностей, которые могут возникнуть при их внедрении в реальное производство, для достижения оптимизации в вычислительной области проектирования и дискретных методов, а также предварительного моделирования проектирования и мультифизического моделирования.

## 2. Задача модели структурного анализа

Для моделирования задачи компьютерного геометрического представления используется Модель задачи. Обычно обработка осуществляется с помощью следующих основных этапов:

**Шаг 1.** Подготовка аналитических данных для решения проблемы.

На этом этапе нужно знать форму, размер и тип нагрузки или термостойкость объекта, чтобы определить напряжение, а также то, является ли выбранная нами молекула плоской, блочной или сложной формы.

Далее необходимо предоставить заявленные данные, такие как: удельный вес, эластичность, блочные, стержневые или трубчатые элементы конструкции.

**Шаг 2.** Построение модели

Необходимо идентифицировать объекты, которые необходимо исследовать, для этого можно использовать прикладное программное обеспечение, такое как: Autocad, solidworks, Catia, NX, Cimatrol, Pro-E.

**Шаг 3.** Анализ и обработка модели

Как только шаг 1 полностью проработан, необходимо определить является ли материал упругим или пластичным, линейная или нелинейная у него форма.

Нагрузка на материал – это распределение или концентрация силы, или температуры, воздушного потока.

**Шаг 4.** Запись результатов расчета.

Мы записываем результаты в файл данных напряжения или деформации материала и создаем диаграмму, чтобы можно было легко наблюдать за результатами.

### 3. Метод анализа проблем на основе воксельной модели с программным модулем РАНОК.

Сегодня существует множество методов расчета модельного анализа, от разработанной локальной функциональной модели R (LRFM) [1] и применения модели Voxel до производства в аддитивных технологиях[2], в этой модели нормальные компоненты характеризуют форму объекта, Модель представлена поверхностной сеткой треугольника.

Проблема функциональной воксельной модели:

Предположим, что в N-мерном пространстве обозначим  $F(x_n)$ . Тогда мы можем представить область определения локальных функций в каждой точке N-мерного пространства следующим образом:

$$F(x_n)=a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + a_{n+1}x_{n+1}+a_{n+2}x_{n+2}=0$$

Для упрощения и представления пикселей в N-мерном пространстве локальная область изображения элемента  $a_i$  определяется как набор  $n+2$ , называемым набором вокселей изображения в N-мерном пространстве.

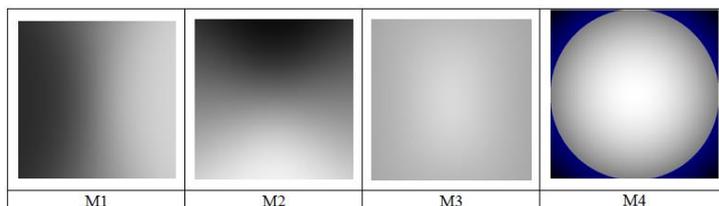
Предположим, что в трехмерном пространстве существует локальная функция:

$F = a_1x + a_2y + a_3z + a_4$  (где  $a_1, a_2, a_3, a_4$  – локальные геометрические особенности в точках объектов в пространстве), выраженная в трехмерном пространстве с помощью приближенных линейных методов.

С условиями  $a_i = \frac{2Mi-P}{P}$  где  $P = (255 - \text{количество градаций интенсивности цветовой палитры})$

Тогда глобальная точка функции  $z = f(x,y)$  в точке трёхмерного пространства:

$$z = -\frac{a_1x}{a_3} - \frac{a_2y}{a_3} - \frac{a_4}{a_3}$$



**Рисунок 1. Представление свойства локальной функции Z на компьютере**

Чтобы сделать расчет более эффективным и интуитивно понятным, реализуем пересечение функции:

$$Z = Z_1 + Z_2 - \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}$$

При постепенном увеличении интенсивности однотонной цветовой палитры выполняются следующие условия:  $a_i = \frac{2Mi-P}{P}$  где  $P = (255 - \text{количество градаций интенсивности цветовой палитры})$

Применяя систему PAHOК 2D, мы имеем следующую иллюстрацию:

```
RECTANGLE(-4,-2,2,6)
```

```
RECTBMP(500,500)
```

```
ARGUMENT x,y
```

```
CONSTANT x1=-3, y1=1, x2=1, y2=0, x3=0, y3=1, x4=0, y4=2
```

```
FUNCTION Z1=(y1-y2)*x-(x1-x2)*y+(y2*x1-y1*x2)
```

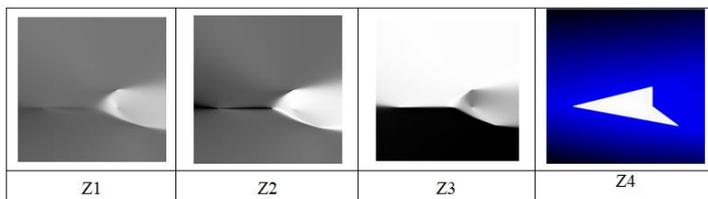
```
Z2=(y2-y3)*x-(x2-x3)*y+(y3*x2-y2*x3)
```

```
Z3=(y3-y4)*x-(x3-x4)*y+(y4*x3-y3*x4)
```

```
Z4=(y4-y1)*x-(x4-x1)*y+(y1*x4-y4*x1)
```

```
Z=Z1&(Z2|Z3)&Z4
```

```
RETURN Z
```



**Рисунок 2. Представление свойства локальной функции Z на компьютере**

#### 4. Модель и приложения структурного анализа

□ Функциональная модель Вокселя применялась для решения многих задач, таких как решение задачи Коши для дифференциального уравнения[3], или решение задачи поиска пути с использованием градиентного метода[4], или раскраска графов, а также в анализе сплайновых кривых[5] по математике. Анализ термических свойств[6] материала поможет определить долговечность или пластичность материала перед его запуском в производство.

□ Тема моделирования и структурного анализа в машиностроении, которую я исследую, в будущем будет применяться не только в

машиностроении, но я также надеюсь развить ее в области автомобильной, корабельной или аэрокосмической техники, аэродинамическом анализе потока и прочности материалов.

Например:

- Долговечность материала:
- Аэродинамика:
- Прочность материала:

## 5. Резюме

Построение аналитических моделей в машиностроении является актуальной темой. Механические части по своей сути сложны, и многие структурные части работают вместе, образуя целостную систему. Поэтому мы должны проанализировать модель, чтобы узнать, как деталь может выдержать нагрузку, распределение тепла, а также прочность материала в различных условиях. Таким образом сделается первоначальное суждение при установке машин или аксессуаров на практике. Так моделирование помогает инженерам и операторам станков работать эффективно и достигать высокой производительности.

## Список литературы:

1. Толоч А.В., Толоч Н.Б. Local R-Functional Modelling (LRFM) / Proceedings of the 31st International Conference on Computer Graphics and Vision (GraphiCon 2021; Nizhny Novgorod, Russia). Н. Новгород: CEUR Workshop Proceedings, 2021. Vol. 3027. С. <http://ceur-ws.org/Vol-3027/paper64.pdf>.
2. Толоч А.В., Толоч Н.Б., Батуев Е.Р. Voxel Modeling of the Control of Prototype Manufacturing with Additive Technologies // Automation and Remote Control. 2021. Vol. 82, No. 3. С. 506–515 .
3. Толоч А.В., Толоч Н.Б. Функционально-воксельное моделирование задачи Коши // Научная визуализация. 2024. Т. 16, № 1. С. 105–111.
4. Григорьев С.Н., Толоч А.В., Толоч Н.Б. Построение градиентного алгоритма локального перебора точек на основе метода функционально-воксельного моделирования // Программирование. 2017. № 5. С. 32–38.
5. Толоч А.В., Толоч Н.Б., Сычева А.А. Construction of the Functional Voxel Model for a Spline Curve / Proceedings of the 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision (GraphiCon 2020, St.Petersburg). Санкт-Петербург: CEUR Workshop Proceeding, 2020. Vol-2744. С. <http://ceur-ws.org/Vol-2744/paper52.pdf>.
6. Пушкарёв С.А., Толоч А.В. Исследование статической деформации твердых тел с применением методов функционально-воксельного моделирования / Тезисы докладов 14-й Международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта» (CAD/CAM/PDM-2014, Москва). М.: ООО "Аналитик", 2014. С. 31-31.

## **1.2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ БЕЗНАЛИЧНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД**

*Абдурахман Джамал Джама*

*аспирант,*

*кафедра «Информационная безопасность»,*

*Финансовый Университет при Правительстве РФ,*

*РФ, г. Москва*

### **ENSURING THE SECURITY OF NON-CASH PAYMENTS SYSTEMS: A COMPREHENSIVE APPROACH**

*Djamel Abdourahman*

*Student,*

*Department of Information Security,*

*Financial University under the Government*

*of the Russian Federation,*

*Russia, Moscow*

**Аннотация.** Цифровая эпоха открыла эпоху преобразований в финансовых операциях, когда безналичные платежные системы стали повсеместными, предлагая удобство и эффективность. Однако этот технологический прогресс также привел к появлению новых рисков и уязвимостей безопасности, что делает необходимым разработать надежные механизмы защиты от финансового мошенничества и поддержания доверия потребителей. В этом документе представлен всесторонний анализ проблем безопасности, связанных с системами безналичных платежей, такими как кредитные карты, мобильные кошельки и платформы онлайн-банкинга. Он изучает различные виды мошеннических действий, включая кражу личных данных, захват учетных записей, утечку данных, скимминг и клонирование, а также вредоносное ПО и кибератаки, которые представляют собой серьезную угрозу целостности и безопасности этих систем. Для решения этих проблем в документе

предлагается многоуровневый подход, сочетающий в себе передовые технологии, стратегии управления рисками и нормативно-правовую базу.

**Abstract.** The digital age has ushered in a transformative era for financial transactions, with non-cash payment systems becoming ubiquitous, offering convenience and efficiency. However, this technological advancement has also introduced new security risks and vulnerabilities, making it imperative to develop robust mechanisms to safeguard against financial fraud and maintain consumer trust. This paper presents a comprehensive analysis of the security challenges associated with non-cash payment systems, such as credit cards, mobile wallets, and online banking platforms. It delves into various types of fraudulent activities, including identity theft, account takeover, data breaches, skimming and cloning, as well as malware and cyber attacks, which pose significant threats to the integrity and security of these systems. To address these challenges, the paper proposes a multi-layered approach that combines advanced technologies, risk management strategies, and regulatory frameworks.

**Ключевые слова:** машинное обучение, глубокое обучение, безопасная аутентификация, шифрование, мошенничество с банковскими картами, управление рисками, нормативно-правовая база.

**Keywords:** machine learning, deep learning, secure authentication, encryption, bank card fraud, risk management, regulatory frameworks.

## Введение

Системы безналичных платежей произвели революцию в способах проведения финансовых операций, предлагая удобство, доступность и эффективность. Эти системы охватывают широкий спектр цифровых способов оплаты, включая кредитные карты, мобильные кошельки и платформы онлайн-банкинга. Хотя эти достижения, несомненно, изменили финансовый ландшафт, они также создали новые риски безопасности и уязвимости. Мошенники и киберпреступники постоянно изобретают сложные методы использования слабых мест в этих системах, создавая серьезные угрозы целостности и безопасности финансовых транзакций. Целью данного документа является предоставление всестороннего анализа проблем безопасности, связанных с системами безналичных платежей, и предложение многоуровневого подхода для эффективного решения этих проблем.

## 1. Проблемы безопасности в системах безналичных платежей

Системы безналичных платежей сталкиваются с множеством угроз безопасности, которые создают уникальные риски и проблемы. Эти угрозы не только приводят к финансовым потерям, но и подрывают доверие потребителей к цифровым финансовым услугам [1]. Ниже описаны некоторые наиболее распространенные проблемы безопасности.

□ *Кража личных данных.* Злоумышленники могут получить личную и финансовую информацию незаконными способами, такими как фишинг, утечка данных или другие гнусные методы. Вооружившись этой украденной информацией, они могут выдавать себя за законных пользователей, проводить несанкционированные транзакции или обманом путем открывать новые учетные записи [8]. Последствия кражи личных данных могут быть серьезными, включая финансовые потери, ущерб кредитному рейтингу и репутационный ущерб отдельных лиц.

□ *Захват аккаунта.* Киберпреступники могут получить несанкционированный доступ к существующим учетным записям, используя уязвимости или скомпрометировав учетные данные для входа. Этого можно достичь с помощью различных методов, таких как атаки грубой силы, тактики социальной инженерии или заражение вредоносным ПО. После взлома учетной записи мошенники могут проводить несанкционированные транзакции, переводить средства или получать доступ к конфиденциальной финансовой информации, что приводит к значительным финансовым рискам и рискам для конфиденциальности.

□ *Утечки данных.* Конфиденциальные финансовые данные, включая номера кредитных карт, информацию об учетных записях и личную информацию (PII), могут быть скомпрометированы в результате утечки данных. Эти нарушения могут произойти из-за кибератак, неадекватных мер защиты данных или внутренних угроз. Скомпрометированные данные могут использоваться для различных мошеннических действий, таких как кража личных данных, захват счетов или создание поддельных платежных инструментов, что создает значительные риски для частных лиц и финансовых учреждений.

□ *Скимминг и клонирование карт.* Скимминг предполагает незаконный захват данных карты с помощью специализированных устройств, часто устанавливаемых на банкоматах или торговых терминалах. Собранные данные затем можно использовать для создания поддельных карт – процесс, известный как клонирование. Эти клонированные карты могут использоваться для несанкционированных транзакций, что приводит к финансовым потерям как для потребителей, так и для финансовых учреждений.

□ *Вредоносное ПО и кибератаки.* Вредоносное программное обеспечение и кибератаки могут ставить под угрозу безопасность и целостность систем безналичных платежей [7]. Эти атаки могут принимать различные формы, такие как распределенные атаки типа «отказ в обслуживании» (DDoS), SQL-инъекция или расширенные постоянные угрозы (APT). Успешные атаки могут нарушить работу служб, украсть конфиденциальные данные или даже манипулировать финансовыми транзакциями, что приведет к значительным сбоям и финансовым потерям.

Эти проблемы безопасности подчеркивают необходимость комплексного и многогранного подхода для обеспечения безопасности систем безналичных платежей и поддержания доверия потребителей. Финансовые учреждения, регулирующие органы и поставщики технологий должны сотрудничать для внедрения надежных мер безопасности, содействия просвещению потребителей и создания безопасной и устойчивой цифровой финансовой экосистемы [3].

## **2. Предлагаемый многоуровневый подход**

Для решения проблем безопасности, связанных с системами безналичных платежей, в настоящем документе предлагается многоуровневый подход, сочетающий в себе передовые технологии, стратегии управления рисками и нормативно-правовую базу. Интегрируя эти три столпа, финансовые учреждения и заинтересованные стороны могут повысить безопасность и целостность цифровых финансовых услуг, повышая доверие потребителей и обеспечивая постоянный рост и внедрение безналичных платежных систем.

### **2.1. Передовые технологии**

#### **2.1.1. Машинное обучение и глубокое обучение для обнаружения аномалий и предотвращения мошенничества**

В данной статье исследуется потенциал методов машинного обучения и глубокого обучения для обнаружения аномалий и предотвращения мошенничества в системах безналичных платежей. Эти передовые технологии используют возможности данных и вычислительных моделей для выявления сложных закономерностей и аномалий, указывающих на мошеннические действия, обеспечивая мониторинг в реальном времени и упреждающие меры безопасности.

#### **Контролируемые алгоритмы обучения**

Контролируемого обучения, такие как логистическая регрессия, деревья решений и машины опорных векторов, можно обучить на помеченных данных, чтобы классифицировать транзакции как мошеннические

или законные. Эти алгоритмы учатся на исторических примерах мошеннических и законных транзакций, что позволяет им делать точные прогнозы на основе новых, невидимых данных. Однако производительность моделей обучения с учителем во многом зависит от качества и количества доступных помеченных данных, что может стать серьезной проблемой в быстро развивающейся среде мошенничества.

### **Методы обучения без учителя**

Методы обучения без учителя, такие как кластеризация и обнаружение аномалий, не требуют маркированных данных и вместо этого направлены на выявление закономерностей и аномалий внутри самих данных. Эти методы могут быть особенно полезны при обнаружении ранее неизвестных или новых моделей мошенничества. Тем не менее, подходы к обучению без присмотра могут затруднять точное различие между законными и мошенническими транзакциями, что приводит к более высокому уровню ложноположительных результатов.

### **Модели глубокого обучения**

Модели глубокого обучения, включая сверточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN), продемонстрировали замечательный успех в различных областях, включая обнаружение мошенничества. Эти модели могут изучать сложные представления и шаблоны данных транзакций, повышая точность обнаружения мошенничества. CNN особенно эффективны при улавливании пространственных закономерностей, тогда как RNN превосходно моделируют последовательные данные и фиксируют временные зависимости, что делает их хорошо подходящими для анализа последовательностей транзакций.

Используя эти передовые методы машинного и глубокого обучения, финансовые учреждения могут разработать более надежные и адаптивные системы обнаружения мошенничества, способные выявлять сложные модели мошенничества и адаптироваться к развивающимся угрозам.

#### **2.1.2. Безопасная аутентификация и шифрование**

Надежные механизмы аутентификации и шифрование данных имеют решающее значение для защиты конфиденциальной финансовой информации и предотвращения несанкционированного доступа к системам безналичных платежей. В этом разделе рассматриваются передовые методы повышения безопасности.

1. *Биометрическая аутентификация.* Биометрическая аутентификация, такая как отпечаток пальца, распознавание лица или сканирование

радужной оболочки глаза, обеспечивает дополнительный уровень безопасности, проверяя личность пользователя на основе уникальных биологических характеристик. Такой подход может значительно снизить риск несанкционированного доступа и захвата учетной записи.

2. *Многофакторная аутентификация (MFA)*. MFA объединяет несколько факторов аутентификации, например, что-то, что вы знаете (например, пароль), что-то, что у вас есть (например, токен или мобильное устройство), и то, чем вы являетесь (например, биометрические данные). Требуя наличия нескольких факторов для аутентификации, MFA повышает общую безопасность систем безналичных платежей и снижает риск компрометации учетных данных [4].

3. *Сквозное шифрование*. Сквозное шифрование (End-to-end encryption) гарантирует, что конфиденциальные данные, такие как финансовая информация и личная информация (ПИ), зашифрованы в источнике и могут быть расшифрованы только предполагаемым получателем. Такой подход предотвращает несанкционированный доступ и утечку данных, даже если канал связи или промежуточные системы скомпрометированы. Внедряя эти передовые методы аутентификации и шифрования, финансовые учреждения могут значительно повысить безопасность систем безналичных платежей, защищая конфиденциальные данные и предотвращая несанкционированный доступ.

## 2.2. Стратегии управления рисками

Эффективные стратегии управления рисками необходимы для выявления, смягчения и мониторинга рисков безопасности, связанных с системами безналичных платежей. Эффективные стратегии управления включают в себя: оценка риска, снижение риска, мониторинг рисков.

### 2.2.1. Оценка риска

Проведение комплексной оценки рисков имеет решающее значение для выявления потенциальных уязвимостей и угроз, а также определения приоритетности усилий по смягчению последствий. Оценка рисков включает в себя анализ вероятности и влияния различных рисков безопасности с учетом таких факторов, как стоимость активов, потенциальные финансовые потери и репутационный ущерб.

Оценки рисков должны проводиться регулярно и обновляться по мере появления новых угроз или изменений в экосистеме безналичных платежей. Этот процесс должен включать сотрудничество между экспертами по безопасности, специалистами по управлению рисками и заинтересованными сторонами из различных отделов финансовых учреждений.

### 2.2.2. Снижение риска

Упреждающее устранение выявленных рисков является важнейшим компонентом укрепления безопасности систем безналичных платежей. После того как потенциальные уязвимости и угрозы тщательно оценены, становится обязательным внедрить соответствующие меры защиты и контрмеры, чтобы уменьшить вероятность и смягчить последствия потенциальных нарушений безопасности. Эффективные стратегии снижения рисков включают в себя многогранный подход, включающий различные меры по созданию надежной системы безопасности.

□ *Меры контроля доступа.* Внедрение строгих механизмов контроля доступа имеет решающее значение для предотвращения несанкционированного доступа к конфиденциальным системам и данным. Этого можно достичь за счет управления доступом на основе ролей, соблюдения принципа наименьших привилегий и обязательного использования протоколов многофакторной аутентификации. Ограничивая доступ только теми, кто в нем нуждается, и применяя несколько уровней аутентификации, организации могут значительно снизить риск несанкционированного доступа и утечки данных.

□ *Протоколы защиты данных.* Защита конфиденциальной финансовой информации и личной информации (PII) имеет первостепенное значение. Организации должны внедрить надежные методы шифрования данных, решения для безопасного хранения и протоколы безопасной передачи для защиты данных от несанкционированного доступа или взлома. Шифрование гарантирует, что даже если данные будут перехвачены, они останутся непонятными для неавторизованных сторон, а безопасные протоколы хранения и передачи предотвратят попадание данных в чужие руки.

□ *Готовность к реагированию на инциденты.* Разработка и регулярное тестирование планов реагирования на инциденты необходимы для обеспечения быстрого и эффективного реагирования на инциденты безопасности. Четко определенные процедуры реагирования на инциденты позволяют организациям минимизировать последствия взлома, сдерживать угрозу и облегчить быстрые усилия по восстановлению. Регулярное тестирование и обновление этих планов имеют решающее значение для обеспечения их эффективности в реальных сценариях.

□ *Постоянная осведомленность и обучение.* Сотрудники играют жизненно важную роль в снижении рисков, а их осведомленность и бдительность имеют решающее значение для поддержания высокого уровня безопасности [5]. Организации должны уделять первоочередное внимание регулярным программам обучения и повышения осведомленности, чтобы обучать сотрудников передовым методам обеспечения

безопасности, выявлению потенциальных угроз и соответствующему реагированию на инциденты безопасности. Развивая культуру осведомленности о безопасности, организации могут значительно снизить риск человеческих ошибок и атак социальной инженерии.

Реализация этих стратегий снижения рисков требует комплексного и упреждающего подхода, предполагающего сотрудничество между различными заинтересованными сторонами, включая специалистов по безопасности, ИТ-команды и руководство организации. Регулярные обзоры и обновления этих стратегий необходимы для обеспечения их эффективности в постоянно меняющемся ландшафте угроз систем безналичных платежей. Кроме того, организации должны сохранять бдительность и способность к адаптации, постоянно отслеживая и корректируя свои стратегии снижения рисков для устранения возникающих угроз и уязвимостей.

### 2.2.3. Мониторинг рисков

Непрерывный мониторинг событий безопасности, моделей транзакций и возникающих угроз необходим для обеспечения упреждающего реагирования и адаптации. Это включает в себя:

□ *Управление информацией о безопасности и событиями (SIEM)*: внедрение решений SIEM для сбора и анализа журналов безопасности, сетевого трафика и других соответствующих источников данных, что позволяет осуществлять мониторинг в режиме реального времени и обнаруживать потенциальные инциденты безопасности.

□ *Анализ угроз*: использование источников данных об угрозах, таких как рекомендации по безопасности, отраслевые отчеты и платформы обмена информацией, для получения информации о возникающих угрозах и уязвимостях.

□ *Непрерывный мониторинг и адаптация*. Регулярный мониторинг моделей транзакций, поведения пользователей и производительности системы для выявления аномалий или отклонений от нормальной работы и соответствующая адаптация мер безопасности.

Внедряя эффективные стратегии управления рисками, финансовые учреждения могут активно выявлять, смягчать и отслеживать риски безопасности, связанные с системами безналичных платежей, снижая вероятность и влияние инцидентов безопасности.

### 2.3. Нормативно-правовая база

Надежная нормативно-правовая база имеет решающее значение для регулирования работы систем безналичных платежей и обеспечения соблюдения стандартов безопасности и передового опыта (best practices).

### 2.3.1. Правовая и нормативная база

Анализ существующих законов, правил и отраслевых стандартов, касающихся безопасности безналичных платежей, имеет важное значение для выявления потенциальных пробелов или областей для улучшения. Это включает в себя рассмотрение таких нормативных актов, как Стандарт безопасности данных индустрии платежных карт (PCI DSS), Общий регламент защиты данных (GDPR) и другие соответствующие национальные и международные нормативные акты[8]. Финансовые учреждения и регулирующие органы должны сотрудничать для оценки эффективности действующих правил и определения областей, где могут потребоваться дополнительные рекомендации или механизмы обеспечения соблюдения для устранения возникающих угроз безопасности и развития технологий безналичных платежей.

### 2.3.2. Сотрудничество и координация

Сотрудничество и координация между финансовыми учреждениями, регулирующими органами, правоохранительными органами и другими заинтересованными сторонами имеют решающее значение для установления общеотраслевых стандартов и передовых практик обеспечения безопасности безналичных платежей. Такой совместный подход может облегчить обмен информацией, способствовать принятию общих рамок безопасности и обеспечить скоординированное реагирование на инциденты безопасности и возникающие угрозы. Создание общеотраслевых форумов, рабочих групп и платформ для обмена информацией может способствовать сотрудничеству и позволить заинтересованным сторонам коллективно решать проблемы безопасности, обмениваться передовым опытом и разрабатывать единые стратегии повышения безопасности систем безналичных платежей.

### 2.3.3. Соответствие и обеспечение соблюдения

Обеспечение соблюдения правил безопасности и применение санкций за несоблюдение имеет важное значение для поддержания целостности и безопасности систем безналичных платежей. Это может включать в себя:

- Регулярные проверки и оценки: проведение регулярных проверок и оценок для оценки соблюдения финансовыми учреждениями и поставщиками услуг соответствующих правил безопасности и отраслевых стандартов.
- Механизмы правоприменения: Внедрение надежных механизмов правоприменения, включая штрафы, пени или отзыв лицензий на деятельность, за несоблюдение правил и стандартов безопасности.

□ Отчеты об инцидентах и реагирование на них: установление четких руководств и протоколов для сообщения об инцидентах безопасности, утечках данных или других событиях, связанных с безопасностью, а также координация соответствующих усилий по реагированию и исправлению.

Создавая прочную нормативно-правовую базу, финансовые учреждения и заинтересованные стороны могут создать безопасную и заслуживающую доверия среду для систем безналичных платежей, способствуя повышению доверия потребителей и обеспечивая постоянный рост и внедрение цифровых финансовых услуг [11].

### **Заключение**

Обеспечение безопасности систем безналичных платежей является важнейшей задачей в эпоху цифровых технологий, поскольку распространение этих систем привело к появлению новых рисков безопасности и уязвимостей. Данный документ описывает комплексный подход, включающий применение передовых технологий, стратегий управления рисками и нормативной базы для защиты от различных угроз безопасности и уязвимостей, связанных с системами безналичных платежей.

Используя методы машинного и глубокого обучения для обнаружения аномалий и предотвращения мошенничества, внедряя надежные механизмы аутентификации и шифрования, принимая эффективные стратегии управления рисками и создавая прочную нормативно-правовую базу, финансовые учреждения и заинтересованные стороны могут повысить безопасность и целостность безналичных платежных систем. Этот многоуровневый подход не только снижает финансовые потери и защищает конфиденциальные данные, но также способствует повышению доверия потребителей к цифровым финансовым услугам. В связи с развитием систем безналичных платежей и появлением новых технологий стало крайне важно, чтобы заинтересованные стороны сохраняли бдительность, адаптировали свои меры безопасности и сотрудничали для устранения возникающих угроз и проблем.

В итоге, обеспечение безопасности электронных платежных систем является общим плечом, необходимым согласованным усилиям финансовых учреждений, регуляторов, поставщиков технологий и потребителей. С помощью комплексного и предвидения подхода возможно обеспечить целостность и надежность цифровых финансовых операций, способствуя устойчивому развитию и принятию данных инновационных платежных систем.

**Список литературы:**

1. Смирнов А.Б. Безопасность электронных платежей: современные тенденции и проблемы // Финансовая безопасность. – 2020. – №3. – С. 16-25.
2. Иванова Е.С. Киберугрозы в сфере безналичных платежей и методы их предотвращения // Информационные технологии и безопасность. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 45-56.
3. Петров Г.Д. Технические аспекты защиты систем безналичных платежей от кибератак // Компьютерная безопасность. – 2018. – № 1. – С. 112-125.
4. Лебедева Н.О. Роль многофакторной аутентификации в обеспечении безопасности платежных систем // Журнал информационной безопасности. – 2021. – № 4. – С. 78-89.
5. Цзян Ю., Инь Дж., Лю С. Человеческая активность и незлонамеренное киберповедение на рабочем месте: обзор ведущих моделей // Транзакции по профессиональной коммуникации. – 2020. – № 2. – С. 167–188.
6. Арнер Д.В., Барберис Дж. и Бакли Р.П. FinTech, RegTech и реконцептуализация финансового регулирования // Северо-западный журнал международного права и бизнеса. – 2017. – № 2. – С. 371–413.
7. Янсен Дж. и Лейкфельдт Р. Фишинговые и вредоносные атаки на клиентов онлайн-банкинга в эпоху мобильных цифровых устройств // Журнал финансовых преступлений. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 189–208.
8. Кан, К.М., Линьярес-Сегарра, Дж.М. Кража личных данных и выбор потребительских платежей: имеет ли значение перекрестная неоднородность? // Журнал банковского дела и финансов. – 2016. – Т. 72, № 1. – С. 64-80.
9. Ометов А., Беззатеев С., Мякитало Н. Многофакторная аутентификация: опрос // Криптография. – 2018. – № 1. – С. 1-7.
10. Халилов М.К. и Леви А. Опрос об анонимности и конфиденциальности в цифровых денежных системах, подобных биткойнам // Обзоры и учебные пособия по коммуникациям. – 2018. – № 3. – С. 2543-2585.
11. Крахмаль, В. Регулирование финансовых технологий: на пути к глобальной регуляторной песочнице // Журнал банковского регулирования. – 2021. – № 1. – С. 1–19.

## 1.3. КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ГАЗА МОРЕМ

*Сулайманов Виктор Богданович*

*аспирант,  
Государственный морской университет  
имени адмирала Ф.Ф. Ушакова,  
РФ, г. Новороссийск*

### WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF GAS CARRIAGE BY SEA

*Viktor Sulaimanov*

*Post-graduate student,  
Admiral Ushakov Maritime State University,  
Russia, Novorossiysk*

**Аннотация.** В современном мире транспортировка газа морем является важной частью мировой торговли. В статье описаны пути повышения эффективности перевозки сжиженного природного газа на танкерах-газовозах.

**Abstract.** In the modern world, gas transportation is an important part of world trade. The article describes ways to increase the efficiency of carriage of liquefied natural gas on gas tankers.

**Ключевые слова:** повышение эффективности, перевозка газа, СПГ-газовоз.

**Keywords:** increasing of efficiency, gas carriage, LNG-carrier.

#### Введение

Природный газ- один из самых востребованных видов топлива. Главным его компонентом является метан – один из основных энергоносителей в мировой энергетической системе. Для его транспортировки в настоящее время применяются 2 пути – это может быть сделано с помощью магистральных газопроводов или же с использованием

специально построенных судов типа «СПГ-газовоз». В последние несколько десятилетий потребность в СПГ постоянно растет. Стран, которые добывают и экспортируют природный газ, значительно меньше, чем стран-потребителей. В связи с тем, что спрос на СПГ растет, увеличивается и количество судов, предназначенных для его перевозки. Транспортировка СПГ морем является важнейшей частью газовой отрасли промышленности, поэтому инвестиции не заканчиваются на этапах геологической разведки, бурения, обустройства промысла и добычи. СПГ-газовозы, как правило, строятся для перевозки достаточно большого объема СПГ при практически атмосферном давлении при температуре кипения. С учетом того, что потребность в СПГ становится все больше, средняя длина маршрутов растет, увеличивается и средний размер СПГ-газовозов

### **Проблема постоянно растущего давления в танках и трубопроводах**

Учитывая, что газ загружается на судно в сжиженном состоянии уже при температуре кипения и на протяжении рейса используется как топливо, время, проводимое газовозом в море требуется сократить до минимального. Одна из основных проблем при перевозке СПГ морем – его постоянное испарение, происходящее из-за теплообмена. Температура газа, поступающего в грузовые танки, близка к температуре кипения и, как правило, составляет  $-162^{\circ}\text{C}$  [1, с. 61]. Серьезная изоляция грузовых танков лишь снижает количество передаваемого в резервуар с СПГ тепла, но не может полностью предотвратить процесс его поступления. За счет этого газ постоянно испаряется. Он может быть использован как топливо для движения судна. Однако если объем отпарного газа больше, чем необходимо для движения судна, возникает вопрос, как снизить давление в грузовых танках и трубопроводах.

Первым и самым простым способом является сжигание паров груза на специально предназначенной для этого установке (Gas Combustion Unit), которая имеется на каждом СПГ-газовозе и обеспечивает безопасное для окружающей среды сжигание природного газа. Тем самым становится возможным контроль за давлением внутри танков и грузовых магистралей [2, с. 28]. Очевидным минусом этого способа является потеря прибыли грузоотправителем, ведь использование установки по сжиганию снижает выручку от торговли грузом, так как та часть газа, которая потенциально могла бы быть продана покупателю, идет на сжигание.

## **Выбор оптимального маршрута перевозки**

Стоит учитывать, что при наличии двух и более равноприоритетных планов перехода предпочтение стоит отдавать тому, следуя по которому газовоз будет больше находиться районах, где преобладают холодные температуры, и меньше - теплые. Это позволит уменьшить количество тепла, попадающего в грузовой танки и, как следствие, сохранить больше груза. Еще одним важным фактором, существенно влияющим на испарение груза, является волнение. При качке свободная поверхность жидкости в танке увеличивается за счет волн, что способствует более интенсивному испарению сжиженного газа. Поэтому учет погодных условий на переходе является особенно важным для рейса газовоза.

## **Улучшение слоя изоляции**

Другой способ уменьшения объемов отпарного газа - снижение количества тепла, поступающего в танки извне. Для достижения этой цели можно было бы увеличить толщину слоя изоляции или поменять материал, из которого он изготавливается. На данный момент не существует материалов, способных полностью прекратить испарение груза. Даже в случае появления подобных материалов их установка на суда для перевозки СПГ будет нецелесообразной, ведь их стоимость будет очень высока. Утолщение слоя изоляции приведет либо к увеличению размеров судов, либо к уменьшению объема грузового танка, что негативно скажется на экономической составляющей перевозки. Гораздо эффективнее было бы изменить материал изоляции. На данный момент слои изоляции на большинстве СПГ-газовозов выполнены из перлита, теплопроводность которого составляет 38-42 мВт/м\*Кельвин при 20°C. В случае замены перлита, например, на полистирол (теплопроводность 31-32 мВт/м\*Кельвин при 20°C) можно было бы ощутимо снизить количество образующегося отпарного газа [2, с.114]. Достоинством этой стратегии является то, что при нормальной эксплуатации судна, слой изоляции устанавливается один раз (во время строительства) и служит весь срок работы газовоза. Недостаток же состоит в том, что менять изоляцию танков уже построенного судна достаточно дорого. Для судовладельца эксплуатирующегося газовоза этот путь является экономически нецелесообразным.

## **Установка повторного сжижения газа**

Более современный и эффективный способ борьбы с излишком отпарного газа - применение бортовой установки повторного сжижения природного газа УПСГ, чье предназначение - конденсация излишнего испаренного газа и возвращение полученной жидкости обратно в танк. Теоретически это делает возможным доставку всего погруженного СПГ

в порт выгрузки. По сути, нет никакой разницы между процессами первичного и повторного сжижения природного газа. В обоих случаях газ переводится в жидкую фазу, его температура близка к температуре кипения. На борту судна основной целью повторного сжижения уже выпарившегося газа является обеспечение средств контроля за давлением и температурой груза [3, с. 75].

УПСГ- установки повторного сжижения газа- сами по себе не являются открытием последних лет. Они уже достаточно долго применяются при перевозке пропана, бутана, бутадиена, этилена и других нефтяных и химических газов. Однако внедрение УПСГ на СПГ-газовозы произошло не так давно. В наши дни очевидна тенденция к оснащению судов, предназначенных для транспортировки СПГ, подобными системами. Использование УПСГ позволяет увеличить объем выгружаемого груза, уменьшить количество оставляемого газа на переход в балласте, сохранить большее количество топлива.

К сегодняшнему дню разработано и используется на газовозах 3 вида УПСГ: установка непрямого действия (где груз охлаждается или пары груза конденсируются без сжатия), установка прямого действия (где испаренный груз сжимается, охлаждается и возвращается обратно в грузовой танк) и каскадная установка (в которой отпарной газ сжимается и конденсируется в теплообменнике и возвращается в грузовой танк).

Наиболее эффективно себя показывает каскадная (она же комбинированная) УПСГ. Ее эффективность составляет порядка 95-97 % [4, с. 156] (именно такое количество испарившегося газа возможно вернуть в танк в жидком состоянии). Несмотря на то, что имеются установки прямого действия, показывающие лучшую эффективность, они отличаются значительно большими затратами энергии [4, с. 158]. Каскадные УПСГ включают в свой состав значительно больше механизмов, чем двух- или трехступенчатые УПСГ прямого действия. Они сложнее в эксплуатации. Но работы по охлаждению разделены между несколькими компрессорами, что повышает общую эффективность системы.

На сегодняшний день уже достаточно много СПГ-газовозов имеют на борту УПСГ. Это ощутимо повышает стоимость их фрахта и увеличивает количество возможных контрактов, что выгодно для судовладельца. Для фрахтователя преимущество таких газовозов заключается в том, что на выгрузке судно способно отдать больше груза из-за того, что отсутствует необходимость сжигать его для удержания давления в танках и трубопроводах в допустимых пределах.

## Выводы

На данный момент существует несколько способов повышения эффективности перевозки СПГ морем: выбор оптимального маршрута транспортировки, улучшение слоя изоляции и монтаж установки повторного сжижения газа. Экономичность каскадной УПСГ вкупе с ее эффективностью в настоящее время делает ее лучшим выбором для монтажа на строящийся или уже построенный газозов. Такая система позволит судну расходовать лишь необходимое количество отпарного газа, которое требуется для работы главного двигателя и судовых установок.

## Список литературы:

1. Баскаков С.П. Перевозка сжиженных газов морем: учеб. пособие. – Санкт-Петербург: Судостроение, 2002. – 272 с.
2. Liquefied Gas Handling Principles (Fourth Edition)- Livingston: Witherby Seamanship International Ltd., 2016 – 498 с.
3. LNG Shipping Knowledge: в 6 т. Livingston: Witherby Seamanship International Ltd., 2008. Т. 2. Equipment- – 205 с.
4. The fifth International Tropical Renewable Energy Conference: сб. ст. AIP Publishing (volume 2376). – Depok, Indonesia, 2021. – 568 p. Makapuan R., Muhararam Y. Technical and economic feasibility study of Boil-off Gas reliquefaction system on an LNG Tanker // Energy Storage: тезисы докл. AIP Conference Proceedings (Depok, Indonesia, 29-30 сент. 2020 г.). – Depok, Indonesia, 2021. P. 152-158

## 1.4. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

### ВИБРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

***Аль-Араджи Зайнаб Хуссам***

*доктор философии, доц.  
колледж естественных наук для женщин,  
физический факультет  
Багдадского университета,  
Ирак, г. Багдад*

***Духа Карим Гармаш***

*доктор философии, доц.  
Багдадский университет,  
Колледж естественных наук для женщин,  
физический факультет  
Багдадского университета  
Ирак, г. Багдад*

### VIBRATION TESTING AND SIMULATION OF PRINTED CIRCUIT BOARDS

***Zainab Hussam Al-Araji***

*Ph.D., Associate Professor,  
College of Science for Women,  
Physics Department at  
University of Baghdad,  
Iraq, Baghdad*

***Dhuha Kareem Harfash***

*Ph.D., Associate Professor,  
College of Science for Women,  
Physics Department at  
University of Baghdad,  
Iraq, Baghdad*

**Аннотация.** Окружение радиоэлектронных устройств создает вибрацию, которая может повредить электронные платы. Кроме того, комбинированная температура и вибрация – это тип тестирования, который воссоздает среды, приближенные к более близким к реальным условиям эксплуатации [1]. Высокая стойкость к усталости паяных соединений пакета важна для всех применений, включая вибрационную нагрузку, но в литературе по этой теме очень мало данных.

Характеристика сложной печатной платы была выпущена с использованием тестов на растяжение и изгиб, чтобы извлечь пользовательский параметр ввода для моделирования [2]. Точная численная модель вибрационного моделирования была установлена путем применения модального анализа. Были подробно проанализированы всесторонние динамические реакции ПП, например, ускорение, деформации и напряжения [3]. Эксперименты проводились для проверки результатов моделирования. Установленная модель имеет превосходную корреляцию с экспериментальным измерением пикового смещения, ускорения выхода и частоты колебаний. Кроме того, исследовано влияние анизотропии ПП на собственные частоты и формы мод. Было замечено, что после модального анализа значения собственных частот не были одинаковыми для изотропных и анизотропных ПП. Затем влияние расстояния между точками фиксации изучалось с использованием различных конфигураций фиксации. Результаты показали, что увеличение расстояния между точками фиксации увеличивает значения собственных частот. Наконец, наиболее ограниченные области на плате были определены для нескольких конфигураций платы. Это открытие может быть полезно в процессе сборки, используя минимально ограниченную конфигурацию.

**Abstract.** The environment of electronic devices creates vibrations that can damage electronic circuit boards. In addition, combined temperature and vibration is a type of testing that recreates environments that are closer to real – world operating conditions. The high fatigue resistance (HCF) of package solder joints is important for all applications, including vibration loading, but there is very little data in the literature on this topic. The characterization of a complex PCB has been released using tensile and bending tests to extract a custom input parameter for simulation. An accurate numerical model of vibration simulation has been established by applying modal analysis. Comprehensive dynamic reactions of PCB, such as acceleration, deformations and stresses, have been analyzed and analyzed in detail. Experiments were conducted to verify the simulation results. The established model has an excellent correlation with the experimental measurement of peak displacement, output acceleration and oscillation frequency. In addition, the effect of

PCB anisotropy on natural frequencies and mode shapes has been studied. It was noticed that after modal analysis, the values of natural frequencies were not the same for isotropic and anisotropic PCBs. Then, the effect of the distance between the fixation points was studied using various fixation configurations. The results showed that increasing the distance between the fixation points increases the values of natural frequencies. Finally, the most limited areas on the board have been identified for several board configurations. This discovery can be useful in the build process using a minimally limited configuration.

**Ключевые слова:** CAE, печатная плата, моделирование радиоэлектронных изделий, инженерный анализ.

**Keywords:** CAE, printed circuit board, modeling of electronic products, engineering analysis.

## Введение

Согласно литературному обзору, анализ вибрационной усталости, который был сделан к настоящему времени, представляет собой в основном анализ режима и исследование циклического отказа. Только очень мало моделей усталости основаны на анализе стресса или деформации.

Поскольку тесты обычно являются дорогостоящими и трудоемкими, моделирование может быть хорошей альтернативой. Кроме того, модуляция, как доказано, очень эффективна в электронной упаковке для анализа конструкции и оптимизации, сравнивая фактические вибрационные испытания [4].

Ускорение, отклонение, скорость, диспозиции, деформации и динамические реакции на входе и выходе являются мониторами повторяемости вибрационных испытаний. Эти мониторы можно было использовать для исследования режима отказа и механизма сбоя паяных соединений [5].

Динамические напряжения и напряжения паяных соединений непосредственно влияют на надежность паяного соединения во время испытания на вибрацию. Однако для их непосредственного измерения нет подходящего датчика. Альтернативно, динамические реакции ПП являются хорошо измеримыми индикаторами, которые тесно связаны с деформацией и напряжением при пайке.

В этой статье установлена точная модель вибрации для печатных плат. Это потребовало нескольких важных шагов.

**Первый шаг** – описать эту печатную плату, чтобы извлечь механические свойства для моделирования.

**Второй шаг** – изучить различные способы фиксации и, наконец, упрощаются гипотезы, чтобы получить время вычисления.

Кроме того, было проведено динамическое исследование для генерации собственных частот и форм моды структуры ПП. Эти частоты сравнивались с полученными экспериментально.

## 2. Эксперимент

### 2.1. Описание испытательного оборудования

Настройка эксперимента – это шейкер с воздушным охлаждением (LDS V555 с максимальной синусоидальной силой 939 Н, максимальное ускорение 100 г с  $g = 9,81 \text{ м / с}^2$  и допустимый диапазон частот от 5 Гц до 6300 Гц).

Максимальный вес, который может поддерживать шейкер, составляет 5 кг без учета ядра банка и около 4 кг с его подсчетом. Кроме того, образец нуждается в дополнительном инструменте, который должен быть установлен на шейкере.

Средний вес вспомогательных инструментов составляет около 2 кг. Поэтому очень важно учитывать пределы шейкера, поскольку увеличение веса уменьшает пределы ускорения. Этот шейкер показан на рисунке 1.



Рисунок 1. Шейкер устройства

## 2.2. Описание вибрационного профиля

Испытания на вибропрочность стреловидности синуса использованы для того чтобы определить некоторые естественные частоты в структурах, которые не должны совпасть с частотами возбуждения от окружающей среды или прибора[6].

Если частоты совпадают, то испытание на выносливость можно проводить на собственных частотах. Испытание на выносливость форма испытания усталости. Синусоидальная развертка с ускорением 2g и частотой до 2000 Гц

## 2.3. Описание средств поддержки и тестирования

ПП, используемая в этом исследовании, содержит 6 слоев меди, 2 слоя FR4-сердечника и 3 слоя PREPREG общей толщиной 1,6 мм. Состав ПП и толщины различных листов. Использовались два разных размера печатной платы. Четыре отверстия были просверлены, чтобы зафиксировать доску на шейкере. Размеры были выбраны в зависимости от размера двух предварительно изготовленных инструментов. Размер первой конфигурации, называемой Большой панель «LB», составляет 160 мм в качестве квадратной стороны, 120 мм в качестве расстояния между точками фиксации и 10 мм в качестве диаметра отверстия фиксации. Вторая конфигурация называется Small Board «SB». Это 85-миллиметровая квадратная сторона, 67-миллиметровое расстояние между точками фиксации и диаметром отверстия фиксации 6 мм.

Использовались четыре акселерометра, один для управления тем, что шейкер следует за профилем, и три для мониторинга в разных местах, в центре, рядом с крепежным винтом и с средней стороны (между двумя винтами). Для двух плат были выбраны те же самые положения. Эти акселерометры фиксировали с использованием blu-tack (синее адгезивное вещество), как показано на рисунке 2.

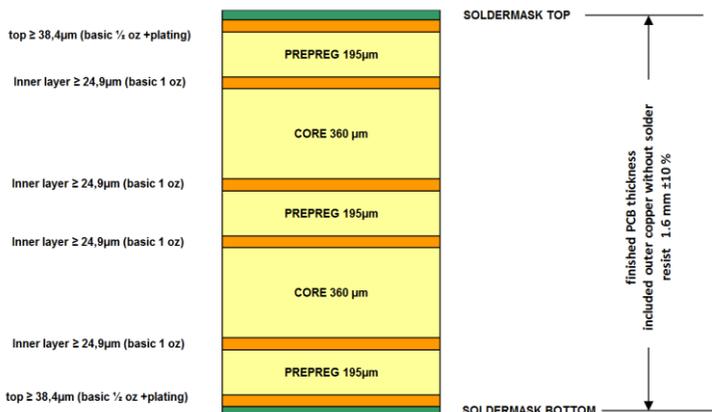


Рисунок 2. печатная плата содержание

## 2.4. Экспериментальные результаты и обсуждение

На Рисунок 3 показаны первые 3 естественные частоты больших досок и малых досок соответственно. Эти значения были получены после применения синусоидальной развертки с ускорением 2 г и до 2000 Гц.

Три частоты для Большого совета и Малого совета суммируются Методика моделирования представлена в следующем разделе.

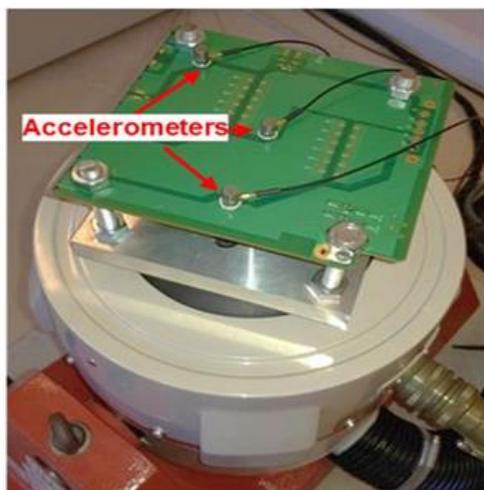


Рисунок 3. ПП на вибрации стенд

### 3.1. Моделирование вибраций конечных элементов

Поскольку предполагалось, что вибрация может повлиять на напряжения и деформации упаковки, было сочтено важным установить точную модель, представляющую напряжение-напряжение из-за динамической нагрузки. Модель может быть подтверждена путем сопоставления взаимосвязи между экспериментальными и результатами моделирования. Выбор заключался в том, чтобы выполнить протокол модального анализа с помощью моделирования конечных элементов, чтобы сравнить собственные частоты и формы их моды, полученные либо путем моделирования, либо путем измерений [7]. Следовательно, поведение численной платы может быть скорректировано для расширенной вибрации на основе модели для более сложных исследований в качестве комбинированного испытания на вибрацию / тепловую энергию.

#### Выводы

В настоящей работе рассмотрен динамический отклик печатной платы с использованием имитаций и экспериментов. Испытуемая ПП представляет собой сложную многослойную структуру, которая должна быть охарактеризована с использованием механических испытаний для извлечения пользовательского параметра ввода для моделирования. Действительно, было доказано, что значения собственных частот не были одинаковыми для изотропных и анизотропных ПП.

В настоящей работе рассмотрена валидация модели динамического моделирования вибрации, сопоставляя результаты моделирования и результаты эксперимента. Наблюдалось хорошее согласие между симуляцией и экспериментом.

Измерение собственных частот ПП требует тщательного планирования и проектирования техники измерения и испытаний. Кроме того, необходимо учитывать различные факторы воздействия. Были изучены некоторые из этих факторов, в том числе калибровка шейкера, фиксация винтовой гайки и пространственная фиксация. Действительно, было замечено, что значения собственных частот не были одинаковыми для изотропных и анизотропных ПХБ. Кроме того, было замечено, что увеличение расстояния между точками фиксации увеличивает значения собственных частот.

Для нескольких конфигураций платы были определены наиболее напряженные арки на плате. Этот вывод может быть полезен в процессе сборки, используя наименее напряженную конфигурацию. Исследование, описанное в этом документе, представляет собой предварительный шаг для достижения главной цели нашего проекта. Последнее состоит в

том, чтобы создать полную модель, описывающую комбинированные нагрузки из-за вибрации и термического циклирования.

### Список литературы:

1. Черниченко, Алексей Владимирович. "Исследование кинематики шестистепенного вибрационного стенда с параллельной кинематикой." (2022).
2. Аль-Араджи З.Х.М., Муратов А.В., Турецкий А.В., Худяков Ю.В. Моделирование механических характеристик многослойных печатных плат средствами САЕ анализа // НиКа. 2018. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-mehanicheskikh-harakteristik-mnogosloynnyh-pechatnyh-plat-sredstvami-sae-analiza> (дата обращения: 16.05.2024).
3. Фролов Александр Владимирович, Савватеев Денис Олегович, Шаповалов Петр Анатольевич МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ БИНС С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ANSYS // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modalnyy-analiz-modeli-bins-s-promoschyu-paketa-ansys> (дата обращения: 16.05.2024).
4. Расторгуев Г.И., Белоусов А.И., Сингин В.В. Вибрационные испытания и конечно-элементный анализ конструкций // Решетневские чтения. 2011. №15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vibratsionnye-ispytaniya-i-konechno-elementnyy-analiz-konstruksiy-1> (дата обращения: 16.05.2024).
5. Кузьменко, Владимир Павлович. "Модели и методики обеспечения качества светодиодных осветительных приборов." (2021).
6. Z.H. Al-Araji, N.A. Swaikat, A. Muratov and A.V. Turetsky, "Modeling and Experimental Research of Vibration N Properties of A Multi-Layer Printed Circuit Board," 2019 4th Scientific International Conference Najaf (SICN), Al-Najef, Iraq, 2019, pp. 43-47, doi: 10.1109/SICN47020.2019.9019364.
7. Luo, Junhui, and Linchang Miao. "Research on dynamic creep strain and settlement prediction under the subway vibration loading." *SpringerPlus* 5, no. 1 (2016): 1252.

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам LXXIV международной  
научно-практической конференции*

№ 6 (74)  
Июнь 2024 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 06.06.24. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 2,125. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»  
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74  
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru